

DISSERTAÇÃO

**OS TEMAS  
"VIDROS E METAIS" EM LIVROS DIDÁTICOS DE  
QUÍMICA: UMA ANÁLISE A PARTIR DOS ESTUDOS  
SOCIAIS DA C&T**

ANDRÉ RICARDO TOQUETTO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica  
Centro de Ciências Físicas e Matemáticas  
Centro de Ciências da Educação  
Centro de Ciências Biológicas



ANDRÉ RICARDO TOQUETTO

**OS TEMAS  
"VIDROS E METAIS" EM LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA:  
UMA ANÁLISE A PARTIR DOS ESTUDOS SOCIAIS DA C&T**

Dissertação submetida ao colegiado do  
Programa de Pós-Graduação em  
Educação Científica e Tecnológica da  
Universidade Federal de Santa Catarina em  
cumprimento parcial para a obtenção do  
título de mestre em Educação Científica  
e Tecnológica.

Orientador: Prof. Dr. Irlan von Linsingen

Florianópolis, julho de 2016.

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Toquetto, André Ricardo

Os Temas "Vidros e Metais" em Livros Didáticos de  
Química: uma análise a partir dos Estudos Sociais da C&T  
/ André Ricardo Toquetto ; orientador, Irlan von  
Linsingen - Florianópolis, SC, 2016.

199 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas.  
Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica.

Inclui referências

1. Educação Científica e Tecnológica. 2. Análise a partir  
dos estudos sociais da ciência e tecnologia das coleções  
didáticas de química aprovadas pelo PNLD 2015 sobre os  
temas "Vidros e Metais". . I. Linsingen, Irlan von. II.  
Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós  
Graduação em Educação Científica e Tecnológica. III. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
CURSO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

**“OS TEMAS “VIDROS E METAIS” EM LIVROS DIDÁTICOS  
DE QUÍMICA: UMA ANÁLISE A PARTIR DOS ESTUDOS  
SOCIAIS DA C&T”**

Dissertação submetida ao Colegiado  
do Curso de Mestrado em Educação  
Científica e Tecnológica em  
cumprimento parcial para a obtenção  
do título de Mestre em Educação  
Científica e Tecnológica

APROVADA PELA COMISSÃO EXAMINADORA em 27 de abril de 2016.

Irlan von Linsingen (Orientador – CTC/UFSC)

Brenda Teresa Porto de Matos (Examinadora – Campus Blumenau/UFSC)

Cristhiane Cunha Flor (Examinadora – PPGE/UFJF)

Patricia Montanari Giraldi (Examinadora – CED/UFSC)

Mariana Brasil Ramos (Suplente – CED/UFSC)

Carlos Alberto Marques  
Coordenador do PPGET

André Ricardo Toquetto

Florianópolis, Santa Catarina, 2016









“Se pudésseis observar da Lua [...] as inúmeras agitações da Terra, julgaríeis estar vendo uma multidão de moscas ou mosquitos que brigam uns com os outros, lutam, preparam armadilhas, roubam, jogam, saltam, nascem, caem e morrem; e não é possível acreditar nos problemas, nas tragédias provocadas por um animal tão minúsculo destinado a perecer tão cedo”.

ERASMO, *Elogio da loucura*, XLVIII (1509)



## Resumo

Esta dissertação tem como objetivo analisar as coleções didáticas de Química aprovadas pelo PNLD 2015 sobre os temas, “Vidros e Metais”, a partir, dos estudos sociais da ciência e da tecnologia.

A Educação pautada no trinômio Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) questiona a visão neutra e determinista dada para a ciência e a tecnologia ao apontar para os impactos sociais e ambientais causadas pelas atividades antropogênicas. A abordagem sobre os processos tecnológicos juntamente com o estudo das propriedades químicas dos efluentes sólidos/líquidos/gasosos gerados pelas indústrias e, suas consequências sociais e ambientais no meio ambiente podem ser uma fonte profícua no processo de ensino-aprendizagem visando proporcionar uma educação científica, tecnológica e ambiental de maior amplitude. Para isso, as coleções didáticas procuram se aproximar da Educação CTS por meio de abordagens temáticas e, assim, revelar o papel da ciência e da tecnologia construída num contexto sociohistórico.

A análise referente aos livros didáticos sobre os temas, “*Vidros e Metais*”, foi influenciada pelos seguintes fatores: formação profissional técnica, experiência no ramo industrial, formação universitária, professor de Química no Ensino Médio e pelos Estudos Sociais da Ciência e Tecnologia (ESCT).

Os principais itens analisados nos livros didáticos sobre os temas, “Vidros e Metais”, são: processos metalúrgicos para obtenção dos metais, os impactos sociais, as mudanças físico-ambientais, a História da Ciência e da Tecnologia, aplicações tecnológicas e propriedades dos materiais. Para isso, foram realizadas análises utilizando-se de alguns conceitos da Análise de Discurso (AD) (ORLANDI, 2007, 2013), principalmente, valendo-se dos silêncios referente aos impactos sociais e ambientais presentes nas coleções didáticas relacionados às atividades mineradoras em solo brasileiro.

Apesar de alguns silêncios, constataram-se avanços nos livros didáticos de química especificamente, na coleção didática *Química* de Mortimer e Machado (2013) ao abordar os processos, *Bayer e Hall-Héroult* para obtenção do alumínio metálico e, também o tema “*Vidros*”. Outra coleção didática, a saber, *Química cidadã* dos organizadores Santos e Mól (2013) optaram pela abordagem dos temas “Ferro e Ligas Metálicas”.

Outros avanços foram encontrados como às aplicações tecnológicas e propriedades químicas dos metais nas duas coleções didáticas supracitadas demonstrando do nosso ponto de vista um avanço

no Ensino de Química. Além disso, a abordagem dos efeitos causados ao meio ambiente pela utilização da criolita, eletrólito usado no processo *Hall-Héroult*, realizada pelos autores Mortimer e Machado (2013b) demonstra aproximações com os estudos sociais da ciência e da tecnologia.

No entanto, revela-se a necessidade de um aprofundamento maior por meio do estabelecimento de relações interdisciplinares nos livros didáticos de química principalmente, com as componentes curriculares, geografia e sociologia, visando à abordagem dos impactos sociais e mudanças físico-ambientais relacionados à produção dos vidros e metais. Além disso, detectou-se a necessidade de informações nos livros didáticos referente aos contextos sociohistóricos relacionados aos processos *Hall-Héroult* e da *tecnologia float*, este último para produção do vidro plano.

**Palavras-chave:** livro didático, estudos sociais da ciência e da tecnologia, temas “vidros e metais”.

# Abstract

This thesis aims to analyze the didactic collections Chemistry approved by PNLD 2015 on the topics "Glass and Metal" from the social studies of science and technology.

Education ruled in trinomial Science, Technology and Society (CTS ) questions neutral and determinist vision given to science and technology by pointing to the social and environmental impacts caused by anthropogenic activities . The approach of the technological processes with the study of the chemical properties of the solid waste / liquid / gas generated by industries and their social and environmental consequences when released into the environment can be a useful source in the teaching- learning process to provide an education scientific, technological and environmental greater extent. For this, didactic collections seek to approach the CTS Education through thematic approaches and thus reveal the role of science and technology built in a socio-historical context.

Analyses of the textbooks on the subjects "glasses and" Metals "was influenced by the following factors: technical training, experience in the industrial sector, university education, professor of chemistry in high school and the Social Studies of Science and Technology (SSST) .

The main items discussed in textbooks on the subjects "Glass and Metals" are: metallurgical processes for obtaining metals, the social, the physical and environmental changes, the History of Science and Tecnology, technological applications and material properties. For this, analyzes were performed using the concepts of Discourse Analysis (DA) (ORLANDI, 2007, 2013), especially taking advantage of the silence regarding the social and environmental impacts present in didactic collections related to mining activities on Brazilian soil .

Although some silences, found to advances in textbooks specifically chemistry, didactic collection Chemistry Mortimer and Machado (2013) to address the processes, Bayer and Hall-Hérault for obtaining aluminum metal and also the theme "Windows" . Another didactic collection, namely citizen chemistry of the organizers and Mól Santos (2013) took a themes "Iron and Alloys".

Other advances have been found as the technological applications and chemical properties of metals in the two aforementioned textbook collections showing from our point of view a breakthrough in Chemistry Teaching. Moreover, the approach of the effects caused to the

environment by the use of cryolite, electrolyte used in Hall-Héroult process, conducted by the authors Mortimer and Machado (2013b) shows approaches to the social studies of science and technology.

However, it revealed the need for further deepening through the establishment of interdisciplinary relationships in chemistry textbooks mainly to the curriculum components, geography and sociology, aimed at addressing social impacts and physical environmental changes related to the production of glass and metal. In addition, it detected the need for information in textbooks related to socio-historical contexts related to the Hall-Héroult process and float technology, the latter for the flat glass production.

Keywords: textbook, social studies of science and technology, topics “glass and metal”.

## Agradecimentos

Ao meu bondoso Pai Celestial, por ter me abençoado com muita saúde ao longo desses anos e por seu incomparável amor e cuidado para comigo e por lutar as minhas batalhas e por guiar meus passos nesta vida mortal tão fugaz.

Ao meu amigo e irmão mais velho Jesus Cristo, por me mostrar o caminho correto a ser seguido nesta existência e também por seu exemplo perfeito e, acima de tudo por ser meu Salvador, Redentor, Príncipe da Paz e Mestre dos Mestres.

Aos meus pais, Edison Benito Toquetto (*in memorium*) e Marly Kruger por me adotarem logo ao nascer e por tomarem sobre si a responsabilidade de cuidar de mim. Agradeço a eles com todo meu coração pelo carinho e cuidado ao longo desta vida.

A minha mãe biológica por ter me concedido o dom da vida e ao meu Pai Celeste por me conceder o precioso conhecimento de que aconhecerei após esta vida mortal.

As minhas filhas, Mariana Louise e Marcele Cristina, por trazerem alegria a minha vida e por serem acima de tudo minhas melhores amigas.

Ao professor Irlan Von Linsingen, pelo apoio para produção desta dissertação e, ensinamentos na disciplina de Linguagens e Ensino que me possibilitou o aprofundamento sobre a análise do funcionamento da linguagem.

Ao professor Fábio Peres Gonçalves, pela inspiração ao me propor o Trabalho de Conclusão de Curso na graduação sobre análise de livros didáticos especificamente, sobre o tema “Tratamento de Água” à luz de uma abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade. E, assim, despertar meus interesses e habilidades para essa área tão importante do Ensino de Química.

Às professoras Patrícia Montanari Giraldi, Cristhiane Cunha Flôr, Brenda Teresa Porto de Matos e Mariana Brasil Ramos pelas importantíssimas contribuições para o desenvolvimento desta dissertação e também pelas participações na banca examinadora.

Aos professores do PPGECT.

A Capes pelo apoio financeiro durante esses dois anos.

Aos colegas de mestrado da turma 2014 pelo doce convívio e aprendizado.

Aos colegas do DICITE pelo acolhimento e pelos saberes que me ajudaram na minha formação profissional.





## LISTA DE SIGLAS

AD – Análise de Discurso  
AMZA – Amazônia Mineração S.A.  
Abividro - Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro  
C&T – Ciência e Tecnologia  
CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade  
COLTED - Comissão do Livro Técnico e Livro Didático  
CNLD - Comissão Nacional do Livro Didático  
CVRD – Companhia Vale do Rio Doce  
ESTC – Estudos Sociais da Ciência e da Tecnologia  
ESTCL – Estudos Sociais da Ciência e da Tecnologia Latino-americanos  
EFC - Estrada de Ferro Carajás  
GAPI– Grupo de Análise de Políticas de Inovação  
GETAT – Grupo Executivo das Terras do Araguaia-Tocantins  
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
INL - Instituto Nacional do Livro  
PCT – Política de Ciência e Tecnologia  
PCNEM – Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio  
PCN+/Ensino Médio–Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais  
PNLD – Programa Nacional do Livro Didático  
PLACTS – Pensamento Latino-americano em Ciência, Tecnologia e Sociedade  
Plidef - Programa do Livro Didático para o Ensino Fundamental  
PGC – Programa Grande Carajás  
QNEsc - Química Nova na Escola  
UHE-TUCURUÍ – Usina Hidrelétrica de Tucuruí  
FIDH – Federação Internacional dos Direitos Humanos  
USP – Universidade de São Paulo



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Chamas geradas pela reação de combustão no forno de vidro contínuo regenerativo lateral.....	89
Figura 2: Forno Contínuo Regenerativo Lateral.....	90
Figura 3: Imagens do sensor TM do satélite Landsat-5 e do sensor ETM+ do satélite Landsat-7, demonstraram um acentuado crescimento do número de cavas.....	102
Figura 4: Vista aérea da cava de areia á margem da Via Dutra no km 156 em Jacareí (SP).....	103
Figura 5: Moinho ou cilindro horizontal rotativo para realização da moagem da bauxita.....	108
Figura 6: Parte interna de um moinho de bolas.....	109
Figura 7: Detalhe do local de transbordo da bacia de rejeito, fato que foi negado pelos funcionários da ALUNORTE (Barcarena, PA).....	113
Figura 8: Vista superior da bacia de rejeitos – ALUNORTE – Barcarena (PA).....	114
Figura 9: Emissão de gases poluentes oriundos da queima da madeira pela carvoaria daVale do Rio Doce, Açailândia (MA).....	149
Figura 10: Classificação da cobertura vegetal e uso da Terra da órbita-ponto 224/064 em 1992 e 2001.....	162
Figura 11: Classificação da cobertura vegetal e uso da Terra da órbita-ponto 223/063 em 1984 e 2001.....	163
Figura 12: Classificação da cobertura vegetal e uso da Terra da órbita-ponto 223/064 em 1984 e 2001.....	164
Figura 13: Mina da CVRD em Carajás (PA). ....	165



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição do vidro sódico-cálcico.....	82
Tabela 2: Composição química da lama vermelha.....	116
Tabela 3: Rápido crescimento do município de Marabá .....	159
Tabela 4: Exemplos de ligas metálicas.....	180
Tabela 5: Alguns tipos de aços pela adição de diferentes substâncias .....	182



# SUMÁRIO

1. Apresentação.....	25
1.1 Trajetória acadêmico-profissional.....	25
1.2 A Pesquisa.....	26
2. A Perspectiva Teórica dos Estudos Sociais da C&T.....	32
3. Livro Didático de Química.....	48
3.1 Breve estudo histórico dos livros didáticos de química .....	48
3.2 O Livro Didático e suas funções formativas.....	50
3.3 O Programa Nacional do Livro Didático.....	54
3.4 História da Ciência e da Tecnologia no Livro Didático de Química.....	56
3.5 A Interdisciplinaridade e o Ensino de Química.....	60
4. O Foco nos Temas “Vidros e Metais” .....	65
5. Metodologia de Análise.....	72
5.1 A Concepção de avaliação e o corpus de análise.....	72
5.2 Metodologia para análise de dados.....	73
6. Análise dos Livros Didáticos de Química (PNLD 2015), com aporte dos Estudos Sociais da Ciência e Tecnologia.....	81
6.1 Vidros .....	81
6.1.1 Aplicações Tecnológicas e Propriedades do Vidro .....	81
6.1.2 Um processo de fabricação de vidro plano: <i>Tecnologia Float</i> ....	84
6.1.3 Impactos sociais e mudanças físico-ambientais .....	96
6.2 Alumínio .....	105
6.2.1 Um processo metalúrgico: Processo Bayer .....	106
6.2.2 Impactos sociais e ambientais do Processo Bayer .....	112
6.2.3 Uma História da Ciência e da Tecnologia .....	122
6.2.4 Um processo metalúrgico: Processo Hall-Héroult .....	126
6.2.5 Reciclagem do alumínio .....	130
6.2.6 Aplicações tecnológicas e propriedades químicas .....	135
6.3 Ferro .....	140
6.3.1 Um pouco da história da metalurgia .....	141
6.3.2 Siderurgia: um ramo da metalurgia .....	143
6.3.3 Impactos sociais: Projeto Ferro Carajás .....	148
6.3.4 Impactos físico-ambientais .....	161
6.3.5 Aplicações tecnológicas e propriedades dos metais .....	168
6.3.6 Propriedades dos metais e conceitos químicos .....	175
6.4 Ligas metálicas .....	179
7. Reflexões finais.....	184

8. Referências Bibliográficas .....	190
-------------------------------------	-----



## **1. Apresentação**

### **1.1 Trajetória acadêmico-profissional**

A minha trajetória acadêmico-profissional está intimamente ligada ao tema “Materiais Recicláveis”. Sendo que a minha formação técnica encontra-se atrelada a dois cursos técnicos ligados a área de materiais especificamente, metalurgia (1991 e 1994) e plásticos (1995-1996), ambos realizados na Escola Técnica Tupy (ETT), no município de Joinville (SC). Na área de metais trabalhei no tratamento superficial de peças metálicas (galvanoplastia) e tratamento de efluentes por dois anos. Por sua vez na área de plásticos, fiz um estágio no segmento de poliuretano. Além disso, trabalhei por quatro anos como técnico industrial na produção de vidro plano especificamente, nos setores de composição química, fusão e moldagem do vidro na empresa CEBRACE, localizada na cidade de Barra Velha (SC). A formação técnica, em metalurgia e plásticos, e a experiência adquirida por alguns anos de trabalho na área fabril ajudaram na minha educação científica, tecnológica e ambiental.

Já no curso superior como Trabalho de Conclusão do Curso (TCC) em Química-Licenciatura na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) realizei a análise de livros didáticos do ensino médio (Química – PNLD 2012) e fundamental (Ciências – PNLD 2011) sobre o tema “Água”, à luz de uma abordagem denominada Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

O tema escolhido para o TCC esteve interligado ao estudo de pesquisa realizado durante a minha graduação especificamente, numa componente curricular integradora da quarta fase do curso de licenciatura em Química com 2 horas/aula por semana. Onde se solicitou aos estudantes de uma turma da primeira série do ensino médio que elaborassem uma narrativa por escrito e individualmente, a partir da seguinte situação: “Imagine que você seja um professor de Química e que lecionará sobre o consumo de água. Descreva em detalhes como explicaria aos estudantes este assunto, destacando o percurso da água da origem até as suas casas, e se esta água que consomem é uma substância pura ou não, explicando o porquê de ser ou não uma substância pura”. Os estudantes eram de duas escolas estaduais uma na capital do estado de Santa Catarina (Florianópolis) e a outra na cidade de Palhoça (Grande Florianópolis) totalizando o trabalho de estudo com a participação de 33 discentes do período noturno.

A partir, dos resultados da pesquisa depreendeu-se que os alunos apresentaram a princípio uma compreensão incompleta do processo de

tratamento da água, o que sugeriu que esta temática deve ser trabalhada de uma forma mais efetiva e contextualizada. Parte dos estudantes considerou a aplicação de cloro como sendo prejudicial, o que indicou que o estudante pode não conhecer a real necessidade da adição deste produto, o que faz que muitas respostas sejam contraditórias. Assim, aparece como entendimento tácito a ideia de que a Química é ruim, somente o natural faz bem. Esteve implícita a contradição em parte das narrativas discentes de que a água que passa pela estação de tratamento — e sobre a qual, portanto, haveria adição de produtos químicos — seria mais impura do que a água que vem de reservatórios de água, por exemplo. Ou seja, fez-se necessário levar os estudantes a refletirem em torno do porque submeter à água a um tratamento para deixá-la com qualidade para o consumo supostamente inferior à qualidade daquela presente nos reservatórios.

A Análise de Discurso (AD) ressalta que as leituras que fazemos sobre o mundo são carregadas de memórias constituídas por experiências passadas e de expectativas sendo estas denominadas de *interdiscurso* (ORLANDI, 2013, p. 30-34). Assim, a interpretação referente aos livros didáticos sobre os temas, “*Vidros e Metais*”, será influenciada pelos seguintes fatores: formação profissional técnica, experiência no ramo industrial, formação universitária, professor de Química no Ensino Médio e das leituras dos Estudos Sociais da Ciência e Tecnologia (ESCT).

A escolha pelo Programa de Pós Graduação em Educação Científica e Tecnológica (PPGECT) da UFSC foi por ser um dos mais tradicionais no segmento de Ensino de Ciências e Matemática com ênfase para educação científica e tecnológica.

## **1.2 A Pesquisa Justificativas**

No nosso país a historicidade na produção dos livros didáticos está intimamente ligada às diferentes gestões políticas e avanços das pesquisas na área educacional. Porém, de acordo com as "Orientações Curriculares para o Ensino Médio – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias" ainda são constatadas lacunas didáticas que são expressas na seguinte citação:

Os autores desses materiais afirmam, muitas vezes, que contemplam os PCNEM, referindo-se a conteúdos ilustrados e a exemplos de aplicações tecnológicas. Um olhar um pouco mais acurado

mostra, no entanto, que isso não vai além de tratamentos periféricos, quase que para satisfazer eventuais curiosidades, sem esforço de tratar da dimensão ou do significado conceitual e, muito menos, de preocupação por uma abordagem referida no contexto real e tratamento interdisciplinar, com implicações que extrapolem os limites ali definidos. Na essência, aparecem os mesmos conteúdos, nas mesmas séries, com pouca significação de conceitos que permitam estimular o pensamento analítico do mundo, do ser humano e das criações humanas (BRASIL, 2006a, p. 101).

Desta forma, um dos desafios na produção de livros didáticos no Ensino de Química é alcançar uma maior simetria<sup>1</sup>, procurando proporcionar discussões de aspectos científicos e tecnológicos num contexto social, ou em outras palavras, promover a abordagem temática atrelada aos processos químicos naturais/tecnológicos concomitantemente aos impactos sociais e mudanças físico-ambientais.

A obtenção dos vidros e metais encontra-se intimamente ligada desde a extração até aos processos de beneficiamento de diversos minerais. Assim, os seguintes itens podem ser abordados durante o processo de ensino-aprendizagem visando à educação científica, tecnológica e ambiental, por exemplo: impactos<sup>2</sup> ambientais (poluição atmosférica, contaminação dos recursos hídricos, alterações no relevo, mudanças nos microclimas das regiões), as transformações químicas e

---

<sup>1</sup> O termo “simetria” refere-se à abordagem do conhecimento científico atrelado aos processos químicos naturais/tecnológicos concomitantemente, aos impactos sociais e ambientais e, para isso, torna-se necessário promover o estabelecimento de relações interdisciplinares visando um maior aprofundamento sobre os impactos originados pelas atividades industriais. Ou seja, levar em consideração que o conhecimento químico apresenta estreitas ligações com as outras áreas das ciências exatas e humanas.

<sup>2</sup> Segundo Coelho (1991, 2000, 2001 apud COELHO et al., 2006, p. 408), “estudar impactos implica analisar as interações entre os processos ecológicos ou bio-físico-químicos, político-econômico-espaciais e socioculturais, um procedimento que combina Ecologia, Geografia, História, Economia e Sociologia. Em outras palavras, a economia política, ou a ecologia política do meio ambiente examina as relações dinâmicas entre natureza originária e sociedade e as estruturas socioespaciais temporalmente determinadas”.

físicas, política de reciclagem de materiais, impactos sociais (redução da mão de obra, complicações à saúde humana entre outros) e a tecnologia química.

A importância para o estudo do tema “*Materiais*” no ensino médio é expressa por Paoli (2001):

Não resta dúvida que os materiais são essenciais para o bem estar humano, mas as grandes maiorias dos cursos de graduação em química e das disciplinas de química do nível médio não abordam este assunto de maneira específica. Muitas vezes estão dispersos em um curso ou em disciplinas de química sem que seja dada a devida ênfase à sua importância (PAOLI, 2001, p. 3).

A partir desta observação torna-se claro que o tema “*Materiais*” pode ser mais explorado no processo de ensino-aprendizagem em química possibilitando uma educação científica, tecnológica e ambiental de maior amplitude.

Ainda mais, a importância da inserção do tema “*Materiais*” no processo de ensino-aprendizagem é expressa pela seguinte citação de Maldaner (2012), a saber:

Aponta nessa direção a ênfase no estudo dos materiais como as ligas, os vidros, as cerâmicas, os semicondutores, supercondutores, polímeros e uma grande variedade de compósitos. Novos focos ou novos olhares sobre os materiais apontam para novas propriedades destes, como as propriedades ópticas, elétricas, de interação com o meio. Quais são os interlocutores para essa mudança de enfoque senão os novos químicos e os novos educadores químicos? A nova Química, com o avanço dos instrumentos de observação, ação e controle sobre o mundo material interessa apenas aos químicos? Como é exercida a cidadania com e diante dos artefatos químicos colocados à disposição dos consumidores? Quais os impactos ambientais? Quais os ganhos energéticos globais? Até aqui, a ênfase curricular é dada sobre os objetos teóricos da Química, como as partículas atômico-moleculares isoladas, as substâncias puras, os comportamentos idealizados dos sistemas. A questão-chave é: como a significação desses objetos poderia ajudar

na compreensão do mundo tecnológico ou tecno-socio-cultural? É com ele que nos deparamos todo o dia, incorporando novas atitudes e comportamentos que precisamos entender (p. 281).

A partir dessa citação surgem profundas reflexões sobre a importância do Ensino de Química na constituição de um cidadão com maior visão sobre a importância da educação científica, tecnológica e ambiental relacionada ao tema “Materiais”.

Primeiramente, sobre o desenvolvimento de novos materiais para o emprego nos mais variados ramos das indústrias (naves espaciais, satélites artificiais, sondas estelares, equipamentos para extração de petróleo em águas profundas entre outros), isso, graças às propriedades térmicas, ópticas, elétricas, mecânicas e químicas. Cabe ainda ressaltar, que o desenvolvimento da Ciência dos Materiais está intimamente ligado ao conhecimento químico. E, assim, ressaltar que os estudos sociais da ciência e da tecnologia precisam apontar para os benefícios sociais gerados pelo advento dos materiais que proporcionam melhores condições de vida, a saber: carros, aviões, navios, vestuário, utensílios domésticos, máquinas industriais, próteses metálicas entre outros.

Segundo, a nova geração de educadores químicos tem a oportunidade de ser a precursora ao incluir no processo de ensino-aprendizagem o tema “Materiais” e, assim, abordarem no processo de ensino-aprendizagem os processos metalúrgicos, tecnologia float (produção de vidro plano), processos para obtenção dos polímeros etc. Ou seja, o monômio Tecnologia passa a ter notoriedade proporcionando, assim, educação tecnológica para os educandos evitando que somente os objetos teóricos da Química sejam estudados e, assim, busca-se a associação dos processos químicos para fabricação dos materiais concomitantemente com os conceitos químicos.

Terceiro, durante o estudo destes processos industriais faz-se necessário revelar os impactos ambientais gerados e, assim, promover educação ambiental para os educandos. Ou seja, busca-se uma maior simetria no Ensino de Química ao abordar conjuntamente os processos industriais e os impactos sociais e ambientais, ampliando a visão do educando desmistificando assim, o papel neutro dado a ciência e a tecnologia. A necessidade da abordagem dos problemas ambientais no processo de ensino-aprendizagem para proporcionar educação ambiental é expressa pela seguinte citação:

A sociedade brasileira vem gradativamente adquirindo consciência de que, hoje, problemas ambientais das mais diversas origens e de diferentes níveis de malignidade fazem parte da vida moderna. No entanto, poucos são aqueles que alcançaram visualizá-los de forma objetiva, capaz de possibilitar-lhes avaliar corretamente suas influências nocivas, presentes ou futuras, sobre o bem-estar dos seres humanos e o universo de suas atividades. Prevaecem, em regra, as informações incompletas, por vezes equivocadas, tendenciosas ou baseadas em opiniões pessoais nem sempre calcadas em conhecimentos científicos, as quais terminam por incutir em amplas parcelas da sociedade descrença quanto à gravidade da problemática ambiental e suas consequências (CÂMARA, 1999, p. 7).

Nesta vertente, revela-se a necessidade imperiosa de abordar com maior rigor e profundidade as mazelas ambientais que acabam por provocar perda de qualidade de vida humana e desequilíbrios para a fauna, flora, atmosfera terrestre, litosfera e hidrosfera.

A última reflexão consiste em informar que como cidadãos temos responsabilidades ao descartar adequadamente os objetos que utilizamos diariamente, evitando que estes agridam o meio ambiente.

A última justificativa encontra-se no apontamento feito por Vanin (1994), a saber: “[...] *discutir variados aspectos da química dos materiais, com a qual o aluno se envolve pouco durante as aulas formais*” (p. 5, *italico nosso*).

Alguns livros didáticos de química aprovados pelo PNLD Química 2015 já apresentam o tema “*Materiais Recicláveis*” demonstrando, do nosso ponto de vista um avanço no Ensino de Química.

## **Problema de pesquisa**

Em que medida ocorrem aproximações com os estudos sociais da C&T nas coleções didáticas de química aprovadas pelo PNLD 2015, em relação aos temas, “*Vidros e Metais*”?

## **Objetivo geral**

Analisar em coleções didáticas de Química aprovadas pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2015 aspectos relacionados aos estudos sociais e ambientais sobre os temas “*Vidros e*

*Metals*”, por meio da existência de informações relacionadas à exploração dos recursos minerais, dos pontos de vista científico, tecnológico, econômico, geográfico, histórico, social e ambiental.

### **Objetivos específicos**

- Investigar em que medida é realizada nas coleções didáticas a abordagem das transformações químicas dos processos industriais químicos para produção dos vidros e metais e as aplicações tecnológicas destes materiais;
- Analisar se e em qual dimensão ocorre o *estabelecimento de relações interdisciplinares* nas coleções didáticas de química visando os estudos sociais e ambientais relacionados às atividades mineradoras e, a partir desta análise, mapear a tendência político-ideológica das multinacionais ligadas ao ramo da mineração;
- Avaliar se a história da ciência e da tecnologia é apresentada nas coleções didáticas com seu contexto *sociohistórico e personagens*.

## 2. A Perspectiva Teórica dos Estudos Sociais da C&T

A educação denominada Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) teve seu início, por volta dos anos 1960, sendo que uma das suas principais precursoras foi a bióloga e escritora estadunidense Rachel Carson onde esta por meio da sua prestigiada obra literária intitulada, “*Silent Spring*” (Primavera Silenciosa) (2010), que aborda os impactos de inseticidas, herbicidas e fungicidas dentre eles o DDT (diclorodifeniltricloroetano) sobre a saúde humana, fauna e flora. O livro supracitado é fruto de uma séria investigação científica que ressalta o uso indiscriminado de produtos químicos que promoveram debates sobre o papel da ciência e da tecnologia. Sobre a utilização indiscriminada de inseticidas, Carson (2010) observa que:

Não estou alegando que os inseticidas químicos nunca devem ser usados. Estou alegando que colocamos substâncias químicas venenosas e biologicamente potentes indiscriminadamente nas mãos de pessoas ampla ou totalmente ignorantes de seu potencial de danos (p. 28).

Com esta declaração, fica notória a necessidade que a Educação em Química esteja voltada para educação científica, tecnológica e ambiental a fim de preparar o cidadão para tomar e participar de decisões com embasamento tecnocientífico. A obra de Rachel Carson supracitada teve um grande impacto sendo então um alerta para os diversos segmentos da sociedade sobre a necessidade de rigorosos estudos prévios dos efeitos dos produtos químicos sintetizados antes de lançá-los na natureza.

O desenvolvimento científico e tecnológico nas últimas décadas tem apresentado expressivo crescimento, contudo na grande maioria das vezes empresas nacionais e multinacionais desconsideram os impactos ambientais gerados ao seu entorno como: poluição atmosférica, contaminação dos recursos hídricos, desmatamentos entre outros. No âmbito social problemas como crescimento demográfico acelerado, desemprego e debilidades físicas têm sido agravados devido à falta de uma cosmovisão dos conglomerados econômicos atuantes no ramo da mineração e, também das diferentes esferas governamentais. Assim, surge a necessidade de se incluir no processo de ensino-aprendizagem discussões que envolvam os estudos sociais da ciência e da tecnologia (ESCT).

A citação seguinte define o campo de atuação dos ECTS:



Os Estudos sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade (ECTS) constituem desde a década de 50 um campo interdisciplinar com abordagens heterogêneas destinadas a entender as relações entre ciência, tecnologia e sociedade ou em entender a ciência e tecnologia a partir do seu contexto social. As contribuições do campo, principalmente da chamada Educação CTS, agregam propostas interessantes de metodologias para compreensão e entendimento das relações CTS dentro do âmbito da educação formal e informal. Essas metodologias propõem um olhar crítico-reflexivo sobre C&T, capaz de transcender a visão convencional, essencialista e triunfalista. A forma convencional da educação tem sido questionada pela educação CTS, tanto pelos conteúdos abordados e à sua organização, quanto pelas metodologias de ensino utilizadas (DAGNINO; LIMA; NEVES, 2010a, p. 246).

Desta forma, tornam-se claros os objetivos dos ESCT e da também da *necessidade de abordagens interdisciplinares dada à complexidade das relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade*. Além disso, questiona-se o ensino tradicional e, assim, seus conteúdos, organização e metodologias utilizadas. De acordo com os autores supracitados revela-se a necessidade de questionar a visão salvacionista dada à ciência e a tecnologia e, com isso, estabelecer ligações interdisciplinares abordando os impactos sociais e ambientais advindos das atividades antropogênicas.

De acordo com Dagnino, Lima e Neves (2010a), “a crescente influência da Ciência e Tecnologia (C&T) em diferentes dimensões da vida contemporânea torna, cada vez mais indispensáveis o entendimento das questões tecnocientíficas para o exercício da cidadania” (p. 237). Quanto ao exercício da cidadania no Brasil, Milton Santos (2013) diz que:

É certo que no Brasil tal oposição [figura do consumidor versus figura do cidadão] é menos sentida, porque em nosso país jamais houve a figura do cidadão. As classes chamadas superiores, incluindo as classes médias, jamais quiseram ser cidadãs; os pobres jamais puderam ser cidadãos. As classes médias foram

condicionadas a apenas querer privilégios e não direitos (p. 49-50).

Dados preocupantes relacionados à educação científica e tecnológica foram levantados, onde “os dados da Pesquisa de Percepção Pública da C&T no Brasil (2006), demonstraram um alto grau de desinteresse dos brasileiros por assuntos ligados a C&T: menos da metade dos entrevistados (40%) declararam se informar sobre o assunto” (DAGNINO; NEVES; LIMA, 2010, p. 241). Diante deste cenário preocupante percebe-se que um longo caminho deve ser trilhado a fim de promover a educação científica, tecnológica e ambiental e, assim, a seguinte indagação pode ser formulada: *Por que é tão importante proporcionar educação científica, tecnológica e ambiental aos educandos?* De acordo com Loureiro (2011), “o domínio do conhecimento técnico-científico confere ao indivíduo maior consciência de si mesmo e capacidade de intervir de modo qualificado no ambiente. O saber técnico é parte do controle social e político da sociedade” (p. 76).

Nesta vertente, a Educação CTS, por exemplo, pode ampliar a visão quanto aos riscos sociais e ambientais produzidos pelos efluentes industriais e, assim, desmistificar o papel salvacionista dado a ciência e a tecnologia. Assim, a educação CTS pode se constituir num aliado poderoso visando à construção de cidadãos com maior consciência sobre a influência da C&T nas relações socioambientais e socioeconômicas. Logo, a cidadania precisa ser “assumida como algo que se constrói permanentemente, [...], mas se constitui ao dar significado ao pertencimento do indivíduo a uma sociedade, em cada fase histórica” (LOUREIRO, 2011, p. 79).

Ainda, sobre a popularização da C&T no Brasil, Dagnino, Neves e Lima (2010a) ressaltam que “a falta de conhecimento sobre C&T é tomada como uma consequência da situação de exclusão socioeconômica e educacional na qual grande parte da população brasileira se encontra” (p. 242). Sendo assim, de acordo com Dagnino, Neves e Lima (2010a) “seria necessário adotar uma postura crítica sobre o próprio entendimento da educação e da difusão e popularização da C&T e seus objetivos” (p. 243).

Linsingen (2007) resalta a necessidade de considerar os Estudos Sociais da Ciência e da Tecnologia Latino-americanos (ESCTL), ou seja, no campo de pesquisa de países da América Latina, onde “essa necessidade provém do fato de esses aspectos serem fundamentais à explicitação de especificidades socioculturais e socioeconômicas

regionais que podem ser úteis para uma abordagem educacional contextualizada, socialmente referenciada e comprometida em termos curriculares” (p. 2).

Linsingen e Avellaneda (2011) propõem três grandes eixos para formação de uma agenda as quais são:

O primeiro relacionado com a divulgação/popularização/apropriação promovida pelo Ministério da Ciência e da Tecnologia (MCT) e os conselhos nacionais de ciência e tecnologia (CONACYT) na região, o segundo eixo estaria direcionado à busca de alternativas para o ensino-aprendizagem da ciência e da tecnologia no campo da educação (formal, não-formal e informal) e o último eixo está relacionado com a didática, a qual demonstrou ser o calcanhar de Aquiles dos discursos propostos na região sobre educação CTS (p. 4-5).

Este trabalho de dissertação está ligado aos segundo e terceiro eixos, ou seja, ao processo de ensino-aprendizagem da C&T e também a didática no campo da educação formal.

Novaes e Fraga (2010) ressaltam que os ESCTL “não podem deixar de questionar a exploração do trabalho e a destruição da natureza por grandes monoculturas, mineradoras, extrativistas, etc. dentre outras mazelas que enfrentamos” (p. 158). Ou ainda, segundo Santos, W. et al. (2011):

Sendo assim, é importante que os educadores coerentes com os princípios do ensino de CTS e da EA [Educação Ambiental] propiciem a interpretação das questões socioambientais cotidianas, no sentido do encaminhamento de abordagens problematizadoras, tais como as necessidades e desejos na nossa sociedade de consumo; a insustentabilidade de um modelo de “desenvolvimento” que gera uma legião de excluídos, uma das piores faces da degradação ambiental; os conflitos e/ou confrontos que envolvam poderosos interesses econômicos em jogo, como a exploração de recursos minerais ou uso da água enquanto recurso finito e indispensável à vida (p. 146).

Ou seja, no processo de ensino-aprendizagem, por exemplo, é importante abordar os impactos sociais e ambientais causados pelas mineradoras multinacionais no Brasil. Basta refletir sobre o desastre ambiental ocorrido recentemente, 5 de novembro de 2015, em Mariana (MG), devido ao rompimento da barragem em Fundão, da empresa multinacional Samarco, que ocasionou a destruição direta de ecossistemas, prejuízos à fauna, flora e socioeconômicos, que afetaram e, continuaram atingindo ao longo dos próximos anos o equilíbrio da Bacia Hidrográfica do rio Doce e conseqüentemente, as populações das cidades que são banhadas pelo rio Doce.

Nesta direção, é preciso analisar a tendência político-ideológica das grandes corporações ligadas ao ramo da mineração (areia, bauxita, hematita entre outros minérios) atuantes no território brasileiro, pois estes são os atores envolvidos no ramo da mineração.

Anteriormente, pensava-se que o desenvolvimento da ciência levaria ao progresso tecnológico e, que este levaria à prosperidade econômica e, conseqüentemente, à diminuição das desigualdades sociais. No entanto, segundo Novaes e Fraga (2010) as correntes dominantes dessa visão neutra e determinista raramente associam as mazelas ambientais às sociais, estando ligadas às grandes corporações, que são extremamente poluidoras e exploradoras do trabalho alheio (p. 163).

Ainda, sobre a ideia de que o progresso tecnológico promove somente benefícios sociais é discutida pelo sociólogo Ulrich Beck (2011), que faz a seguinte observação:

*Primeiramente*, o consenso tem seu fundamento na fórmula pacífica partilhada por todos de que “*progresso econômico é igual a progresso social*”. A suposição é a seguinte: O desenvolvimento tecnológico produz evidentes valores de uso, que, sob a forma de relaxamentos do trabalho, melhoramentos cotidianos, elevações do padrão de vida etc., são tangíveis às mãos de literalmente, qualquer um.

É essa aglutinação de progresso tecnológico e social que permite que, *em segundo lugar*, efeitos negativos (como obsolescência, reconversão, riscos empregatícios, ameaças à saúde, destruição da natureza) sejam tratados *separados* e na verdade *retrospectivamente*, como “efeitos sociais da transformação tecnológica”. “**Efeitos sociais**” **são de forma significativa, deficiências – e na**

**verdade problemas residuais, que, afetando grupos específicos, jamais colocarão em questão o benefício socialmente evidente do desenvolvimento tecnológico em si.** O discurso dos “efeitos sociais” permite assim duas coisas diferentes de um lado, é rechaçada qualquer demanda por uma configuração social e política do desenvolvimento tecnológico. De outro, disputas em torno dos “efeitos sociais” podem ser travadas sem que atrapalhem a execução da transformação tecnológica. Pode-se e deve-se discutir apenas sobre “efeitos sociais” *negativos*. O desenvolvimento tecnológico em si segue indiscutível, imune às decisões, seguindo sua lógica objetiva imanente (p. 298-299, grifo nosso).

Nesta vertente, conclui-se que os “efeitos sociais” causadores de desequilíbrios sociais atingem uma parcela específica e, sendo esta a grande maioria das vezes a fatia mais “frágil” da sociedade especificamente, as classes de menor poder aquisitivo. Outra crítica deve-se a inexistência de uma política de desenvolvimento tecnológico que leve em consideração os impactos sociais e ambientais causados à sociedade. Outro fator complicador reside no fato que muitas vezes esses “efeitos sociais” negativos são silenciados pelos veículos da informação e, assim, não há discussões sobre as responsabilidades dos causadores desses malefícios. E assim, revela-se o que Milton Santos (2013) chamou de *tiranía da informação* onde, “a informação sobre o que acontece não vem da interação entre as pessoas, mas do que è veiculado pela mídia, uma interpretação interessada, senão interesseira, dos fatos” (p. 41).

Na contramão, da político-ideológica das empresas que se apropriam da Tecnologia Convencional (TC), os ESCTL “defendem a difusão dos frutos do progresso científico e tecnológico para a sociedade ou para os cidadãos para, assim, *contribuir para a adoção de um estilo de desenvolvimento alternativo caracterizado por maior equidade econômica, justiça social e sustentabilidade ambiental*” (DAGNINO, 2010b, p. 255, itálico nosso).

Primeiramente, faz-se pertinente mencionar os malefícios sociais causados pela TC sendo que esta representa os interesses dos acionistas que buscam o máximo de lucro sem colocar em pauta as necessidades da classe trabalhadora e também da proteção do meio ambiente, ou ainda,

“existem aspectos na TC, crescentemente eficiente para os propósitos de maximização do lucro privado para os quais é desenvolvida nas empresas, que limitam sua eficácia para a IS [Inclusão Social]” (DAGNINO, 2010c, p. 53).

Dagnino (2010c), aponta para as características da TC as quais são:

Primeira, mais poupadora de mão de obra; segunda, mais intensiva em insumos sintéticos do que seria conveniente; terceira, possui escalas ótimas de produção sempre crescentes; quarta, sua cadência de produção é dada pelas máquinas; quinta, ambientalmente insustentável e, por último, possui controles coercitivos que diminuem a produtividade” (p. 54).

Na contramão, da político-ideológica das empresas que se apropriam da Tecnologia Convencional (TC), os ESCTL “defendem a difusão dos frutos do progresso científico e tecnológico para a sociedade ou para os cidadãos para, assim, *contribuir para a adoção de um estilo de desenvolvimento alternativo caracterizado por maior equidade econômica, justiça social e sustentabilidade ambiental*” (DAGNINO, 2010b, p. 255, itálico nosso).

Nesta dissertação também serão alvos de análise a primeira e a quinta característica, ou seja, a redução de mão de obra e os problemas ambientais. Em primeiro lugar, o empobrecimento dos direitos sociais fica explicitado na redução de empregos pelas empresas devido ao processo de automação industrial a fim de aumentar o lucro. Segundo, Dagnino (2010c):

A história da tecnologia, a história da produção do conhecimento, mostra uma trajetória de economia do trabalho humano. Se isso é inerente à maneira de o homem trabalhar, de se relacionar com a natureza, ou se é algo específico de um momento ou um estágio de sua passagem sobre o planeta, não vem agora ao caso. Mas até que ponto essa tecnologia capitalista, a TC, poupa trabalho humano mais do que seria conveniente é uma questão a ser trabalhada, a ser pensada. O que posso dizer preliminarmente, é que ela é mais poupadora de mão de obra do que seria conveniente, porque o lucro das empresas depende de uma constante redução da mão de obra incorporada ao produto, ou do tempo de

trabalho socialmente necessário para produzir mercadorias (p. 54-55).

Nesta trajetória utilizada pela TC, a redução empregos apresenta uma função antissocial, corroborando para o agravamento dos problemas sociais especificamente, sobre o aumento da taxa de desemprego. Neste caso, a TC não está interessada no enriquecimento dos direitos sociais, pelo contrário, torna-se um obstáculo para o desenvolvimento social. A automação industrial entre outros fatores vem causando a diminuição dos postos de trabalho, porém, acredita-se que o processo de automatização é viável quando substitui o trabalhador em atividades laborais altamente perigosas, insalubres e aquelas causadoras de lesões por esforços repetitivos.

Sobre o processo de redução dos postos de trabalho pelo avanço tecnológico, parafraseamos Paulo Freire (1996), “a um avanço tecnológico que ameaça a milhares de mulheres e de homens de perder seu trabalho deveria corresponder outro avanço tecnológico que estivesse a serviço do atendimento das vítimas do progresso anterior” (p. 130).

Em segundo lugar, a inclusão de fatores ambientais no Ensino de Ciências é incentivada para que “*as propostas pedagógicas das escolas sejam organizadas [...], em torno da abordagem de aspectos sociocientíficos associados a temas sociais, preferencialmente relacionados a temáticas ambientais [...]*” (BRASIL, 2006a, p. 121, itálico nosso).

O aumento do número dos desastres ambientais muitas vezes está ligado às atividades humanas (PENNA, 1999, p. 114). Assim, a produção industrial fundamentada no sistema capitalista tem trazido impactos ambientais como, por exemplo: chuva ácida, contaminação dos recursos hídricos, desmatamento, poluição atmosférica e formação de cavas de areia entre outros. Nesta vertente, conclui-se que, “a natureza foi subjugada e explorada no final do século XX e, assim, transformada de fenômeno externo em *interno*, de fenômeno predeterminado em *fabricado*” (BECK, 2011, p. 9). Muitas vezes, os impactos ambientais<sup>3</sup> são vistos como resultados imediatos das

---

<sup>3</sup> Segundo Coelho et al. (2006), “o senso comum vê o impacto ambiental como um mero resultado, com conexões causais relativamente claras, ou seja, para cada perturbação haveria um desdobraimento, isto é, um efeito. Os estudos apoiados na visão acrítica deste conceito, com raras exceções primam pela análise de causa e efeito de natureza linear, unicausal e determinista.

atividades antropogênicas, porém estudos minuciosos levam ao reconhecimento de mudanças sociais e ambientais que redirecionaram a trajetória histórica das comunidades e ecossistemas.

Por exemplo, o *Projeto Ferro Carajás* da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) trouxe mudanças sociais e espaciais que se estenderam ao longo do tempo na região do sudeste do Pará assim como também para alguns estados vizinhos, a saber, Maranhão. Desta forma, a análise a ser realizada será guiada por essa visão mais ampla, procurando apresentar os novos redirecionamentos causados pelas atividades antropogênicas. Ou melhor, torna-se necessário realizar um estudo sobre as mudanças sociais e ambientais geradas ao longo das décadas.

Sobre a proteção da fauna, flora e do homem, René Passet (2003), enfatiza que “uma economia cujo crescimento se dá ao preço da destruição dos meios natural e humano em que se insere não se desenvolve, mas se autodestrói. O respeito às normas de reprodução da natureza e da sociedade se constitui a condição mínima de um desenvolvimento que se pretenda sustentável” (p. 95). A observação, feita por Passet (2003), e que será confirmada durante o desenvolvimento da análise dos impactos sociais e ambientais gerados pela produção industrial, diz respeito à falta de responsabilidade das multinacionais através do seguinte apontamento:

A experiência demonstra que os países mais desenvolvidos, aqueles que preconizam com mais vigor o respeito às normas sociais e ambientais – Estados Unidos, Canadá, União Européia, Japão -, sabem livrar-se das obrigações que pretendem impor aos outros. [...] São eles que mais gravemente ameaçam as regulações do meio natural (p. 99-100).

As agressões sociais e ambientais decorrente das gestões promovidas pelas grandes mineradoras estrangeiras em solo brasileiro exemplificam o desrespeito às normas sociais e ambientais.

Na contramão, desta tendência:

---

Diversamente, trabalhamos com a visão de que, associados às condições de origem e de expansão dos fenômenos locais – físicos, químicos e topográficos, os novos objetos espaciais acarretam redirecionamentos de processos históricos, sociais e ambientais, dos quais resultam novos efeitos que afetam de forma sistêmica e diversificada a condições de reprodução da vida nos ecossistemas e das classes ou grupos sociais, que ocupam territórios diferenciados” (p. 406).



Não importa o que se diga ou o que se faça, no entanto, nunca haverá melhor maneira de garantir o respeito das normas sociais e ambientais – em proveito de todos os homens – do que um desenvolvimento econômico eficaz e de finalidade humana (PASSET, 2003, p. 101).

Então, somente uma visão humanista terá a capacidade de gerar condições ideais para mudar uma sociedade capitalista corroída pela falta de solidariedade, sendo a classe “poderosa” economicamente a principal responsável pelas distorções sociais e ambientais, tendo o Estado como agente corresponsável.

Outro cuidado, que precisa ser tomado durante os ESCT é um apontamento feito por Beck (2011):

Questiona-se e examina-se a distribuição de poluentes, toxinas, impacto sobre a água, o ar, o solo, os alimentos etc. Os resultados, regionalmente diferenciados, são expostos ao público apavorado em “mapas ambientais” coloridos. Enquanto a situação do meio ambiente tiver de ser apresentada assim, essa forma de representação e de consideração será evidentemente adequada. Enquanto forem extraídas daí *consequências para as pessoas*, a concepção de fundo entrará em *curto circuito*: ou bem se presume abrangentemente que *todas* as pessoas – independente de renda, educação, profissão e dos respectivos hábitos e possibilidades de alimentação, habitação e lazer – são igualmente expostas nos centros regionais de contaminação averiguados; ou então, em última instância deixam-se inteiramente de lado as pessoas e o alcance de sua preocupação, tratando-se então unicamente das substâncias tóxicas, de seus efeitos e de sua distribuição regional (p. 30-31).

Consequentemente, além de apontar os impactos sobre a fauna e a flora torna-se de igual importância apresentar as *consequências para as pessoas* mais especificamente, sobre a saúde humana e aspectos econômicos.

O tema globalização tem estreita ligação com as atividades mineradoras no Brasil, já que a privatização da Vale do Rio Doce, em

1997, trouxe a atuação de grandes conglomerados econômicos estrangeiros gerando os dividendos sociais e ambientais que vitimaram e continuam atingindo cidadãos brasileiros, por exemplo, mais recentemente a catástrofe em Mariana (MG).

Sobre a inclusão da América Latina no processo de globalização Dagnino (2010b), faz a seguinte observação:

No plano externo, a América Latina “globalizou-se”. Ela não somente aprofundou sua inserção econômica subordinada no mercado mundial, como se tornou mais condicionada pelo que acontece no mundo: a mundialização das relações sociais, econômicas e políticas, a financeirização e transnacionalização das economias, a perda de soberania dos Estados nacionais, a desregulação dos mecanismos de financiamento do setor público, etc (p. 258).

Assim, as condições socioeconômicas e socioambientais originadas pela globalização serão discutidas, principalmente, no que se refere à exploração de minerais metálicos, por exemplo: da hematita, ou minério de ferro,  $Fe_2O_3$ ; da bauxita para produção do alumínio primário e também da areia, dióxido de silício, para produção do vidro plano.

Sobre o processo de globalização especificamente, no Brasil, e no qual nos apoiamos para abordar exaustivamente este tema durante a análise dos ESCT, converge com a citação de Coelho et al. (2006):

No caso específico deste artigo [Impactos Ambientais da Estrada de Ferro Carajás no Sudeste do Pará] o ferro de Carajás, requer examinar a dinâmica espaço-material da extração e processamento do minério de ferro na Amazônia Oriental brasileira. **Para isto, é indispensável compreendermos, antes, como grandes empresas com atuação mundial, associações setoriais, instituições financeiras e órgãos governamentais transformaram e globalizaram os mercados de matéria prima** (p. 406, grifo nosso).

Caminhando nesta vertente, a globalização trouxe investimentos externos sendo traduzidos nas construções de novas unidades industriais no Brasil. Consequentemente há um clima de prosperidade no ar para as populações locais durante o período das construções de novas unidades fabris e, assim, “tais empresas são apresentadas como salvadoras dos

lugares e são apontadas como credoras de reconhecimento pelos seus aportes de emprego e modernidade” (SANTOS, M., 2013, p. 68). Com a instalação das fábricas criam-se esperanças de que os serviços públicos, empregabilidade e moradia sejam melhorados onde “as empresas privadas assumiriam um trabalho de assistência social antes deferido ao poder público” (SANTOS, M., 2013, p. 67). Na contramão, verifica-se que “tudo que existia anteriormente à instalação dessas empresas hegemônicas é convidado a adaptar-se às suas formas de ser e de agir, mesmo que provoque, no entorno preexistente, grandes distorções, inclusive a quebra da solidariedade social” (SANTOS, M., 2013, p. 85).

As condições de alguns povos que vivem nas imediações antes da presença das indústrias de mineração mostravam-se ser uma situação de pobreza onde “as soluções ao problema eram privadas, assistencialistas, locais, e a pobreza era frequentemente apresentada como um acidente natural ou social” (SANTOS, M., 2013, p. 70). Esta definição de pobreza é denominada por Milton Santos como “pobreza incluída” onde “era uma pobreza que se produzia num lugar e não se comunicava a outro lugar” (2013, p. 70).

Outra definição de pobreza apresentada por Milton Santos (2013) que será abordada nesta dissertação é a “pobreza estrutural globalizada”, sendo que “os pobres não são incluídos nem marginais, eles são excluídos” (p. 72). Mostrar-se-á que o processo de globalização, especificamente, a aquisição da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) por multinacionais e, a atuação destas foi causadora da diminuição da qualidade de vida de povos amazônicos decorrente das atividades industriais na produção de alumínio primário e ferro gusa. O processo de globalização tem deixado um lastro de exclusão e dívida social, sendo que estas se parecem “como algo fixo, imutável, indeclinável, quando, como qualquer outra ordem, pode ser substituída por uma ordem mais humana” (SANTOS, M., 2013, p. 76).

Prosseguindo nesta vertente, Paulo Freire (1996), também faz o seguinte apontamento:

A capacidade de nos *amaciar* que tem a ideologia nos faz às vezes mansamente aceitar que a globalização da economia é uma invenção dela mesma ou de um destino que não poderia se evitar, uma quase entidade metafísica e não um momento do desenvolvimento econômico submetido, como toda produção econômica capitalista, a uma certa orientação política ditada pelos interesses dos que detêm o poder. Fala-se,

porém, em globalização da economia como um momento necessário da economia mundial a que, por isso mesmo, não é possível escapar (p. 126).

Assim, fica claro que a globalização é considerada pelas grandes corporações industriais como a única alternativa para o desenvolvimento econômico e, assim, “o discurso ideológico da globalização procura disfarçar que ela vem robustecendo a riqueza de uns poucos e verticalizando a pobreza e a miséria de milhões” (FREIRE, 1996, p. 128).

A importância da questão ideológica no processo de ensino-aprendizagem é retratada pela seguinte citação de Paulo Freire (1996):

Saber igualmente fundamental à prática educativa do professor ou da professora é que diz respeito à força, às vezes maior do que pensamos, da ideologia. É o que nos adverte de suas manhas, das armadilhas em que nos faz cair. **É que a ideologia tem que ver diretamente com a ocultação da verdade dos fatos, com o uso da linguagem para penumbrar ou opacizar a realidade ao mesmo tempo em que nos torna “míopes”** (p. 125, grifo nosso).

Desta forma, explica-se a necessidade de apresentar nesta dissertação o mapeamento da tendência ideológica dos conglomerados econômicos, pois as gestões administrativas destes se encontram intimamente interligados as mazelas sociais e ambientais causadas a parcelas locais e extra-locais da população brasileira.

Com a construção de novas unidades fabris e, depois, do início da produção industrial, há sentimentos de desilusão de parte das populações locais, porque as mudanças que promoveriam o enriquecimento dos direitos sociais não ocorreram como, por exemplo: geração de empregos, escolas com melhores infraestruturas, salários mais dignos para os professores, postos de saúde mais equipados, estações de tratamento de água e esgoto, rede de distribuição de água, mobilidade urbana e maior número de moradias populares entre outros. A exclusão social fica evidente, proveniente de uma poderosa inércia, principalmente da parte do Estado e, secundariamente, das multinacionais.

Esse fenômeno de descaso tanto da parte do Estado quanto das empresas estrangeiras está intimamente ligado ao processo intitulado por Milton Santos (2013) de “compartimentação e fragmentação do

espaço geográfico” (p. 80). De acordo, com Milton Santos (2013) o espaço geográfico sempre foi objeto de uma compartimentação ao longo da história humana, olhado o planeta como um todo ou observado através dos continentes e países (p. 80). A globalização trouxe a compartimentação total da superfície da Terra, “não apenas pela ação direta do homem, mas também pela sua presença política” e, assim, “todo e qualquer pedaço da superfície da Terra se torna funcional às necessidades, usos e apetites de Estados e empresas nesta fase da história” (SANTOS M., 2013, p. 81).

Esta compartimentação do território produz uma ilha de individualidade onde somente os interesses das empresas se sobressaem e, assim, há uma negligência para com as populações. Desta forma, segundo Milton Santos (2013), “**a globalização mata a noção de solidariedade**, devolve o homem à condição primitiva do cada um por si e, como se voltássemos a ser animais da selva, reduz as noções de moralidade pública e particular a um quase nada” (p. 65, grifo nosso). Com isso, verifica-se que não há uma cosmovisão tanto da parte do Estado, quanto das multinacionais, de modo que os cidadãos deixam de ser o foco das atenções e o lucro passa a ser o deus idolatrado.

Na contramão, desta globalização perversa, Milton Santos (2013) ressalta que,

Quando aceitamos pensar a técnica em conjunto com a política e admitimos atribuir-lhes outro uso, ficamos convencidos de que é possível acreditar em uma outra globalização e em um outro mundo. O problema central é o de retomar o curso da história, isto é, recolocar o homem no seu lugar central (p. 125).

Somente quando os detentores do poder econômico adquirirem uma visão cosmopolita demonstrando solidariedade pelos menos favorecidos e tendo os seres humanos como figuras centrais, as desigualdades sociais e os desequilíbrios ambientais sofrerão uma expressiva redução. Assim, “a busca de solidariedade conduz ao enriquecimento dos direitos sociais com a instalação de diferentes modalidades de democracia social” (SANTOS M., 2013, p. 83). Caminhando nesta direção, Paulo Freire (1996), ressalta que, “a grande força sobre que alicerçar-se a nova rebeldia é a ética universal do ser humano e não a do mercado, insensível a todo reclamo das gentes e apenas aberta à gulodice do lucro. É a ética da solidariedade humana” (p. 129).

Outra lacuna criada pela globalização vigente faz referência à crise ambiental quando “os atores recém-chegados trazem consigo condições para impor perturbações, o acontecer em uma dada fração do território passa a obedecer a uma lógica extra-local, com uma quebra às vezes profunda dos nexos locais” (SANTOS, M., 2006, p. 170).

Resumindo, o tema globalização é de grande importância no processo educacional, pois pode provocar os estudos sociais e ambientais da C&T ocasionados pela atuação de multinacionais em solo brasileiro. A seguinte citação, presente nas “Orientações Curriculares para o Ensino Médio – Ciências Humanas e suas Tecnologias” convergem com a ideia da frase anterior:

A globalização também é outro tema muito recorrente. Pelas consequências que vem provocando, ela pode estar presente nas discussões do processo educacional (socialização, mundialização da educação), dos movimentos sociais, da cultura em geral e da indústria cultural, das relações de trabalho, das questões ambientais, da estruturação do Estado nacional, etc., além, é óbvio, dos processos econômicos – seu aspecto mais visível. É um tema extremamente vasto e com uma bibliografia ampla, o que requer um conhecimento sempre atual sobre o assunto. Trabalhar a história da globalização, como ela se desenvolve, quais as teorias que abordam esse fenômeno, como contemporaneamente se trata essa temática, é algo necessário para depois analisar as questões específicas relativas à sua presença no cotidiano das pessoas (BRASIL, 2006b, p. 120).

Assim, o tema globalização está intimamente ligado aos estudos sociais da C&T relacionados às *relações de trabalho*, *questões ambientais* e da *estruturação do Estado nacional* entre outros. Além disso, torna-se nítido a necessidade de estabelecer relações interdisciplinares a fim de analisar profundamente as questões sociais e ambientais advindas das atividades mineradoras realizadas em solo brasileiro.

Finalizando, por meio dos estudos de Milton Santos (2013), Penna (1999), Novaes e Fraga (2010), Dagnino (2010), Dagnino, Neves e Lima (2010), Beck (2011), Freire (1996) e Passet (2003) e também por meio da apresentação dos fatos sociais e ambientais será possível,

mapear a tendência político-ideológica das megacorporações ligadas ao ramo da mineração atuantes em solo brasileiro.

### **3. Livro Didático de Química**

#### **3.1 Breve estudo histórico dos livros didáticos de química**

Até 1987, segundo Mortimer (1988), podem ser estabelecidos três períodos para análise dos livros didáticos, definidos, principalmente, com base em diferentes momentos marcantes no progresso do ensino secundário brasileiro. Estes períodos são 1931, 1961 e 1971, referentes à: Reforma de Francisco Campos, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) de 1961 e 1971 (MORTIMER, 1988).

O primeiro período analisado foi delimitado entre 1833, data da publicação do livro didático mais antigo a que se teve acesso na época, e 1930 (MORTIMER; SANTOS, 2012, p.86). A maioria dos 11 livros analisados aborda uma parcela pequena de Química Geral, junto com outra bastante extensa de Química Descritiva, e ainda, a fenomenologia química é apresentada através de exemplos que conduzirão a um determinado conceito químico (MORTIMER; SANTOS, W., 2012, p. 86). Outra constatação relevante é que o número de conceitos apresentados nos livros didáticos da época anteriormente citada é bem menor do que aqueles pós-1930, permitindo “que haja um melhor relacionamento entre os diversos conceitos” (MORTIMER; SANTOS, W., 2012, p. 86).

O outro período investigado “começa em 1931, com a Reforma Francisco Campos, e encerra-se em 1961, com a nova LDB” e, outras mudanças ocorreram como a “Reforma Capanema, de 1942, e uma mudança de programas, em 1951” (MORTIMER; SANTOS, W., 2012, p. 86). Durante este momento histórico ocorreu o estabelecimento de currículos e programas por meio de portarias ministeriais, vigente em todo o país levando ao aumento crescente da homogeneização “dos conteúdos dos livros didáticos ao longo do período, cujos índices vão se tornando cópias idênticas dos programas em vigor” (MORTIMER; SANTOS, W., 2012, p. 86). Ainda, de acordo com Mortimer e Santos (2012), a Reforma Francisco Campos foi a que proporcionou uma maior abertura às disciplinas científicas onde “os fenômenos químicos eram o tema inicial, que ocupava toda uma série, sendo depois retomados à luz das teorias introduzidas posteriormente” (MORTIMER; SANTOS W., 2012, p. 86-87).

O próximo período está compreendido entre os anos 1961 a 1970 caracterizados por uma gama maior de diferentes abordagens nos livros didáticos, devido à nova LDB, de 1961, abrindo espaço para diferentes propostas e, sendo também um período marcado pela discussão entre os educadores e a comunidade científica sobre o futuro da educação



científica no país (MORTIMER; SANTOS, W., 2012, p. 87). Esta fase trouxe debates mais concentrados no ensino de estrutura atômica e de ligação química gerando atualizações sobre os conceitos ministrados e num maior entendimento sobre a estrutura atômico-molecular interligada as propriedades físicas e químicas das substâncias (MORTIMER; SANTOS, W., 2012, p. 87).

O último período inicia-se a partir da vigência da lei 5.962 de 1971 até o final da década de 90 que ocasionou profundas mudanças no ensino secundário brasileiro (MORTIMER; SANTOS, W., 2012, p. 87). Os livros didáticos de Química desse período tratavam superficialmente dos processos químicos, naturais e tecnológicos, e, assim, mantiveram-se distantes de questões contemporâneas, ou ainda, as abordagens não estavam atreladas ao contexto sócio-histórico da época. Os livros didáticos passaram a atender a demanda mercadológica da época, a saber, vestibulares das universidades públicas e privadas. A conceituação química era tratada com um fim em si mesma, ou em outras palavras, havia um descompasso referente ao desenvolvimento científico-tecnológico e seus impactos sociais e ambientais.

Porém, de acordo com Mortimer e Santos (2012):

Nesse contexto, o surgimento da área de Ensino de Química [principalmente a partir dos anos 80] foi marcado, no Brasil, pela associação de desenvolvimento de pesquisas com projetos de produção de materiais didáticos e processos de formação de professores. Esses projetos foram embriões de pesquisas de avaliação do processo ensino-aprendizagem e de formação de professores e tiveram a sua marca no caráter institucional e, sobretudo, no caráter inovador, por romper com a abordagem clássica dos conteúdos químicos da maioria dos livros didáticos comerciais e propor novas metodologias de ensino (p. 91-92).

Nesta vertente, surgiram livros didáticos que passaram a implementar em suas estruturas os resultados de pesquisas da área de Ensino de Química, sendo denominados de *livros didáticos inovadores* (MORTIMER; SANTOS, 2012, p. 95). O grande diferencial desses materiais didáticos foram as abordagens temáticas que procuram apresentar as relações do trinômio Ciência, Tecnologia e Sociedade.

Dentre esses materiais, gostaríamos de citar o material produzido pelo Grupo de Pesquisa em Educação Química (Gepeq), da

Universidade de São Paulo (USP). Esses materiais, por exemplo, abordam temas ligados a atmosfera, a hidrosfera, a litosfera e a biosfera, constituindo-se num material didático inovador. Por exemplo, no guia do professor referente ao módulo da Hidrosfera (Interações e Transformações IV), constam sugestões para experiências como: a simulação de tratamento de água nas estações, produção de sabão, a influência da temperatura na solubilidade dos gases e, além disso, apresentam informações adicionais ao professor sobre a dureza da água e produção do carbonato de sódio,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , através do processo Solvay (PITOMBO (coord.); MARCONDES (coord.), 2005).

### 3.2 O Livro Didático e suas funções formativas

Inicialmente, pode ser feita a seguinte pergunta: *Qual é a definição do livro didático?* De acordo com Gérard e Roegiers (1998), este material didático “pode ser definido como um **instrumento impresso, intencionalmente estruturado para se inscrever num processo de aprendizagem, com o fim de melhorar a eficácia**” (p. 19, grifo dos autores). Caminhando nesta direção, o livro didático pode vir a ser um facilitador e importante fonte de consulta no processo de ensino-aprendizagem.

A produção de um livro didático com uma abordagem simétrica, não é uma tarefa trivial, pois é necessário que o material didático, considerando os estudos sociais da C&T exponha a abordagem das interrelações entre os conceitos químicos, tecnologia química e impactos sociais e ambientais de uma forma *simétrica* a fim de possibilitar ao cidadão a constituição de um espectro mais amplo sobre o papel da ciência e da tecnologia com seus benefícios/malefícios, riscos/conquistas, progressos/regressos e moralidades/imoralidades favorecendo assim uma educação científica, tecnológica e ambiental de maior amplitude e efetividade sociocultural. Ainda, é preciso ressaltar que “o livro didático, [...], é um produto cultural complexo... [que] se situa no cruzamento da cultura, da pedagogia, da produção editorial e da sociedade” Chris Stray (1993 apud CHOPPIN, 2004, p. 563).

Assim, o livro didático pode se tornar um instrumento formativo relevante desde que exponha o papel do conhecimento químico presente nas questões contemporâneas. O livro didático pode se tornar um importante aliado neste processo formativo, contudo a produção desse material educacional torna-se um trabalho hercúleo, devido à enorme densidade científica, tecnológica e ambiental. Nesse sentido, à confecção de um livro didático torna-se um grande desafio, pois o

conhecimento científico e tecnológico construído num contexto sócio-histórico precisará estar associado aos fatos sociais, ambientais e econômicos. O desafio para a confecção do livro didático é apresentado pelo seguinte apontamento:

Mas essa atividade científica tão abundante deve-se também a causas estruturais: a complexidade do objeto “livro didático”, a multiplicidade de suas funções, a coexistência de outros suportes educativos e a diversidade de agentes que ele envolve (CHOPPIN, 2004, p. 552).

Ao longo dos últimos trinta anos, o livro didático tem sido objeto de estudo de pesquisadores ao redor do mundo (CHOPPIN, 2004). Sendo assim, fonte de investigação para diversos acadêmicos, visando apontar pontos positivos e possíveis melhoramentos a fim de propiciar o Ensino de Ciências com maior excelência.

Contudo, os livros didáticos, juntamente com outros materiais didáticos (livros paradidáticos, produções cinematográficas, matérias jornalísticas, artigos de revistas de divulgação científica e da tecnologia digital) podem contribuir para uma formação mais ampla do cidadão. Choppin (2004), também ressalta que “o livro didático, em tais situações, não tem mais existência independente, mas torna-se um elemento constitutivo de um conjunto multimídia” (p. 553). Diante, do surgimento da tecnologia digital é possível pensar que o livro didático venha a sofrer uma desvalorização até mesmo um arquivamento. Contudo, mesmo diante dessa possibilidade o livro didático permanece como um dos principais materiais pedagógicos (BRASIL, 2004).

O sistema educacional brasileiro vem, ao longo das décadas, passando por transformações com o objetivo de melhorar a qualidade do ensino básico. Com isso, o livro didático de química vem, ao longo dos anos, sofrendo alterações a fim de proporcionar uma educação científica e tecnológica mais ampla. Essas alterações podem ser verificadas, por exemplo, através da abordagem temática onde os livros didáticos de química apresentam, por exemplo: tratamento de água, materiais recicláveis, lixo, alimentos, efeito estufa entre outros. Nesta vertente, os livros didáticos de Química podem incluir, por exemplo: a discussão sobre os impactos sociais/ambientais/econômicos advindos dos processos tecnológicos.

Segundo, Gérard e Roegiers (1998), o livro didático apresenta quatro funções para o professor:

**A) *Função de informação científica e geral***

[...] tanto mais que a evolução dos conhecimentos científicos e tecnológicos é tal que se estima que o volume do conjunto dos conhecimentos humanos duplica de 10 em 10 anos. E isto é verdade não apenas para as disciplinas científicas mas também para as disciplinas fundamentais como a Matemática ou a Língua Materna.

Os manuais escolares, e especialmente os manuais destinados aos professores, podem fornecer-lhes conhecimentos indispensáveis, por exemplo, através de uma análise da matéria abordada numa sequência, através de complementos de informação...

**B) *Função de formação pedagógica ligada à disciplina***

O manual pode preencher um papel de formação contínua do professor e, tendo em conta a evolução permanente da didáctica das disciplinas, proporcionar-lhe uma série de pistas de trabalho aptas a melhorar ou mesmo a renovar a sua prática pedagógica. [...]

**C) *Função de ajuda nas aprendizagens e na gestão das aulas***

O manual pode fornecer numerosos instrumentos que permitam, no dia-a-dia, melhorar as aprendizagens.

Estes instrumentos podem ser de tipo fechado. Neste caso, o manual fornece ao professor todas as indicações e os meios necessários para realizar uma actividade. Por exemplo, um manual de Química ou de Física, ao propor uma experiência, indica os procedimentos a respeitar, o material a reunir, os elementos aos quais é necessário dar uma atenção especial, as possibilidades de exploração, etc. [...]

**D) *Função de ajuda na avaliação das aquisições***

Os instrumentos de avaliação podem ser propostos tanto no livro do aluno como no do professor. Estes instrumentos devem abarcar os diferentes aspectos da avaliação, incluindo a prática de uma avaliação formativa, ajudando, por exemplo, na análise dos erros e, propondo, em função desses

erros, pistas de remediação (p. 90-91, grifo dos autores).

Assim, o livro didático por meio das funções supracitadas pode ser uma fonte profícua na formação do professor, proporcionando uma melhor atuação no processo de ensino-aprendizagem. Acredita-se que a técnica didática intitulada “tema estruturador” pode ser uma mola propulsora na abordagem do tema “*Materiais*” ao possibilitar conhecimento sobre o aspecto pedagógico-didático. A técnica supracitada será mais discutida no item 6.1.2 intitulado, “Um processo de fabricação de vidro plano: *Tecnologia Float*”.

Segundo Gérard e Roegiers (1998), o livro didático tem como principal função: a função de **educação social e cultural** (p. 75). E, ainda, “contribuir para o desenvolvimento do saber-ser que permita ao aluno encontrar, progressivamente, o seu lugar no quadro social, familiar, cultural, nacional... em que está inserido” (p. 83).

Sobre a importância dos livros didáticos na luta para vencer o dilema<sup>4</sup> na formação de professores, Saviani (2009) faz a seguinte reflexão:

Uma vez que a dissociação se deu por um processo de abstração, para recuperar a indissociabilidade será necessário considerar o ato docente como fenômeno concreto, isto é, tal como ele se dá efetivamente no interior das escolas. Um caminho prático e objetivo para verificar a montagem e o modo de operar dos currículos escolares é a partir dos livros didáticos, o que permitiria tomá-los como ponto de partida para a reformulação dos cursos de Pedagogia e dos demais cursos de licenciatura (p. 151).

Assim, o livro didático pode apresentar técnicas didáticas que auxiliem o professor na sua formação e, assim, ser um material pedagógico profícuo no processo de ensino-aprendizagem promovendo

---

<sup>4</sup> Saviani (2009) aponta para um dilema na formação de professores derivado do “confronto entre os dois modelos: aquele centrado nos conteúdos culturais-cognitivos e aquele referido ao aspecto pedagógico-didático” (p. 151). Saviani (2009) aponta que a formação do dilema teve sua origem justamente na dissociação entre os dois modelos no processo de formação de professores e “logicamente a saída do dilema implica a recuperação da referida indissociabilidade” (p. 151).

a ligação entre os conteúdos culturais-cognitivos e o aspecto didático pedagógico.

Sobre a importância do livro didático na formação pedagógica, Saviani (2009) aponta que analisando “os livros didáticos adotados nas escolas, os cursos de pedagogia [licenciaturas] possibilitariam que os alunos efetuassem, a partir do estudo dos fundamentos da educação, a crítica pedagógica dos manuais de ensino, evidenciando seu alcance e seus limites, suas falhas e suas eventuais qualidades” (p. 152). Assim, os professores estariam mais atentos e críticos ao escolherem os livros didáticos que seriam adotados nas escolas.

### **3.3 O Programa Nacional do Livro Didático**

O Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) foi criado, em 1985, sendo o mais antigo dos programas brasileiros distribuindo coleções didáticas voltadas para atender os professores e alunos da rede pública de ensino básico. No início, 1929, o órgão responsável em estabelecer políticas para o programa nacional do livro didático era o Instituto Nacional do Livro (INL). Em 1938, foi instituída a Comissão Nacional do Livro Didático (CNLD), estabelecendo sua primeira política de legislação e controle de produção e circulação do livro didático no País.

Por sua vez, em 1966 foi criada a Comissão do Livro Técnico e Livro Didático (Colted), com a responsabilidade de organizar as ações referentes à produção, edição e distribuição do livro didático. Na época houve a distribuição gratuita de 51 milhões de livros no intervalo de três anos. Ao garantir o financiamento do governo a partir de verbas públicas, o programa adquiriu continuidade.

Em 1971, o Instituto Nacional do Livro (INL) passou a desenvolver o Programa do Livro Didático para o Ensino Fundamental (Plidef), assumindo as atribuições administrativas e de gerenciamento dos recursos financeiros até então a cargo da Colted. Contudo, em 1985 o Plidef deu lugar ao PNLD, que trouxe mudanças substanciais, a saber: a primeira, indicação do livro didático pelos professores; a segunda, reutilização do livro didático, implicando a abolição do livro descartável e o aperfeiçoamento das especificações técnicas para sua produção, visando maior durabilidade e possibilitando a implantação de bancos de livros didáticos; a terceira, extensão da oferta aos alunos de 1ª e 2ª série das escolas públicas e comunitárias; a última, fim da participação financeira dos estados, passando o controle do processo decisório para a

Fundação de Assistência ao Estudante (FAE) e garantindo o critério de escolha do livro pelos professores.

De acordo com Cassiano (2004), em 1996 houve mudanças significativas quanto ao processo de escolha das coleções didáticas através de uma comissão responsável pela análise da “qualidade do conteúdo programático e dos aspectos pedagógico-metodológicos dos livros que vinham sendo comprados pelo MEC para as séries iniciais do Ensino Fundamental” (p. 3). A comissão criada, então, analisou os dez livros, de cada componente curricular, mais solicitado pelos professores de escolas públicas, onde se constatou “que o MEC vinha comprando e distribuindo para a rede de ensino livros didáticos com erros conceituais, preconceituosos e desatualizados no tocante aos conteúdos” (p. 3). Essa constatação provocou um “mal-estar” entre os autores desses livros didáticos e causou forte repercussão entre as editoras da época.

Consequentemente, a partir de 1996 o MEC instalou uma comissão de avaliação que ocasionou a criação dos *Guias de Livros Didáticos*, para diferentes componentes curriculares, por exemplo, os resultados da análise dos livros aprovados pelo PNLD 2015 da componente curricular Química, encontram-se no Guia de Livros Didáticos PNLD– 2015 – Química, que “é fruto de intenso trabalho coletivo, realizado por uma equipe de avaliadores, técnicos e leitores críticos, que colocaram à disposição do País sua competência científica e acadêmica, bem como seu compromisso com a educação pública” (BRASIL, 2014, p.7). Esta equipe de avaliadores é composta por “professores doutores de diferentes universidades brasileiras de todas as regiões geográficas do Brasil; bacharéis e licenciados em Química; e doutores em áreas específicas da Química ou em ensino de Química” (BRASIL, 2014, p.15).

Cada obra didática foi avaliada por dois especialistas em momentos distintos: o primeiro momento foi individualmente e, o último, em conjunto, contudo, não houve identificação dos elementos de editoria (título, autoria, editora etc) (BRASIL, 2014, p. 15).

Em 2004, foi criado o Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM), com objetivo de fornecer livros didáticos para os discentes do Ensino Médio da rede pública de todo o país. Em 2008, houve a distribuição dos livros didáticos de Química e, a partir de então, de três em três anos, ocorre a convocação para o processo de inscrição para as editoras e posteriormente, a avaliação das coleções didáticas destinadas aos professores e estudantes do ensino médio da rede pública em todo o país.

No entanto, Echeverría, Melo e Gauche (2011), apontam questões referentes à escolha dos livros didáticos, a saber: primeira, as editoras que realizam um trabalho de divulgação mais profícuo; segunda, os livros “recomendados” pelos professores mais antigos na escola sob o argumento de que “são mais fáceis de trabalhar”; última, o despreparo do docente para escolher um livro didático (p. 275-276).

Contudo, espera-se que a nova geração de professores encontre-se mais bem preparada para escolha da coleção didática fundamentada em critérios como: a História da Ciência e da Tecnologia com seus personagens e contexto sociohistórico; a abordagem dos processos químicos industriais atrelados aos impactos socioambientais e socioeconômicos; inserção de artigos científicos e experimentos investigativos com elementos da educação CTS.

### **3.4 História da Ciência e da Tecnologia no Livro Didático de Química**

Outro foco de análise sobre as coleções didáticas será sobre a abordagem da história da ciência e da tecnologia sobre os temas supracitados, pois, através desta é possível conhecer o contexto sociohistórico no processo de produção de conhecimento, neste caso, referente à obtenção dos materiais metálicos e vítreos. A abordagem nos livros didáticos sobre a história da ciência e da tecnologia é de grande importância para educação científica, tecnológica, socioambiental e socioeconômica, pois pode “levar o aluno a compreender e a reconhecer a natureza do conhecimento científico como uma atividade humana que, sendo histórica e socialmente construída, possui um caráter provisório, limitações e potencialidades, necessitando, pois, ser abordado em sua historicidade e em suas implicações na sociedade e em situações/ambientes diversificados” (BRASIL, 2006a, p. 124-125). Ou ainda, segundo o Guia de livros didáticos PNLD 2015 para a componente curricular Química:

Outro elemento importante para o ensino de Química é o tratamento da história da ciência nos livros didáticos. Toda ciência, como campo de investigação e produção de conhecimentos, que se estabelecem social e culturalmente, é fruto de redes de trabalho humano em torno de temas, problemas, situações e demandas sociais. Esse processo de constituição dessas redes apresenta, por isso, um importante caráter histórico que deve



ser considerado nas situações de ensino (BRASIL, 2014, p. 9).

Assim sendo, a cultura química precisa ser abordada no processo de ensino-aprendizagem como uma ciência construída ao longo do tempo devido a demandas sociais, fabris, econômicas entre outras. Desta forma, a ciência química pode ser vista como benéfica na resolução de diferentes problemáticas ao longo das décadas.

No entanto, existem algumas barreiras a serem transpostas para proporcionar um ensino de maior excelência sobre a História da Ciência e da Tecnologia. Por exemplo, o seguinte autor aponta para os seguintes problemas:

- incorre em erros factuais grosseiros [1];
- ignora as relações entre o processo de produção de conhecimentos na Ciência e o contexto social, político, econômico e cultural [2];
- dá a entender que os conhecimentos científicos progrediram única e exclusivamente por meio de descobertas fabulosas realizadas por cientistas geniais [3];
- glorifica o presente e seus paradigmas, menosprezando a importância das correntes científicas divergentes das atuais, a riqueza dos debates ocorridos no passado, as discontinuidades entre passado e presente, etc [4];
- estimula a ideia de que os conhecimentos científicos atuais são verdades imutáveis [5] (BASTOS, 1998, p. 43).

Dentre os cinco problemas observados por Bastos (1998), o segundo e o terceiro serão alvo de análise, pois estes apresentam estreita relação com as relações CTS.

Por exemplo, alguns processos químicos surgiram devido a problemáticas tecnocientíficas vivenciadas no ambiente fabril. Ou em outras palavras, a produção de conhecimento tecnocientífico está ligada a desafios existentes no meio industrial. Desta forma, é possível desmistificar a ideia errônea na qual os cientistas chegam a conclusões geniais sem precisarem se esforçar continuamente na resolução de desafios tecnocientíficos.

Por exemplo, a história da produção do vidro plano, via *tecnologia float*, apresenta a produção deste material a partir de uma problemática econômica, a saber:

Chegou o século XVII e a França criou um processo para fabricar vidro plano, que logo fez sucesso, pois permitiu que fossem produzidas placas grandes desse material, com dois metros de comprimento e um metro e meio de largura!

Para obtê-las, era preciso apenas despejar o vidro fundido numa superfície metálica e achatá-lo com um rolo feito de metal. [...]

Porém, [...] às vezes, quem olhasse por [esse vidro] via as imagens distorcidas. Isso ocorria quando as faces do vidro não estavam paralelas. Isto é, quando não havia a mesma distância entre elas [em todos os pontos].

Para fazer com as faces do vidro tivessem a mesma distância entre si, era preciso esfregar sobre elas certos materiais que iam desgastando a superfície do vidro e, assim, tornavam as suas faces paralelas. No entanto, como era arranhado, o vidro perdia a transparência. Então sua superfície também precisava ser polida.

Essas duas operações eram demoradas e exigiam muita mão de obra. Resultado: faziam com que o vidro plano de boa qualidade ficasse muito caro. [...]

A solução capaz de reduzir os custos de produção do vidro surgiu por acaso. Um inglês chamado sir Alastair Pilkington estava ajudando sua esposa a lavar a louça quando percebeu que a gordura solidificava na superfície da água dentro da pia, formando uma camada. Nesse momento, ele teve uma ideia: pensou que poderia fabricar uma lâmina de vidro ao fazer com que o vidro fundido flutuasse sobre algum líquido (MAIA, 2003a, p. 20-21).

Caminhando nesta direção, conclui-se que dois problemas foram os propulsores para a invenção do processo *float*, a saber: baixa produtividade e a necessidade de muito retrabalho das placas de vidro. Assim, o estudo histórico do processo *float*, por exemplo, pode ser uma fonte em “reconhecer e compreender a ciência e as tecnologias químicas como criação humana, portanto inseridas na história e na sociedade em diferentes épocas; [...]” (PCN+, BRASIL, 2002, p. 92).

Nesta vertente, verifica-se que a origem da tecnologia química está relacionada à busca de resoluções de problemas econômicos. Outro

benefício gerado pelo estudo histórico desta tecnologia é apontar para o contexto histórico, pois esta surgiu no final da década de 50 do século passado. Assim surgiu, a tecnologia *float*, pois, após a fusão do vidro este é encaminhado para um tanque de flutuação com estanho líquido que possibilita a moldagem do vidro e a obtenção de chapas de vidro com excelente transparência. O estanho líquido foi o metal escolhido devido às propriedades físicas propícias para moldagem do vidro.

Outra justificativa, na qual me baseio para abordar a história da ciência e que apresenta estreita relação com a análise dos livros didáticos reside na constatação realizada por Porto (2011), a saber:

Constatamos que a maioria dos alunos pesquisados, [licenciandos do Instituto de Química da USP], considera que a História da Ciência pode auxiliar no ensino de Química, *entretanto a maior parte se declara também insatisfeita com a abordagem encontrada nos livros didáticos de Química*. Além disso, mesmo entre os licenciados que afirmaram ter acesso a outras fontes de informação em História da Ciência, parcela significativa não se declarou satisfeita com elas (p. 169, *italico nosso*).

Ainda, segundo Porto (2011), a abordagem deficiente sobre a História da Ciência nos livros didáticos está ligada a falta de profissionais “com formação especializada em História da Ciência constitui-se em grande empecilho para a ocorrência da necessária interação entre historiadores da Ciência e educadores em Ciência” (p. 170).

Caminhando nesta direção, Porto (2011) explica que:

Por conta dessa dificuldade é recorrente, em materiais didáticos e de divulgação, a permanência de erros factuais e de concepções historiográficas já ultrapassadas — como aquelas apontadas por Bastos, e às quais podemos acrescentar ainda a caracterização da Ciência como linear e cumulativa, ou a caracterização ingênua e não problemática da atividade científica (p. 170).

Sendo assim, nos livros didáticos a História da Ciência pode ser explorada como uma atividade científica dinâmica e construída historicamente, ou em outras palavras, estabelecer “relações entre o

processo de produção de conhecimentos na Ciência e o contexto social, político, econômico e cultural” (BASTOS, 1998, p. 43).

Assim, a História da Ciência e da Tecnologia desvela-se como um campo a ser mais explorado nos livros didáticos de Química neste caso especificamente, sobre o processo de construção do conhecimento científico interligado ao desenvolvimento dos processos tecnológicos. Ou ainda, é preciso abordar a História da Ciência e da Tecnologia através da contextualização sociohistórica e, assim apresentar os problemas vivenciados pelos cientistas na resolução de problemáticas tecnocientíficas.

Para finalizar, espera-se que a abordagem sobre a História da Ciência e da Tecnologia presente nos livros didáticos de Química, demonstre que “o pensamento químico se desenvolve de acordo com a necessidade de resolver os novos problemas apresentado pelo meio sociocultural em instalação” (MALDANER, 2006, p. 158).

### **3.5 A Interdisciplinaridade e o Ensino de Química**

A educação CTS caracteriza-se pela promoção da interdisciplinaridade e, desta forma, procura o constante diálogo com as outras componentes curriculares, a fim de proporcionar um estudo mais aprofundado sobre as *aplicações tecnológicas dos materiais, impactos sociais e mudanças físico-ambientais*.

Por exemplo, nas cidades onde ocorrem os processos de extração e beneficiamento das jazidas minerais, surge a possibilidade do diálogo entre as componentes curriculares por meio do estudo dos impactos sociais e ambientais causados: a fauna, a flora, ao microclima da região, crescimento populacional acelerado, benefícios sociais entre outros. Tais discussões podem ser também associadas com a ausência de serviços públicos e processos de exclusão.

A interdisciplinaridade pode favorecer aos discentes a construção de uma percepção mais aprofundada sobre os impactos sociais e ambientais promovidos pelas atividades antropogênicas, possibilitando uma maior criticidade nos estudantes sobre as atividades extrativas vigentes. Além disso, deve também apontar os benefícios sociais oriundos das aplicações tecnológicas dos materiais. Sobre a necessidade da interdisciplinaridade me apoio em Nascimento e Linsingen (2006), que afirmam que “as abordagens CTS, por sua vez, também ressaltam a importância da discussão de temas sociais a partir de um enfoque interdisciplinar” (p. 109).

Outra recomendação presente nos documentos oficiais sobre a importância da interdisciplinaridade encontra-se nas “Orientações

Curriculares para o Ensino Médio – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias”:

A própria denominação da área, Ciências da Natureza e Matemática, aponta para as múltiplas dimensões nas quais um conteúdo escolar precisa ser estudado. Isso pode levar à superação da fragmentação e da sequência linear com que são abordados os conteúdos escolares (BRASIL, 2006a, p. 103).

Por exemplo, os estudos dos processos metalúrgicos, especificamente, para obtenção do alumínio metálico, serão analisados nesta dissertação, que propiciará o estudo dos impactos sociais e ambientais causados sobre as comunidades ribeirinhas.

Acredita-se ser pertinente observar que a realização de um trabalho interdisciplinar não é uma tarefa nada simplória, pois exige um grande entrosamento entre os professores das diferentes componentes curriculares e, além disso, de acordo com as “Orientações Curriculares para o Ensino Médio – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias” cabem às “administrações dos sistemas de ensino, em todos os âmbitos e níveis, *criarem as condições de participação dos professores em suas equipes de estudo, com tempo alocado para isso, com recursos para a participação em eventos, com apoio para a aquisição de materiais instrucionais, assinatura de revistas, etc*” (BRASIL, 2006a, p. 131, *italico nosso*).

O diálogo interdisciplinar entre as componentes curriculares química/sociologia propicia a convergência de vários pontos em comum, permitindo os estudos sociais da ciência e da tecnologia que se encontram nas PCN+ (Ciências Humanas e suas Tecnologias) como:

Os fundamentos econômicos da sociedade; os modos de produção; a produção e o consumo; a mercadoria; o capital; a exploração e o lucro; as desigualdades sociais; a estratificação social; as classes sociais; o desenvolvimento e a pobreza; a tecnologia; o emprego e o desemprego; os países ricos e os países pobres; a globalização etc., constituem alguns dos conceitos associados ao trabalho. É perfeitamente possível a montagem de um curso anual de Sociologia tendo o trabalho como conceito gerador das atividades pedagógicas (BRASIL, 2002, p. 88).

Os fundamentos econômicos apontados na citação anterior serão abordados nesta dissertação possibilitando uma análise mais profunda sobre as articulações dos estudos sociais da C&T com a educação científica e tecnológica. Ou em outras palavras, verificar-se-á que os fundamentos socioeconômicos têm estreita ligação com os seguintes itens: as desigualdades sociais, a tecnologia convencional, o desemprego, o processo de exclusão entre outros.

A citação a seguir, encontrada no *Guia de Livros Didáticos – PNLD 2015 - Química*, adverte quanto a falta do estabelecimento de relações interdisciplinares no Ensino Médio:

A interdisciplinaridade como eixo didático-metodológico tem sido preconizada nos documentos curriculares do Ensino Médio há, pelo menos, uma década. No entanto, políticas mais intensas de indução das práticas interdisciplinares na escola não têm sido frequentes ou significativas. **Nesse sentido, o livro didático pode contribuir de forma decisiva para estimular a docência na direção de estabelecer vínculos entre as disciplinas, gerando ações pedagógicas que se fortaleçam em torno de temas de relevância social, cultural e científica** (BRASIL, 2014, p. 11, grifo nosso).

Assim, as coleções didáticas de química podem ser um importante material didático no processo de promover a interdisciplinaridade e, assim, aproximar o conhecimento químico das outras componentes curriculares. Além disso, pode promover discussões com enfoque CTS a partir de situações problemáticas reais ao levantar questionamentos sobre o papel da ciência e da tecnologia com seus riscos e benefícios. Desta forma, as coleções didáticas podem auxiliar os docentes na sua prática pedagógica e conseqüentemente, ajudar na preparação dos educandos para que estes possam exercer a cidadania com maior embasamento tecnocientífico sobre questões relativas à Tecnologia Química.

Ainda, sobre a interdisciplinaridade e o Ensino de Química, as pesquisadoras Abreu e Lopes (2011) fazem a seguinte análise:

Em outras publicações importantes da área a preocupação com a interdisciplinaridade não se reflete com a mesma intensidade. Na *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* e na revista *Ensaio – Pesquisa em Educação em*

*Ciências*, até o ano de 2008, os artigos referentes ao ensino de Química/Ciências e às políticas curriculares não citam o termo como palavra-chave. Na revista *Investigações em Ensino de Ciências*, 3 de 19 artigos, e na revista *Ciência & Educação*, 3 de 30 artigos, até o ano citado anteriormente, elencam como palavra-chave o termo interdisciplinaridade. Nenhum desses artigos é de autoria (ou coautoria) dos líderes da comunidade disciplinar de ensino de Química (p. 85).

A partir destes dados, revela-se a necessidade imperiosa da abordagem interdisciplinar e, assim, as coleções didáticas podem ser molas propulsoras ao estabelecer conexões com as outras componentes curriculares.

Por exemplo, no livro de Ciências do Ensino Fundamental, 9º ano, intitulado *Jornadas.cie* (2012), há uma abordagem interdisciplinar ao abordar os impactos da extração de ferro em Carajás (PA).

A primeira conexão estabelecida está relacionada com a componente curricular Biologia especificamente, com o ramo da botânica, ao enfatizar que “a empresa responsável pela mineração do local tem desenvolvido um programa intenso de conservação da *Ipomea cavalcantei* e de outras espécies de plantas ameaçadas de extinção que existem na floresta ao redor da mina de Carajás” (CARNEVALLE, 2012, p. 112). Na sequência, enfatiza que “o aumento da velocidade de extração de ferro ameaça cada vez mais a floresta” (CARNEVALLE, 2012, p. 112). Ainda, ressalta que “a mineradora [Vale do Rio Doce] promove um desenvolvimento [crescimento populacional] muito rápido da região. Como consequência, a pecuária derrubou a mata em grande extensão e, em vez da fauna e flora silvestre, só se encontra pasto” (CARNEVALLE, 2012, p. 112).

Na continuidade, estabelece relações com a componente curricular Sociologia, ao chamar atenção para o número crescente de habitantes das cidades de Parauapebas e Tucuruí, atraído para região na busca de emprego, devido à grande demanda de funcionários para a mineração (CARNEVALLE, 2012, p. 113).

E, por último, com a engenharia florestal que “busca encontrar formas de explorar os recursos florestais de maneira sustentável, aliando progresso e sustentabilidade” (CARNEVALLE, 2012, p. 113). Ainda, observa que as siderúrgicas ao longo da ferrovia consomem grande quantidade de carvão vegetal para promover a redução do ferro,

ocasionando a derrubada da floresta, tornando essas áreas imprestáveis para o plantio, devido ao fogo e também ao contínuo tráfego de carroças e caminhões para o transporte de lenha e carvão (CARNEVALLE, 2012, p. 113).

A abordagem interdisciplinar acima supracitada é um bom exemplo ao tratar de questões sociais e ambientais nos livros didáticos da componente curricular Química.

Para finalizar, os autores neste caso desconhecidos, propõem as seguintes atividades:

#### ATIVIDADES

1. Dividam-se em grupos. Vocês irão simular um debate entre os diversos envolvidos na mineração de ferro em Carajás. Cada grupo vai escolher uma personagem para representar:

- botânico;
- o prefeito do lugar;
- sociólogo;
- um jovem que precisa de trabalho;
- ambientalista;
- um(a) dono(a) de casa;
- engenheiro florestal.

Algumas personagens vão defender a exploração do minério de ferro e outras vão ser contra.

2. Decidam quem será contra e quem será a favor. Escrevam os argumentos dessas personagens baseando-se no texto desta seção. Façam um debate e ao final votem para a decisão final: fechar ou não fechar a mineradora? (CARNEVALLE, 2012, p. 113).

As atividades anteriormente sugeridas podem promover discussões profícuas sobre os estudos sociais da ciência e da tecnologia e, assim, provocar a iniciação dos educandos na Educação CTS especificamente, neste caso, sobre as atividades mineradoras em solo brasileiro.



#### 4. O Foco nos Temas “Vidros e Metais”

Este capítulo está intimamente ligado ao tratar da importância dos temas “*Vidros e Metais*” para educação científica, tecnológica e ambiental do educando. A abordagem temática tem sido amplamente defendida pelos educadores como forma de preparar o cidadão para a vida (FREIRE, 1970; SANTOS; SCHNETZLER, 2003). Ainda, conforme Santos e Schnetzler (2003), a abordagem temática permite a contextualização dos conceitos químicos propiciando o aperfeiçoamento das habilidades básicas concernentes à cidadania, “como a participação e a capacidade de tomada de decisão, pois trazem para a sala de aula discussões de aspectos sociais relevantes, que exigem dos alunos posicionamento crítico quanto a sua solução” (p. 105).

A abordagem temática possibilita a inserção do educando sobre questões tecnocientíficas que atingem diretamente a qualidade de vida. A abordagem sobre os temas “materiais metálicos e vítreos”, pode ser trabalhada no processo de ensino-aprendizagem como está expresso nas “Orientações Curriculares para o Ensino Médio – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias” (BRASIL, 2006a) onde:

Pode-se trabalhar, por exemplo, a partir de temas como poluição, recursos energéticos, saúde, cosméticos, **plásticos, metais**, lixo, química agrícola, energia nuclear, petróleo, alimentos, medicamentos, agrotóxicos, águas, atmosfera, solos, **vidros, cerâmicas** [...] (p. 122, grifo nosso).

Com isso, podem ser abordados nos livros didáticos, por exemplo, os processos metalúrgicos, tecnologia para fabricação do vidro plano e processos para fabricação de polímeros entre outros, de tal modo a favorecer uma educação científica, tecnológica e ambiental.

Inicialmente, pode ser formulada a seguinte pergunta: *O que significa o termo “materiais”?* Segundo, Paoli (2001) “Materiais, plural de material (do latim *materiale*), é uma definição bastante genérica de todo os tipos de substâncias químicas, puras ou misturas complexas, usadas pelo homem para construir dispositivos” (p. 3).

Os materiais são fabricados para executar uma função específica (PAOLI, 2001, p. 3). Por exemplo, os materiais metálicos têm apresentado grande importância para o desenvolvimento tecnológico. Nesse sentido, é difícil imaginar o mundo contemporâneo sem o desenvolvimento da ciência dos materiais metálicos, que permitiu a

fabricação de variadas ligas metálicas. Ou especificamente, o aço é uma solução sólida onde o ferro é o elemento metálico em maior percentagem, por sua vez, a percentagem do carbono é inferior a 2,0% onde diferentes porcentagens de carbono determinam as propriedades e aplicações do aço. O aço de baixo teor de carbono ( $< 0,15\%$  de carbono) possui boa ductilidade e é utilizado para produção de arame, outro exemplo, trata-se do aço de médio teor de carbono (0,20% a 0,60% de carbono) onde são confeccionados pregos, vigas, trilhos e componentes estruturais (ATKINS; JONES, 2006, p. 727). Para outras aplicações do aço são adicionados diferentes substâncias, alguns exemplos são: a adição de cromo produz o aço inoxidável, o tungstênio é adicionado para aumentar a dureza e a resistência a altas temperaturas para confecção de brocas. Podem ser citadas outras aplicações tecnológicas como motores de carros, turbinas de aviões, máquinas industriais, robôs, utensílios domésticos entre outras.

O vidro é um material que tem importância fundamental na óptica, pois possui um índice de refração da luz específico que lhe confere propriedades ópticas específicas. Sem o advento do vidro a astronomia não alcançaria avanços significativos porque não seria possível observar o universo através dos potentes telescópios modernos. O vidro também é responsável pelo progresso da química, pois muitos materiais utilizados nos laboratórios químicos são feitos desse material devido a sua inércia química frente a outras substâncias químicas exceto, ao ácido fluorídrico. Outra ciência que foi grandemente beneficiada pelo vidro foi a biologia porque muitos microscópios possibilitaram e, ainda, continuam permitindo o estudo das estruturas microscópicas da matéria viva. As telecomunicações obtiveram um grande progresso, pois graças à fibra óptica os dados são transmitidos com grande velocidade. Já no dia a dia o vidro é largamente utilizado na fabricação de garrafas, pratos, vasos, para-brisas dos automóveis, lentes para visão, vitrines de lojas e janelas.

Sobre o desenvolvimento da ciência dos materiais Milton Santos (2013), ressalta que:

Esse período técnico-científico da história permite ao homem não apenas utilizar o que encontra na natureza: novos materiais são criados nos laboratórios como um produto da inteligência do homem, e precedem a produção dos objetos. Até a nossa geração, utilizávamos os materiais que estavam à nossa disposição. Mas a partir de agora podemos conceber os objetos que desejamos

utilizar e então produzimos a matéria-prima indispensável à sua fabricação. Sem isso não teria sido possível fazer os satélites que fotografam o planeta a intervalos regulares, permitindo uma visão mais completa e detalhada da Terra (p. 32).

Nesse sentido, é difícil imaginar o mundo contemporâneo sem o desenvolvimento da ciência dos materiais, que permitiu a fabricação de várias ligas metálicas, os vidros, os plásticos de engenharia, papel e os materiais compósitos, estes últimos utilizados também em produtos tecnológicos específicos para as indústrias aeronáuticas e aeroespaciais.

Contudo, para fabricação de determinados materiais é necessário produzir a matéria-prima a fim de produzi-los, por exemplo, “os metais não são encontrados nos subsolos “prontos para uso”, mas sim fazendo parte da composição de minerais denominados minérios” (CANTO, 1996, p. 13). Por exemplo, o alumínio metálico,  $Al^0$ , é uma substância simples e não é encontrado separadamente na natureza, ou melhor, ele se encontra combinado com outros elementos químicos formando as substâncias compostas. Antes de tudo é preciso elucidar alguns conceitos importantes para a compreensão sobre as matérias-primas relacionadas à produção de materiais metálicos:

A palavra *mineral* designa toda substância natural presente na crosta terrestre. *Rochas* são agregados naturais formados por um ou mais minerais.

Assim, podemos dizer que na natureza o elemento químico alumínio é encontrado em substâncias compostas chamadas de minerais, que por sua vez estão presentes em rochas (CANTO, 1996, p. 13).

Caminhando na mesma direção, pode ser feita a seguinte pergunta: - De qual mineral pode se obter o alumínio metálico? Conforme Canto (1996), “dentre as rochas cujos minerais contêm alumínio, uma merece especial destaque: a bauxita, que é uma mistura de óxido de alumínio,  $[Al_2O_3]$ , com outras substâncias (óxidos de ferro, água, sílica, etc). Estas últimas são chamadas de impurezas da bauxita” (p. 13-14). Por sua vez, *minério* é “o nome dado a um mineral do qual se extrai, com vantagem econômica, uma substância química de interesse industrial” (CANTO, 1996, p. 13).

Na química, a sequência de processos que permite a obtenção de um elemento químico a partir de seu minério é denominada *metalurgia*, por exemplo, na alumina,  $Al_2O_3$ , os átomos do elemento químico alumínio possuem carga +3 e, depois do processo metalúrgico,

obtém-se o alumínio metálico, Al<sup>0</sup>, de carga nula (CANTO, 1996, p. 39). Outro exemplo, “a hematita, [Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>], é um mineral que, explorado industrialmente, fornece a substância química ferro metálico, [Fe<sup>0</sup>]” (CANTO, 1996, p.15).

Os avanços dos processos metalúrgicos e o crescimento populacional ocasionaram o crescimento do mercado de produtos que utilizam os metais ferrosos e não ferrosos provocando um crescimento alarmante, por exemplo, “nas duas últimas gerações, o mundo utilizou mais minerais do que em toda a história humana até então. Entre 1950 e 1987, enquanto a população dobrava, o consumo de aço aumentava em quase 400%, e o de alumínio, em mais de 1000%” (PENNA, 1999, p. 165).

O Brasil está inserido como grande produtor mundial de elementos metálicos, já que, o subsolo brasileiro possui diversos depósitos minerais de valor econômico, dentre eles, por exemplo, a região Amazônica:

Não, a Amazônia não é apenas um monte de árvores. Para o estrangeiro representa mais do que tudo um imenso depósito de recursos naturais. Apenas na província metalífera de Carajás, numa área de 600 por 300 quilômetros, encontram-se 18 bilhões de toneladas de ferro, 84 milhões de toneladas de manganês, aproximadamente 164 toneladas de ouro, um bilhão e duzentos e cinquenta milhões de toneladas de cobre, 100 mil toneladas de estanho, 87 milhões de toneladas de níquel, oito milhões e meio de toneladas de zinco, um milhão de toneladas de tungstênio e [jazidas de bauxita de aproximadamente um bilhão e quinhentos milhões de toneladas]. O ferro, mineral típico dos terrenos mais antigos, encontra-se com relativa facilidade em todo o mundo e por isso é mais barato. Agora, esse de Carajás, no sul do Pará, possui um teor altíssimo, de mais 60% de ferro (GARRIDO FILHA, 2000, p. 242).

Ainda, é possível citar outras regiões minerais como a de ferro no Quadrilátero Ferrífero (MG), e, mais, as jazidas de minério de manganês na Serra do Navio (Amapá) e no Maciço do Urucum (MS) e cromo, na cidade de Mazagão (Amapá). A partir desses números, constata-se que o Brasil possui expressiva importância no cenário

mundial e grande potencial de suprir principalmente as demandas mundiais de ferro, alumínio, manganês, cobre e cromo.

Como grande produtor mundial o Brasil está suscetível as explorações minerais e, assim, a impactos sociais e ambientais como, por exemplo: degradação de terras, enorme quantidade de resíduos, rejeitos da extração, sendo que a “lixiviação<sup>5</sup> desses rejeitos e de minas abandonadas, somada aos produtos químicos utilizados no refino, é uma fonte importante de poluição de lençóis freáticos, rios e lagos” (PENNA, 1999, p. 168). Além disso, “partículas finas de metais-traço tóxicos, que se acumulam nos solos e nos ecossistemas aquáticos, são dispersas durante as operações de mineração e refino” (PENNA, 1999, p. 168). Ainda sobre o tratamento de efluentes líquidos oriundos das atividades mineradoras, Tundisi et al. (2014) fazem as seguintes observações:

A remoção e o beneficiamento de grandes volumes de minérios, estéreis e rejeitos que caracterizam as atividades de mineração podem causar impactos na composição química e biodiversidade do solo e do ambiente aquático. A lavra de minérios para futuro beneficiamento pode produzir impactos devido à toxicidade de alguns elementos que são parte da composição dos minerais que constituem os minérios e que são mobilizados pela atividade de mineração. Assim, arsênio, cádmio, chumbo, mercúrio, zinco podem ser eventualmente mobilizados e disponibilizados, contaminando águas superficiais e subterrâneas e a biota aquática. Por meio do processo de biodisponibilidade e bioacumulação, esses elementos distribuem-se na cadeia alimentar, podendo conseqüentemente afetar todos os organismos dessa cadeia e, potencialmente, a espécie humana. A correta gestão ambiental deve atuar para prevenir e minimizar esses impactos (p. 41).

---

<sup>5</sup> Segundo Moraes, Albuquerque e Ladeira (2014), “a lixiviação é o processo de extração de um constituinte solúvel de um sólido, o qual apresenta o metal ou metais de interesse, através do contato desse sólido com uma fase aquosa contendo ácidos, bases ou agentes complexantes, que são os agentes lixiviantes em condições variadas” (p. 13).

Caminhando nesta direção, torna-se evidente que as atividades de mineração apresentam altos potenciais de contaminação devido à presença de metais tóxicos na composição dos efluentes líquidos e, conseqüentemente, é necessário que as mineradoras construam estações de tratamento de efluentes líquidos a fim de evitar a contaminação dos recursos hídricos e da biota aquática.

A alta toxicidade dos elementos químicos supracitados pode ser dimensionada pelo trágico episódio envolvendo a contaminação por mercúrio, conhecido como a “Doença de Minamata”, causada por uma indústria química que estava descartando seus resíduos contendo mercúrio em um rio que seguia pela Baía de Minamata, no Japão, onde os habitantes locais pescavam. Primeiramente, os peixes foram contaminados e, depois, os habitantes foram contaminados devido à bioacumulação de mercúrio nos peixes, sendo que 50 pessoas haviam morrido e 150 contraíram problemas ósseos e nervosos, Nebel e Wright (2000 apud GRASSI, 2001, p. 37).

Outro fator complicador são os efluentes gasosos gerados durante o processo de fundição e refino sendo estes responsáveis por doenças respiratórias e, por último, o desmatamento já que a derrubada de árvores e, sua posterior queima produz o carvão mineral, combustível utilizado para redução de minérios.

Apesar, dos problemas ambientais supracitados pode ser formulada a seguinte pergunta: *A Química é a culpada?* Não, no decorrer da análise verificar-se-á que muitos desses problemas podem ser evitados, caso haja, a saber: primeiro, respeito às normas sociais e ambientais sendo personificada através do investimento em tecnologias para o tratamento dos diversos efluentes industriais; segundo, maior solidariedade para com as populações que vivem no entorno das indústrias; terceiro, maior cosmovisão da classe empresarial evitando assim, a compartimentação do território; quarto, rigor nos licenciamentos ambientais para funcionamento das indústrias; e, por último, maior fiscalização do Estado.

Pelo contrário, a Química “pode oferecer a saída para os problemas que advêm das práticas industriais” (CANTO, 1996, p. 120). Por exemplo, novas tecnologias de tratamento de efluentes podem reduzir drasticamente a emissão de gases tóxicos para atmosfera, tratamento dos efluentes líquidos e resíduos sólidos. E assim, haveria uma substancial redução dos riscos advindos pelas atividades industriais.

Ainda, sobre a importância de se abordar o tema “*Metais*” no Ensino Médio, Canto (1996), faz as seguintes indagações:

Nosso país é bem provido de jazidas minerais, não somente em relação à quantidade, como também à diversidade. Sabemos realizar seu aproveitamento? Até que ponto possuir essas riquezas minerais é sinônimo de melhores condições de vida para a população? Com quem fica o lucro da exploração desses recursos? Qual é o destino dos minérios extraídos? (p. 8).

Por meio dessas perguntas, é possível ter uma ideia da importância das atividades mineradoras em nosso país e do enorme potencial econômico e, assim, da possibilidade de trazer grandes benefícios sociais às comunidades locais como também ao todo povo brasileiro. Na sequência, Canto (1996), o tema “*Mineração*” pode “posicionar [o leitor] perante questões relacionadas à exploração dos recursos minerais, dos pontos de vista tecnológico, econômico, geográfico e ambiental” (p. 9).

Por isso, a abordagem sobre os temas “*Metais e Vidros*” no processo de ensino-aprendizagem é de grande importância, pois pode possibilitar que o educando compreenda alguns dos processos metalúrgicos e produção do vidro e, assim, a importância destes na economia, os impactos sobre o meio ambiente e as transformações químicas que os minérios sofrem para obtenção dos metais. E, mais, ao abordar os processos industriais surge a oportunidade de promover a articulação destes com os conceitos científicos, ou seja, busca-se “reconhecer transformações químicas que ocorrem na natureza e em diferentes sistemas produtivos ou tecnológicos” (BRASIL, PCN+, 2002, p. 95).

## 5. Metodologia de Análise

### 5.1 A Concepção de avaliação e o corpus de análise

A concepção de avaliação do livro didático, segundo J.M. de Ketele (1989 apud GÉRARD; ROEGIERS, 1998, p. 282) significa:

- *recolher um conjunto de informações suficientemente pertinentes, válidas e fiáveis*
- *e examinar o grau de adequação entre este conjunto de informações e um conjunto de critérios adequados aos objectivos definidos à partida ou ajustados no decurso do processo*
- *para se tomar uma decisão.*

Ainda segundo, Gérard e Roegiers (1998), a avaliação de um livro didático pode se fundamentar nas seguintes questões: “Trata-se de decidir a rejeição ou a aceitação de um manual? Trata-se de o melhorar? Trata-se de ajudar os autores a produzir um manual adaptado às novas indicações de um programa [currículo]?, etc” (p. 282).

A avaliação das coleções didáticas sobre os temas anteriormente citados está relacionada às duas últimas perguntas supracitadas, porém, “avaliar não é emitir um juízo de valor sobre as pessoas (os autores do manual), mas consiste em reunir as informações e a tratá-las de modo a permitir a tomada de decisão” (GÉRARD; ROEGIERS, 1998, p. 282).

Desta forma, não há presunção da minha parte durante a análise dos livros didáticos em julgar os autores, mas sim de verificar se e em qual dimensão ocorre à aproximação com os ESCT e, também apresentar alternativas didáticas sustentadas na experiência como técnico industrial, professor do ensino médio e sustentado também pelos ESCT. Além disso, seria desastroso, desonesto e prepotente da minha parte não levar em consideração o investimento muito importante feito pelos autores das coleções didáticas submetidas à análise, ou em outras palavras, não reconhecer os pontos positivos desse investimento (GÉRARD; ROEGIERS, 1998, p. 283).

Caminhando nesta direção, os pontos fortes serão apontados e, os que podem ser aperfeiçoados serão indicados a fim de ampliar as informações científica, tecnológica e ambiental que necessita estar presente nas coleções didáticas. Neste sentido, a concepção de avaliação será guiada no sentido de atuar como pesquisador da área de Ensino de Química e, não como *crítico severo* das coleções didáticas a serem avaliadas.

Para a componente curricular Química, dezenove (19) coleções foram inscritas no processo de avaliação do PNL D 2015. Numa primeira



fase, etapa de triagem, as obras foram analisadas quanto às especificações técnicas dos livros (formato, matéria-prima e acabamento). As coleções inscritas seguiram para a avaliação realizada por uma equipe de especialistas no Ensino de Química. Das dezenove coleções, apenas quatro foram aprovadas que inclusive, constam no *Guia de Livros Didáticos – PNLD 2015 – Química*.

Assim sendo procurar-se-á analisar se/qual medida são apresentados às questões científicas, tecnológicas, socioambientais e socioeconômicas sobre os temas “*Vidros e Metais*” nos livros didáticos de Química aprovados pelo PNLD 2015. As quatro coleções didáticas aprovadas pelo PNLD2015 – Química, são: *Química* (MORTIMER; MACHADO, 2013a, 2013b e 2013c), *Química cidadã* (SANTOS (org.); MÓL (org.), 2013a, 2013b e 2013c), *Ser Protagonista: Química* (EDIÇÕES SM, 2013a, 2013b e 2013c) e *Química* (FONSECA, 2013a, 2013b e 2013c).

## **5.2 Metodologia para análise de dados**

A metodologia utilizada para a análise dos dados referente aos materiais metálicos e vítreos apresentará um cunho qualitativo e os itens a serem analisados serão: processos químicos e transformações químicas, impactos sociais, mudanças físico-ambientais, História da Ciência e da Tecnologia, propriedades químicas/aplicações tecnológicas e reciclagem dos materiais.

No momento da análise serão utilizados os conceitos da Análise de Discurso (AD). Contudo, é pertinente iniciar o estudo da análise de discurso com a seguinte indagação: - Do que se trata a análise de discurso? Eni P. Orlandi (2013) responde ao dizer que:

A Análise de Discurso, como seu próprio nome indica, não trata da língua, não trata da gramática, embora todas essas coisas lhe interessem. Ela trata do discurso. E a palavra discurso, etimologicamente, tem em si a ideia de curso, de percurso, de correr por, de movimento. O discurso é assim palavra em movimento, prática de linguagem: com o estudo do discurso observa-se o homem falando (p. 15).

A análise de discurso procura investigar como se produz o discurso, pois sempre há ideias por detrás de um discurso ou texto. De acordo com Eni Orlandi (2013) “a materialidade específica da ideologia

é o discurso e a materialidade específica do discurso é a língua, trabalha a relação língua-discurso-ideologia” (p. 17).

A análise dos livros didáticos terá caráter qualitativo onde serão produzidos comentários interpretativos/procedimentos reflexivos, pois segundo Orlandi:

Podemos então concluir que a análise do discurso não está interessada no texto em si como objeto final de sua explicação, mas como unidade que lhe permite ter acesso ao discurso. O trabalho do analista é percorrer a via pela qual a ordem do discurso se materializa na estruturação do texto (e a da língua na ideologia). Isso corresponde, a saber, como o discurso se textualiza (2013, p. 72).

A AD foi escolhida por propiciar conceitos para análise com grande amplitude sobre produções escritas sendo que “a grande contribuição da análise de discurso: observar os modos de construção do imaginário na produção dos sentidos” (ORLANDI, 2007, p. 18). Ou ainda, “trabalhando a opacidade do texto e vendo nesta opacidade a presença do político, do simbólico, do ideológico, o próprio fato do funcionamento da linguagem: a inscrição da língua na história para que ela signifique” (ORLANDI, 2013, p. 21).

Contudo, a profundidade da análise está condicionada à capacidade do analista de “formular questões mobilizando assim conceitos diferentes e isso tem resultados cruciais na descrição dos materiais” (ORLANDI, 2013, p. 27). A profundidade da análise depende da experiência pessoal do analista em formular questões. Segundo Orlandi (2013):

Cada material de análise exige que seu analista, de acordo com a questão que formula, mobilize conceitos que outro analista não mobilizaria, face a suas (outras) questões. Uma análise não é igual à outra porque mobiliza conceitos diferentes e isso tem resultados cruciais na descrição dos materiais. Um mesmo analista, aliás, formulando uma questão diferente, também poderia mobilizar conceitos diversos, fazendo distintos recortes conceituais (p. 27).

Ou seja, a “bagagem cultural” do analista sobre o tema é crucial, pois, “o que é de sua responsabilidade é a formulação da questão que desencadeia a análise” (ORLANDI, 2013, p. 27). Ainda sobre a análise,

Orlandi (2013) enfatiza que “o que define a forma do dispositivo analítico é a questão posta pelo analista, a natureza do material que analisa e a finalidade da análise” (p. 27). Sendo assim, as questões que serão formuladas necessitam levantar os fatos tecnocientíficos, socioambientais e socioeconômicos decorrentes das atividades industriais. E é nesse contexto que as contribuições dos ESCT serão de grande valia.

A fim de possibilitar uma análise a AD utiliza conceitos para análise e de significação como: silêncio, intertextualidade, interdiscurso, intradiscurso, antecipação, paráfrase e polissemia e as condições de produção. Segundo Orlandi (2013):

O que se espera do dispositivo do analista é que ele lhe permita trabalhar não numa posição neutra, mas que seja relativizada em face da interpretação: é preciso que ele atravesse o efeito de transparência da linguagem, da literalidade do sentido e da onipotência do sujeito. Esse dispositivo vai assim investir na opacidade da linguagem, no descentramento do sujeito e no efeito metafórico, na falha e na materialidade. No trabalho da ideologia (p. 61).

Estes conceitos por assim dizer propiciam uma análise mais profunda sobre a relação língua-discurso-ideologia. Uma análise rica e profunda precisa apontar os seguintes itens: identificar os silêncios, indicar a antecipação, reconhecer a intertextualidade, detectar a paráfrase e a polissemia. Assim sendo o analista precisa trabalhar a intermitência entre descrição e interpretação e é seu dever “encarar” a linguagem desta forma (ORLANDI, 2013, p. 62).

O conceito silêncio está ligado ao *não dito* e, neste trabalho de dissertação será detectado com intensidade, pois, “as palavras se acompanham de silêncio e são elas mesmas atravessadas de silêncio. Isso tem que fazer parte da observação do analista” (ORLANDI, 2013, p. 85).

Há três formas de silêncio de acordo com Eni Orlandi sendo eles:

É o silêncio como horizonte, como iminência de sentido. Esta é uma das formas de silêncio, a que chamamos silêncio fundador: silêncio que indica que o sentido pode sempre ser outro. Mas há outras formas de silêncio que atravessam as palavras, que “falam” por elas, que as calam.

Desse modo distinguimos o silêncio fundador (que, como dissemos, faz com que o dizer signifique) e o silenciamento ou política do silêncio que, por sua vez, se divide em: silêncio constitutivo, pois uma palavra apaga outras palavras (para dizer é preciso não-dizer: se digo “sem medo” não digo “com coragem”) e o silêncio local, que é a censura, aquilo que é proibido dizer em uma certa conjuntura (é o que faz com que o sujeito não diga o que poderia dizer: numa ditadura não se diz a palavra ditadura não porque não se saiba mas porque não se pode dizê-lo (ORLANDI, 2013, p. 83).

*Nesta dissertação a forma do silêncio é o fundador, pois está intimamente ligado ao não-dito, Orlandi (2007) ressalta que este “existe nas palavras, que significa o não dito e que dá espaço de recuo significante, produzindo as condições para significar” (p. 24, itálico nosso).*

Os silêncios nos livros didáticos fazem-se presente quando, por exemplo, não são apontadas as tecnologias químicas, os aspectos socioambientais e socioeconômicos provocados pela C&T. Para isso faz-se necessário levantar “outro aspecto da reflexão sobre o silêncio que consideramos bastante relevante. Trata-se do fato de que, pela exploração mesma da capacidade de compreender o silêncio com nossos procedimentos reflexivos, [...]” (ORLANDI, p. 2007, p. 14).

Os silêncios existentes nos livros didáticos serão detectados e, assim, formular-se-ão questionamentos e, logo em seguida, serão apresentados comentários analíticos/procedimentos reflexivos que responderão as indagações realizadas com o aporte dos ESCT, experiência profissional técnica, como professor de química do ensino médio e formação técnica. As seguintes perguntas servirão como base para detectar os silêncios existentes nos materiais didáticos como, por exemplo: - *Quais são os desequilíbrios físico-ambientais e químicos promovidos pelas atividades mineradoras para obtenção dos metais e dos vidros? Quais efeitos sociais foram gerados devido às atividades antropogênicas? Quais conhecimentos químicos podem ser abordados durante as transformações químicas e físicas nos processos para obtenção dos materiais?*

Os procedimentos reflexivos ou comentários analíticos servirão, por exemplo, para: mapear a tendência político-ideológica dos conglomerados econômicos que atuam nos segmentos da mineração e

do vidro plano; os impactos socioambientais e socioeconômicos gerados pelos processos metalúrgicos e redução dos postos de trabalho.

As detecções dos silêncios fazem-se necessários, pois, “o silêncio não está disponível à visibilidade, não é diretamente observável. Ele passa pelas palavras. Não dura. Só é possível vislumbrá-lo de modo fugaz. Ele escorre por entre a trama das falas” (ORLANDI, 2007, p. 32). Assim, a “reflexão sobre o silêncio nos mostra a complexidade da análise de discurso, já que por ela podemos nos debruçar sobre os efeitos contraditórios da produção de sentidos na relação entre o dizer e o não dito [...]. Eles podem chegar de qualquer lugar e eles se movem e se desdobram em outros sentidos” (ORLANDI, 2007, p. 24). Deste modo “o silêncio é garantia do movimento de sentidos. Sempre se diz a partir do silêncio” (ORLANDI, 2007, p. 22). Os silêncios podem ser comparados a portas fechadas sendo que as chaves residem na capacidade do analista em reconhecê-los e, na sequência, formular questões que desencadeiem a análise dos objetos de estudo.

Sobre os silêncios nos livros didáticos, Brooke (1998 apud CHOPPIN, 2004), ressalta que:

Não é suficiente, no entanto, deter-se nas questões que se referem aos autores e ao que eles escrevem; *é necessário também prestar atenção àquilo que eles silenciam, pois se o livro didático é um espelho, pode ser também uma tela.* Essa observação não vale apenas para os livros didáticos de história ou de literatura, que imediatamente nos vêm à mente; a análise de livros didáticos de ciências mostra que estes também apresentam uma visão consensual e normalizada do estado da ciência de sua época; toda controvérsia é deliberadamente eliminada da literatura escolar (p. 557, *italico* nosso).

Ou seja, procurar-se-á não somente se ater na descrição dos materiais didáticos, mas também levantar os silêncios a fim de procurar aprofundamentos e conseqüentemente, buscar análises reflexivas sobre fatos socioambientais, socioeconômicos e tecnocientíficos.

Sobre as possibilidades oriundas provenientes do silêncio, Orlandi (2007) ressalta que “o silêncio não é o vazio, ou o sem-sentido; ao contrário, ele é o indício de uma instância significativa. Isso nos leva à compreensão do “vazio” da linguagem como um *horizonte* e não como *falta*” (p. 68). Desta forma, o silêncio permite a exploração de um mar

de possibilidades no intuito de investigar, por exemplo, com maior profundidade as propriedades químicas dos efluentes líquidos, sólidos e gasosos gerados pelas transformações dos materiais e, assim, dimensionar os impactos destes sobre o meio ambiente.

Outro silêncio que será alvo de atenção será a dimensão da abordagem da tecnologia química, pois os estudos dos processos químicos podem possibilitar o estudo das transformações químicas de uma forma paralela. A educação científica, tecnológica e ambiental, entre outros fatores, pode: vencer a abordagem fragmentada relacionada ao estudo dos conceitos químicos, diminuir a visão consensual e estática da ciência e propiciar uma formação tecnocientífica atrelada às questões sociais e ambientais.

Outro conceito da AD de grande valor para produção do livro didático é o do “*mecanismo da antecipação*”. Este mecanismo possibilita que o autor se projete no lugar do educando, assumindo assim o papel de leitor-aprendiz tecendo explicações no livro didático, por exemplo: conceitos químicos, etapas dos processos industriais, termos tecnocientíficos, condições de temperatura e pressão nos processos químicos entre outros. Ou melhor, o autor precisa adaptar a linguagem escrita de maneira que o estudante compreenda as informações. Ou também, o escritor precisa exercitar a condescendência, significando, se colocar no lugar do leitor procurando assim, produzir uma escrita mais clara e coesa possível. Segundo Orlandi (2012),

Não se pode falar do lugar do outro; no entanto, pelo mecanismo da antecipação, o sujeito-autor projeta-se imaginariamente no lugar em que o outro o espera com sua escuta e, assim, “guiado” por esse imaginário, constitui, na textualidade, um leitor virtual que lhe corresponde, como um seu duplo. Esse é um jogo dos gestos de interpretação que se dá na ou a partir da materialidade mesma do texto e ao qual o analista deve ser sensível quando pensa o imaginário que constitui o sujeito leitor virtual e o sujeito leitor efetivo com suas determinações concretas (p. 61).

Nesta direção, o autor de um livro didático voltado para educação de nível médio precisa se colocar no lugar do leitor, sendo sensível principalmente, na utilização de termos científico-tecnológicos que ainda não são conhecidos pelo leitor. A linguagem tecnocientífica exposta nos materiais didáticos necessita ser apresentada, no entanto, os

significados de termos científico-tecnológicos precisam ser elucidados a fim de permitir a compreensão dos processos químicos. Um dos papéis do livro didático deve ser a busca da introdução da linguagem científica e tecnológica a fim de ampliar o vocabulário tecnocientífico do educando. Contudo, é necessário evitar equívocos, apresentar conceituações químicas, explicar os termos tecnológicos e apontar as condições de temperatura e pressão nos processos industriais entre outros cuidados.

Ainda, sobre o mecanismo da antecipação, Orlandi (2013), enfatiza que “Ele [sujeito-autor] antecipa-se assim a seu interlocutor quanto ao sentido que suas palavras produzem” (p. 39). Esta produção de sentido permite que o sujeito-autor tome precauções ao abordar conceitos científicos e termostécnicos, ou seja, precisa haver rigor na produção escrita a fim de fornecer um material de leitura de maior excelência permitindo a construção de uma educação científica, tecnológica e ambiental de maior amplitude.

Outros conceitos utilizados na AD constituem-se da “*paráfrase e polissemia*”. Segundo Orlandi (2013), “a paráfrase está do lado da estabilização”, sendo que, “os processos parafrásticos são aqueles pelos quais em todo dizer há sempre algo que se mantém, isto é, o dizível, a memória” (p. 36). Na contramão, a polissemia caracteriza-se pelo “deslocamento, ruptura de processos de significação. Ela joga com o equívoco” (ORLANDI, 2013, p. 36). Segundo, Orlandi (2013), “é nesse jogo entre paráfrase e polissemia, entre o mesmo e o diferente, entreo já dito e o a se dizer que os sujeitos e os sentidos se movimentam, fazem seus percursos, (se) significam” (p. 36).

De acordo com Orlandi (2013), “regida pelo processo parafrástico, a produtividade mantém o homem num retorno constante ao mesmo espaço dizível: produz a variedade do mesmo” (p. 37). Por sua vez, a polissemia está ligada ao “deslocamento das regras, fazendo intervir o diferente, produzindo movimentos que afetam os sujeitos e os sentidos na sua relação com a história e com a língua. Irrompem assim sentidos diferentes” (ORLANDI, 2013, p. 37).

Para a discussão das mudanças físico-ambientais serão apresentadas fotografias retiradas pelos satélites artificiais onde permitiram que imagens do planeta Terra fossem fotografadas a intervalos regulares, possibilitando uma visão mais completa e detalhada (SANTOS, 2013, p. 32). Com isso, será possível dimensionar a extensão das mudanças físico-ambientais (desflorestamentos, cavas de areia e

alterações no relevo) por meio da comparação de imagens fotografadas em diferentes momentos históricos.

Por exemplo, para analisar as mudanças físico-ambientais ocorridas ao longo dos anos devido ao Projeto Minério de Ferro Carajás serão apresentadas imagens de satélite. Para isso, nos apoiamos no apontamento feito por Coelho et al. (2006):

As alterações na paisagem física constituem uma das formas de manifestações das mudanças em curso no Sudeste paraense. As principais consequências ambientais do Projeto Minério de Ferro Carajás estão diretamente relacionadas com o desflorestamento e com a degradação das florestas. Para compreender tais mudanças no quadro físico-ambiental é necessário observar a paisagem por meio de uma abordagem multitemporal, fazendo uso de ferramentas que tornem possível mensurar e comparar visualmente dados espaciais (p. 449).

Caminhando nesta direção, serão analisadas e comparadas imagens de diferentes épocas a fim de mensurar as mudanças físico-ambientais decorrentes das atividades mineradoras e extração da madeira. E mais, serão utilizados *relatórios ambientais* a fim de apresentar os impactos sociais e ambientais oriundos dos processos de mineração.

Por sua vez, nos comentários analíticos concernentes as transformações químicas para produção dos metais e vidros e, as aplicações tecnológicas destes, serão utilizados como referenciais as orientações contidas nos documentos curriculares oficiais nacionais, a saber: Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio – PNLEM (BRASIL, 1999), Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN+ (BRASIL, 2002) e, as Orientações Curriculares para o Ensino Médio – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (BRASIL, 2006a).



## **6. Análise dos Livros Didáticos de Química (PNLD 2015), com aporte dos Estudos Sociais da Ciência e Tecnologia.**

### **6.1 Vidros**

#### **6.1.1 Aplicações Tecnológicas e Propriedades do Vidro**

No livro *Química* (MORTIMER; MACHADO, 2013c) os autores abordam os temas materiais recicláveis no capítulo 5 do volume 3, intitulado “*Química de materiais recicláveis*”. Os textos referentes aos materiais vítreos são os de número oito, nove e dez. O texto 8, recebe o título “*Ciclo de vida dos vidros: de onde vêm os vidros utilizados para embalagens?*” (2013c, p. 287-291), onde o foco está no vidro utilizado para embalagens. Os autores enfatizam que “essas embalagens possuem um grande apelo mercadológico, pois apresentam características ainda não encontradas em outros materiais” (p. 287). Posteriormente, os autores apresentam propriedades químicas que fazem do vidro o material ideal para ser utilizado como embalagens:

O vidro é um material que funciona como barreira contra a umidade e o oxigênio, desde que acompanhado de sistemas de fechamento adequados. Resiste a altas temperaturas, pode ser reutilizado e infinitamente reciclado, sem que haja qualquer comprometimento de suas características e propriedades. Não interage com o conteúdo, mesmo em condições ambientais desfavoráveis. Sua principal característica é ser moldável a uma determinada temperatura, sem qualquer tipo de degradação (MORTIMER; MACHADO, 2013c, p. 288).

Assim sendo, os autores abordam acertadamente as características e propriedades do vidro, ao enfatizarem que o vidro é o material adequado para acomodar substâncias líquidas devido à inércia química, exceto o ácido fluorídrico que reage com os diferentes silicatos que compõem o vidro. Outra propriedade citada é a impermeabilidade do vidro, ou seja, os agentes atmosféricos não conseguem penetrar nas embalagens. Além disso, aponta para a excelente moldabilidade do vidro possibilitando a produção de frascos com diferentes formatos e, assim, produzindo embalagens atrativas para o mercado de consumo. Muitos remédios no seu estado líquido são armazenados em vidro justamente pela inércia química deste, ou seja, os componentes químicos dos remédios não reagem com o vidro.

Em seguida, o texto apresenta a composição química do vidro onde “o vidro utilizado em embalagens resulta da fusão de diversas matérias primas inorgânicas minerais. Esses materiais transformam-se em um novo material homogêneo e rígido após um resfriamento controlado” (MORTIMER; MACHADO, 2013c, p. 288). Em seguida há a seguinte tabela inserida no texto do livro didático:

Tabela 1: Composição do vidro sódico-cálcico.

Substância	Porcentagem em peso (%)
SiO <sub>2</sub>	71 a 74
Na <sub>2</sub> O	10 a 14
CaO	7 a 11
MgO	0 a 2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1 a 3
K <sub>2</sub> O	0 a 2

Centro de Tecnologia da Embalagem (Cetea/Ital), 2007.

Na sequência, o texto apresenta que “a principal fonte de matéria-prima para a produção de vidro é o **óxido de silício** ou **sílica**, SiO<sub>2</sub>. A sílica é obtida, em geral, por extração convencional de areia, tanto de origem marinha como fluvial, ou de jazidas naturais” (MORTIMER; MACHADO, 2013c, p. 288).

Logo em seguida, há uma explicação sobre a produção de vidros feitos por sílica pura:

O óxido de silício é um sólido covalente e possui temperatura de fusão na faixa de 1700 a 1800 °C. A produção de vidros constituídos por sílica pura é inviável do ponto de vista econômico, pois exigiria fornos especiais. Por esse motivo, é necessário adicionar algumas substâncias à sílica. Essas substâncias reduzem sua temperatura de fusão e possibilitam que o processo de fabricação seja viável. Tais substâncias, chamadas **fundentes**, são o óxido de sódio (Na<sub>2</sub>O) e/ou óxido de potássio (K<sub>2</sub>O) (MORTIMER; MACHADO, 2013c, p. 288).

A partir, dessa explicação fica clara a necessidade da adição de substâncias fundentes. Ainda, sobre a composição química do vidro, os autores ressaltam outro mineral, que se trata do feldspato, o qual é um “mineral constituído por aluminossilicato duplo de sódio e potássio

(KNa(AlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>))” (MORTIMER; MACHADO, 2013c, p. 289). Na sequência do texto há outra explicação sobre os componentes químicos:

A temperatura de fusão do vidro constituído apenas por sílica e sódio é baixa e por isso adicionam-se ainda outras substâncias, chamadas **estabilizantes**, como os óxidos de cálcio (CaO), de magnésio (MgO) e de alumínio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Todos eles são obtidos de minerais e, portanto extraídos de jazidas minerais (MORTIMER; MACHADO, 2013c, p. 289).

Neste parágrafo há um equívoco, pois a temperatura de fusão do vidro fabricado apenas por sílica e carbonato de sódio está na faixa de 1500 °C, ou seja, não é uma temperatura baixa. Para finalizar, o livro em questão apresenta os “três constituintes básicos: a sílica, que é um agente formador, uma substância fundente e uma substância estabilizante, também conhecida como agente modificador” (MORTIMER; MACHADO, 2013c, p. 289). Também há um silêncio referente à obtenção dos óxidos, já que os autores ressaltam que são obtidos de jazidas minerais, porém, pode ser feito o seguinte questionamento: *Quais são esses minerais?* Posteriormente, abordar-se-á este assunto.

Na sequência, faz-se a seguinte pergunta: *O que é um vidro?* Para responder este questionamento os autores apresentam a seguinte definição:

[...] um vidro é um sólido não cristalino, portanto com ausência de simetria e periodicidade translacional, que exhibe o fenômeno de transição vítrea [...], podendo ser obtido a partir de qualquer material inorgânico, orgânico ou metálico e formado através de qualquer técnica de preparação (MORTIMER; MACHADO, 2013c, p. 289).

Posteriormente, os autores Mortimer e Machado (2013) ressaltam que “não existe simetria, pois não é possível, por exemplo, dividir a molécula por um plano em que as duas partes fiquem iguais, como acontece na representação do sólido cristalino de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>” (p. 290).

Sobre a mudança estrutural das partículas durante o processo de aquecimento os autores fazem a seguinte observação:

Vidros e alguns polímeros — por exemplo, plásticos e borrachas — são exemplos de materiais sólidos não cristalinos, ou seja, sólidos que apresentam estrutura desordenada. De forma diferente dos materiais cristalinos, esses materiais, ao passarem da fase sólida para a fase líquida, não estão realizando uma fusão, mas sim uma transição de fase chamada **transição vítrea** [...]

A temperatura de transição vítrea define a passagem do estado vítreo para o estado viscoelástico. No estado vítreo um corpo não pode ser deformado, o corpo tende a absorver a energia e dissipá-la, quebrando-se. No estado viscoelástico podem ocorrer deformações.

Quando um vidro é aquecido acima da temperatura de transição vítrea, o comportamento viscoelástico tem início, pois as cadeias podem escoar umas em relação às outras, dentro do vidro. Sendo assim, quando uma força é aplicada, as cadeias se movimentam, mas a atração que existe entre elas as faz retornar elasticamente à situação inicial, com uma velocidade relativamente baixa, em razão da elevada viscosidade. Por isso é possível moldar-se o vidro (MORTIMER; MACHADO, 2013c, p. 291).

Esta propriedade física mencionada é de grande importância, pois ajuda na compreensão da característica de moldabilidade do vidro, ou seja, esta propriedade possibilita que o vidro seja trabalhado originando artefatos de variados formatos com forte apelo visual principalmente, através do método de sopro onde os artesãos produzem utensílios domésticos de rara beleza.

### **6.1.2 Um processo de fabricação de vidro plano: *Tecnologia Float***

Sobre o processo de fabricação do vidro o livro *Química* (MORTIMER; MACHADO, 2013c) faz uma intertextualidade com a ciência dos periódicos mais especificamente, com o artigo de Alves<sup>6</sup> et al. (2001). O texto 9 intitulado, “*Ciclo de vida dos vidros: como são*

---

<sup>6</sup> ALVES, Oswaldo Luiz; GIMENEZ, Iara de Fátima; MAZALI, Italo Odono. *Vidros. Química Nova na Escola – Cadernos Temáticos – Novos Materiais*. São Paulo, maio, 2001.

*preparados os vidros”*?(2013c, p. 291-294), tem no primeiro parágrafo a seguinte explicação:

Embora os vidros possam ser produzidos por uma grande variedade de métodos, a maioria continua sendo obtida pela fusão dos seus componentes, em elevadas temperaturas. Esse procedimento sempre envolve seleção de matérias-primas, cálculo das proporções relativas de cada componente, pesagem e mistura dos componentes para obtenção de um material de partida homogêneo (MORTIMER; MACHADO, 2013c, p. 291).

Os autores, na contra mão do equívoco comentado anteriormente, sobre a temperatura de fusão, acertam ao informar que a obtenção do vidro é feita através de temperaturas elevadas. No entanto, há dois silêncios presentes, a saber: *Como é feito o processo de fusão dos seus componentes? Quais são as matérias primas envolvidas?*

O processo de fabricação do vidro plano mais utilizado mundialmente e conhecido como *tecnologia float* responde os silêncios anteriormente expostos, sendo utilizado hoje como principal o sistema de produção de vidro plano (representando 90% da produção mundial), capaz de produzir, de maneira contínua e eficiente, placas de vidro com diversas espessuras e com graus mínimos de imperfeição e, sendo assim, o vidro do tipo *float* tem a alta qualidade necessária para a utilização desse material no revestimento de edifícios e na construção de janelas e para-brisas de carros (BASTOS; MONTANO, 2013, p. 267). Outro fator importante é que o processo *float* é contínuo, permitindo que a produção de vidro plano seja de 200 a 900 toneladas/dia, classificando esta tecnologia como altamente produtiva e largamente difundida em todo o mundo.

Outro ponto importante sobre o estudo da tecnologia *float* é que este pode promover educação científica e tecnológica sobre a produção de vidro plano propiciando também o estudo paralelo de alguns conhecimentos químicos que serão apresentados como: reações químicas (combustão/decomposição/formação de silicatos), sais inorgânicos, óxidos, estequiometria e termoquímica.

Desta forma, os estudos dos conceitos químicos estão subordinados às temáticas onde os seguintes pesquisadores fazem a seguinte observação:

Nas considerações que fazem esses educadores [FREIRE, 1975; SNYDERS, 1988], a

conceituação científica que deve ser abordada no processo educativo é subordinada tanto às temáticas significativas como à *estrutura do conhecimento científico*, das quais se selecionam os conceitos científicos que compõem os conteúdos programáticos escolares [...] (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011, p. 190).

O estudo através de temas pode promover uma educação científica e tecnológica significativa além de promover a superação da fragmentação no ensino de química, a partir da abordagem simultânea de alguns conceitos químicos num contexto tecnológico que tem sido almejada como forma de vencer a alienação causada pelo ensino tradicional de química.

Em relação à pergunta - *Quais são as matérias primas envolvidas?*-, a **silica**,  $\text{SiO}_2$ , também conhecida como dióxido de silício na sua forma pura é o *agente formador*. No vidro é o componente em maior percentagem por volta de 72% e na produção do vidro *float* apresenta elevada pureza na faixa de 99,7%. A sua fonte é a areia, contudo esta é beneficiada a fim de se adequar a condição de pureza e tamanho médio dos grãos (granulometria). Outro fator importante é que o "teor de ferro da areia deve ser mantido o mais baixo possível para fabricação de vidro incolor, o ferro dá uma coloração verde ao vidro" (MAIA, 2003b, p.44). Posteriormente, será discutido o impacto ambiental gerado pela extração da areia no Vale do Paraíba (SP).

A *barrilha* é o principal *fundente* e o seu nome químico é carbonato de sódio,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , e tem como função provocar a diminuição na temperatura de processamento para valores abaixo de  $1600^\circ\text{C}$ . No vidro o carbonato de sódio gera o óxido de sódio,  $\text{Na}_2\text{O}$ , e representa 14% na composição da mistura vitrificável.

Outro *fundente*, utilizado é o carbonato de cálcio,  $\text{CaCO}_3$ , comercialmente conhecido como *calcário* gerando o óxido de cálcio,  $\text{CaO}$ , e representa cerca de 9,0%. A *dolomita* é outro *fundente* e é um carbonato duplo de cálcio e magnésio de fórmula química,  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ , gerando os óxidos de cálcio,  $\text{CaO}$ , e magnésio,  $\text{MgO}$ , compondo cerca de 4,0% da mistura vitrificável. O óxido de cálcio proporciona resistência química contra os agentes atmosféricos e o óxido de magnésio fornece resistência às mudanças repentinas de temperatura.

No entanto, "a presença de grandes quantidades de óxidos alcalinos [ $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  e  $\text{Na}_2\text{O}$ ] provoca sérias degradações em muitas

propriedades destes vidros, dentre elas a durabilidade química (estabilidade frente a ácidos, bases e água)" (ALVES; GIMENEZ; MAZALI, 2001, p. 21). Sobre a resistência química, Maia (2003b) define como "a propriedade dos vidros resistirem mais ou menos à ação dos agentes naturais ou artificiais" (p.146). A fim de aumentar a durabilidade química adicionam-se os *agentes modificadores*, sendo o *feldspato* o principal destes que gera o trióxido de dialumínio,  $Al_2O_3$ , comumente conhecido como alumina.

Outro óxido, que é gerado pelo feldspato é o óxido de potássio,  $K_2O$ , e representa 0,3% contudo atua como *fundente*. O feldspato "ao lado de  $Al_2O_3$  fornece outros óxidos úteis ao vidro, não têm constituintes voláteis e, portanto, não têm perdas, funde a cerca de 1100-1200 °C e dissolve-se rapidamente nas matérias primas em fusão durante o processo de fabricação. É representado pela fórmula geral  $R_2O.Al_2O_3.6SiO_2$ , na qual  $R_2O$  representa um óxido alcalino,  $K_2O$ ,  $Na_2O$  ou misturas de ambos ou ainda  $CaO$ " (MAIA, 2003b, p. 48). O feldspato compõe cerca de 1% da mistura vitrificável.

Devido à decomposição no processo de fusão dos diversos carbonatos acima citados ocorre à geração do gás carbônico,  $CO_2$ , que por sua vez irá gerar bolhas no vidro fundido sendo necessária então a adição de *agentes de refino* que farão a remoção destas bolhas. Usualmente é utilizado o *sulfato de sódio*,  $Na_2SO_4$ , como *agente de refino*.

Por meio do processo *float* também são produzidos coloridos como o vidro verde com adição do óxido de ferro e, para a fabricação dos vidros fumê e bronze são utilizados os óxidos de cobalto e selênio. Assim sendo, as funções inorgânicas, sais e óxidos, podem ser estudadas tendo um contexto tecnológico propiciando ao educando conhecimento químico na produção de vidro plano.

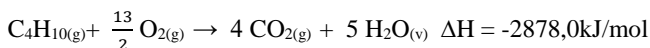
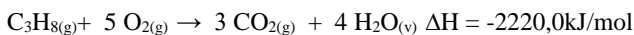
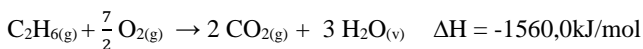
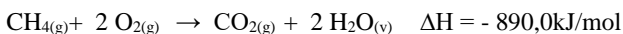
As matérias-primas supracitadas ficam acondicionadas em grandes silos e depois de pesadas, encaminhadas a um misturador, e adiciona-se água para facilitar a homogeneização e a formação da *mistura vitrificável*. Logo após a saída da mistura vitrificável ocorre a adição do caco onde ambos são encaminhados à enforadeira por meio de correias transportadoras (borracha). A enforadeira pode ser considerada como um reservatório da mistura vitrificável que alimenta constantemente o forno a fim de manter o nível do vidro constante, pois a mesma quantidade de vidro que sai do forno para o tanque de flutuação deve ser a mesma que entra no forno.

Depois da chegada da mistura vitrificável ao forno pode ser feita a seguinte pergunta: **Como é realizada a fusão da mistura vitrificável?** A mistura vitrificável é fundida recebendo energia calorífica advinda da reação de combustão entre o combustível e o comburente (oxigênio atmosférico), ou seja, trata-se de uma reação exotérmica.

Neste processo os principais combustíveis utilizados são: óleo pesado, óleo diesel, gás natural e GLP (gás liquefeito do petróleo). O combustível que será estudado é o gás natural sendo que este é relativamente puro quimicamente, ou melhor, não apresenta em sua composição nenhum sulfato e não contamina o vidro e é o combustível mais utilizado nas indústrias vidreiras. O gás natural apresenta poder calorífico entre 8.614 kcal/m<sup>3</sup> e 9.535 kcal/m<sup>3</sup>.

O gás natural é injetado no forno através de 12 ou até 14 queimadores sendo que em cada pórtico há dois queimadores totalizando desta forma 6 pórticos (12 queimadores) ou 7 pórticos (14 queimadores). O oxigênio presente na atmosfera é levado ao forno por meio de ventiladores que succionam o ar para a câmara de regeneração e deste para os pórticos onde acontece a reação de combustão.

Desta forma, a reação de combustão tem como reagentes o gás natural (combustível) e o oxigênio molecular (comburente) produzindo o gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e vapor d'água além de promover a liberação de energia. Assim sendo, podem-se apresentar as equações de combustão já balanceadas com os respectivos calores molares de combustão sendo que o metano é o principal constituinte do gás natural com quase 90% da composição química (v/v):



Fonte: Princípios de Química (ATKINS; JONES, 2006, p. 836).





Figura 1: Chamas geradas pela reação de combustão no forno de vidro contínuo regenerativo lateral.

A produção do vidro plano especificamente, a *tecnologia float* possibilita o estudo das reações de combustão paralelamente com os conceitos da estequiometria e calores de combustão (termoquímica) possibilitando assim uma educação científico-tecnológica.

No trecho a seguir realiza-se o seguinte apontamento:

Durante o processo inicial de aquecimento, as matérias primas passam por uma série de transformações físicas e químicas para produzir o fundido. A conversão deste em um líquido homogêneo pode requerer outros processamentos, incluindo a remoção de componentes não fundidos, como impurezas e bolhas, e a agitação (MORTIMER; MACHADO, 2013c, p. 291).

Neste parágrafo também existe um silêncio sobre o processo de fusão da mistura vitrificável, o qual é: — ***Quais são as transformações químicas sofridas pela mistura vitrificável para produzir o fundido?***

Primeiramente, é de grande importância abordar os fornos contínuos regenerativos laterais que são utilizados para fabricar vidro plano quando a produção diária excede 200 toneladas/dia sendo que alguns fornos possuem a capacidade de fundir até 900 toneladas/dia. Esses fornos são assim intitulados devido a "câmaras de refratários de seção retangular, cheias com empilhagens de tijolos refratários de alto abaixo, construídas de modo a deixar entre os tijolos canais para passagem dos gases" (MAIA, 2003b, p. 65). Desta forma pode ser feita a seguinte pergunta: — ***Por que esses fornos possuem esta forma de construção?*** De acordo com Maia (2003b):

A função dos regeneradores é aproveitar o conteúdo calórico dos gases de combustão para preaquecer o ar, que vai ser usado na combustão antes de serem jogados na atmosfera, através da chaminé.

Os regeneradores operam do seguinte modo: os gases resultantes da combustão arrastados pela tiragem da chaminé, descem através da empilhagem de um dos regeneradores, trocando calor com a mesma, enquanto isso, o ar que vai alimentar a combustão entra pela parte inferior do outro regenerador, e no seu caminho ascendente vai se aquecendo em contato com os tijolos da empilhagem, que foram aquecidos no ciclo anterior. Depois de algum tempo, o queimador que estava sendo usado é apagado e aceso o outro queimador. Com isso, se inverte o caminho dos gases da combustão [reversão], que passam a descer pelo outro regenerador aquecendo sua empilhagem, e o ar frio sobe através do outro regenerador, se aquecendo em contato com os tijolos que foram aquecidos no ciclo anterior. Os ciclos de operação dos regeneradores variam de forno para forno, e geralmente, são de vinte a trinta minutos (p. 65).

A fim de facilitar a visualização do forno segue-se o desenho, figura 2, onde são apresentadas as câmaras de regeneração onde o ar de combustão é admitido pelas tomadas de ar, ventilador do ar de combustão, passando pelos tijolos sofrendo assim um pré-aquecimento.

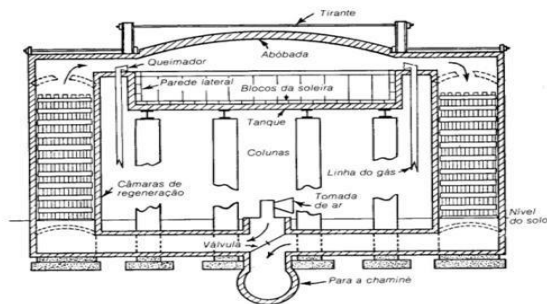
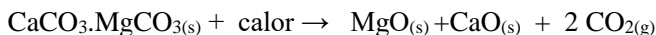


Figura 2: Forno Contínuo Regenerativo Lateral.

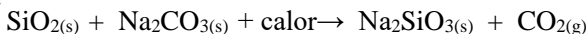
O gás natural é injetado no forno através das linhas de gás onde ocorrerá a reação de combustão entre o gás natural e o oxigênio molecular produzindo energia na forma de calor.

Assim, a mistura vitrificável é fundida no forno regenerativo por volta, de 1500 °C, refinada e condicionada termicamente, transformando-se numa massa vítrea homogênea e encaminhada para a área do refino. A área do refino ajuda no processo de retirada das bolhas de gás carbônico e no condicionamento térmico do vidro a fim de possibilitar uma temperatura adequada para o processamento posterior que se trata da moldagem.

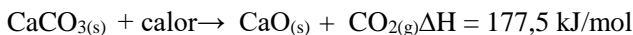
As principais reações químicas que acontecem nos fornos regenerativos para produção do vidro incolor iniciam-se por volta, de 600°C, onde começa ocorrer a decomposição do carbonato duplo de cálcio e magnésio sendo equacionada da seguinte forma:



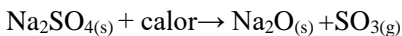
Ainda, nesta faixa de temperatura a sílica começa a reagir com o carbonato de sódio formando o silicato de sódio sendo que a transformação química ocorre com os reagentes no estado sólido e a formação de silicato de sódio sólido e gás carbônico. Segue-se a equação química:



Por volta, de 800°C, começa a decomposição do carbonato de cálcio com a formação do óxido de cálcio e gás carbônico. A equação termoquímica representada é uma reação endotérmica sendo necessários 177,5 kJ para decomposição de um mol de carbonato de cálcio:

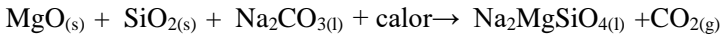
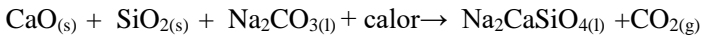


Na faixa, de 850°C, a sílica reage com parte do carbonato de sódio desta vez, com a formação de líquido,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ . A fusão do sulfato de sódio acontece a seguir, em 880°C, com a formação do óxido de sódio e do gás trióxido de enxofre sendo a transformação química assim equacionada:



A 900°C, acontece a decomposição completa do carbonato duplo de cálcio e magnésio, ou seja, ocorre a formação dos óxidos com características básicas, CaO e MgO. Estes por sua vez reagem com a

sílica e o carbonato de sódio formando os silicatos de sódio-cálcio/sódio-magnésio. As equações químicas são assim representadas:



Entre as temperaturas de, 900°C e 1500°C, ocorrem as formações de outros silicatos de fase líquida como:  $\text{Na}_2\text{CaSi}_3\text{O}_8$ ,  $\text{Na}_2\text{Ca}_2\text{Si}_3\text{O}_9$ ,  $\text{Na}_4\text{MgSi}_3\text{O}_9$ , entre outros.

Sendo assim, a reação de decomposição provocada pela alta temperatura nos fornos regenerativos pode ser contextualizada fornecendo assim ao educando uma visão da existência dessa reação química no meio industrial especificamente na produção de vidro plano.

Depois, os autores enfatizavam que “os materiais constituintes de um vidro podem ser divididos em cinco categorias, tomando-se por base a função que desempenham no processo: formador, fundente, agente modificador, agente de cor e agente de refino” (MORTIMER, MACHADO, 2013c, p. 291).

Em seguida há uma explicação da função de cada constituinte do vidro e, posteriormente, é mencionado o processo de moldagem do vidro com o seguinte trecho do texto:

Após a obtenção do fundido como um líquido homogêneo, a produção de produtos comerciais requer a obtenção dos vidros em formatos específicos. Essa etapa do processamento é denominada **moldagem** do vidro, a qual pode ser feita por quatro métodos principais: sopro, prensagem, fundição e estiramento ou flutuação. Dentre os métodos de moldagem, vamos nos ater ao processo de estiramento ou flutuação, método mais usado na fabricação de vidros planos.

Tal método foi desenvolvido e patenteado em 1959 por uma companhia britânica e revolucionou a manufatura dos vidros planos.

O vidro é moldado estirando-se uma larga lâmina de vidro derretido em um tanque de estanho, também derretido. Esse tanque é chamado **tanque de flutuação**, porque o vidro “flutua” em uma camada uniforme sobre a superfície perfeitamente lisa do estanho fundido. O vidro solidifica-se a temperatura mais alta que o estanho, podendo, portanto, ser removido. O vidro obtido nesse

processo apresenta ambos os lados brilhantes, o que dispensa o acabamento por polimento (MORTIMER; MACHADO, 2013c, p. 293).

Aqui, detecta-se um silêncio relacionado à História da Ciência e da Tecnologia especificamente, sobre o contexto sociohistórico no desenvolvimento da *tecnologia float*, em 1959, ou seja, informar quais os desafios vivenciados para manufatura dos vidros planos que desencadearam esta técnica produtiva. No entanto, estas informações já foram apresentadas nesta dissertação no item, 3.4 - História da Ciência e da Tecnologia no livro didático de química.

Sobre o processo de moldagem existem dois silêncios como: — ***De que forma é feito o sopro, prensagem, fundição e estiramento do vidro?*** No entanto, abordaremos a moldagem do vidro feita através do processo de flutuação e, assim, continuar o estudo da *tecnologia float*. Outro silêncio que pode ser trabalhado é: — ***Quais são as propriedades físicas do estanho que o torna ideal para o processo de moldagem?***

A opção pelo estanho é devido a três propriedades físicas muito importantes que são: apresenta baixo ponto de fusão, 231.9 °C, alto ponto de ebulição, 2602.0°C, e, a densidade do estanho, 7.26 g/cm<sup>3</sup>, é maior do que a do vidro, 2.70 g/cm<sup>3</sup>, permitindo, assim, que a folha de vidro flutue sobre o estanho metálico. No entanto, o estanho (Sn), sofre oxidação em contato com oxigênio sendo necessário que o banho de estanho fique enclausurado numa grande estrutura metálica onde ocorrem as injeções de nitrogênio e hidrogênio gasosos formando uma atmosfera inerte, a fim de impedir a oxidação do estanho. Ainda, nesta enorme estrutura metálica há uma série de resistências elétricas que aquecem o estanho metálico para manter um perfil de temperatura propício para a moldagem do vidro.

Sobre a forma e a necessidade de abordar os elementos químicos os "Parâmetros Curriculares Nacionais - Ensino Médio" faz a seguinte consideração:

Enfatiza-se por demais propriedades periódicas, tais como eletronegatividade, raio atômico, potencial de ionização, em detrimento de conteúdos mais significativos sobre os próprios elementos químicos, como a ocorrência, métodos de preparação, propriedades, aplicações e as correlações entre esses assuntos (BRASIL, 1999, p. 239).

Desta forma, conclui-se que o estudo do elemento químico estanho no processo *float* é de imensa riqueza, pois, proporciona ao educando o estudo das propriedades químicas e físicas assim como também a sua aplicação tecnológica.

O vidro então é estirado por máquinas denominadas top-rolls que possuem rodas com dentes segurando as bordas do vidro e, além disso, estas máquinas possuem rotação e ângulos variáveis, que são regulados por motores, formando desta maneira uma larga lâmina de vidro (folha). A folha de vidro é puxada por um motor que fica no setor denominado *galeria de recozimento* sendo que a velocidade deste motor determina a espessura do vidro. Ao sair do tanque de flutuação a temperatura do vidro é de 600 °C, ou seja, a temperatura do vidro teve um rápido decréscimo de 500°C e, “um material formador de vidro, ao ser resfriado rapidamente, persiste como um líquido super-resfriado metaestável” (SHRIVER, 2008, p. 639). O fator determinante que impede a formação dos cristais durante o processo de moldagem tornando o vidro transparente, segundo Shriver (2008), é proveniente “das velocidades de cristalização que são muito lentas para a maioria dos silicatos, fosfatos e boratos metálicos complexos e geralmente são esses compostos que formam vidros” (p. 639).

No último parágrafo do texto é mencionado o processo de recozimento do vidro com a seguinte explicação:

[...] O recozimento por finalidade remover as tensões que podem ser criadas na moldagem. Um vidro não cozido pode estilhaçar-se por causa da tensão resultante do resfriamento desigual. O recozimento é feito em temperaturas inferiores à temperatura de transição vítrea. [...] Sob condições cuidadosamente controladas, o vidro é subitamente resfriado por rajadas de ar frio ou pela imersão em óleo. Tal processo aumenta enormemente sua resistência mecânica (MORTIMER; MACHADO, 2013c, p. 294).

Após sair do tanque de flutuação, onde a folha de vidro passou pelo processo de moldagem adquirindo a sua largura bruta e espessura desejada, a mesma entra na galeria de recozimento, onde será resfriada controladamente, sofrendo, assim, um alívio de tensões a fim de evitar que a folha de vidro se rompa. O recozimento é feito através da injeção de araquecendo a placa a 540°C, retirando as tensões permanentes nas

zonas de pré-recozimento e recozimento e a 480°C são retiradas as tensões permanentes na zona de pós-recozimento.

Depois dessa explanação, seguem-se os seguintes questionamentos:

Por que se deve usar fundentes na produção de vidros?

Qual a função dos agentes modificadores na produção de vidros?

Qual a função dos agentes de refino na produção de vidros?

[...]

Descrevam o método de estiramento ou flutuação, usado na fabricação de vidros planos (MORTIMER; MACHADO, 2013c, p. 294).

Sendo assim, o único livro didático que abordou o tema vidro na produção de embalagens e chapas de vidro principalmente, sobre a composição química foi o livro *Química* (MORTIMER; MACHADO, 2013c), apresentando, assim, um avanço do nosso ponto de vista para educação científica e tecnológica do educando. Desta forma, o professor que tenha acesso a este material didático pode desenvolver um trabalho pedagógico profícuo. Contudo, os processos de fusão da mistura vitrificável e moldagem do vidro podem ser mais explorados proporcionando uma educação científico-tecnológica mais enriquecedora.

Conclui-se que os temas sobre materiais (vidro, metais e polímeros etc) podem ser apresentados nos livros didáticos como “temas estruturadores<sup>7</sup>”, pois estes permitem a convergência de alguns conhecimentos químicos, como o reconhecimento e caracterização de algumas transformações químicas. Sendo que o estudo da *Tecnologia Float* pode proporcionar a abordagem das reações de combustão/decomposição/formação de silicatos apresentadas num

---

<sup>7</sup> De acordo com os PCN+, “**tema estruturador** é uma maneira de selecionar e organizar os conteúdos a serem ensinados que permitem o desenvolvimento de um conjunto de conhecimentos de forma articulada, em torno de um eixo central com objetos de estudo, conceitos, linguagens, habilidades e procedimentos próprios. Tomando como foco de estudo as **transformações químicas** que ocorrem nos **processos naturais e tecnológicos** [...]” (BRASIL, 2002, p. 93, grifo nosso).

contexto tecnológico, além de permitir conexões com outros conceitos químicos da termoquímica (calores molares de combustão e de formação), estequiometria e propriedades físicas do estanho.

Para isso nos sustentamos nas “Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais” (PCN+/Ensino Médio) quando enfatiza que:

O estudo da produção industrial de algum material, como um **projeto disciplinar**, pode ser um exemplo interessante a ser trabalhado no desenvolvimento do **tema estruturador**<sup>7</sup> [**reconhecimento e caracterização das transformações químicas**], pois permite a integração de vários conhecimentos tratados nesse tema (BRASIL, 2002, p. 109-110, grifo nosso).

Sobre a necessidade de técnicas didáticas para promover a Educação CTS, Linsingen (2007) faz a seguinte proposição: “Um elemento chave da mudança da imagem da ciência e da tecnologia propiciado pelos ECTS consiste na renovação educativa, tanto em conteúdos curriculares como em metodologias e técnicas didáticas” (p. 8).

Nesta direção, o “tema estruturador” trabalhado no processo de ensino-aprendizagem como um *projeto disciplinar* pode proporcionar uma educação científica e tecnológica de excelência. Além disso, a técnica didática denominada “tema estruturador” tende a diminuir a fragmentação dos conceitos científicos durante o processo de ensino-aprendizagem.

A fim de possibilitar uma melhor visualização do processo *float*, há na internet especificamente, no endereço eletrônico: [www.youtube.com/watch?v=BsaHnZeM7oQ](http://www.youtube.com/watch?v=BsaHnZeM7oQ), um vídeo com duração de apenas seis minutos que pode ser um facilitador na compreensão da tecnologia *float*.

### 6.1.3 Impactos sociais e mudanças físico-ambientais

O texto 10, intitulado, “**Ciclo de vida dos vidros: para onde vão os vidros?**” no livro “*Química*” (MORTIMER; MACHADO, 2013c) consta a seguinte observação sobre a produção de lixo (vidro): “os vidros constituem cerca de 2% do total de lixo doméstico da cidade de São Paulo, o que equivale a um descarte de aproximadamente 7 000 toneladas/mês” (p. 294). Em seguida os autores apresentam alguns benefícios oriundos da reciclagem do vidro:



A reciclagem de vidros é importante tendo-se em vista que sua produção envolve a utilização de matérias-primas extraídas da natureza. Além disso, reciclar vidros contribui para a economia de energia, pois para produzir 1 kg de vidro novo são necessários 4 500 quilojoules (kJ), ao passo que para promover a fusão de 1 kg de vidro reciclado necessita-se de apenas 500 kJ (MORTIMER; MACHADO, 2013c, p. 295).

Por meio desse parágrafo, os autores trazem um importante dado referente a aspectos energéticos já que inserção de cacos de vidro na mistura vitrificável gera a economia do combustível (gás natural, óleo diesel, GLP) para transição vítrea.

Contudo há alguns silêncios como: — *Qual é quantidade de matéria prima que deixa de ser extraída da natureza com a adição de caco na mistura vitrificável? Qual é a redução da emissão de gás carbônico ao adicionar caco de vidro?* Com adição de caco no processo de fusão há um decréscimo na temperatura de fusão e a utilização de uma taxa de 10% de caco pode gerar um ganho energético de cerca de 5% e uma redução de 5% na emissão de CO<sub>2</sub>. A utilização de uma tonelada de cacos pode gerar uma economia por volta, de 1.2 toneladas de matérias primas. Desta forma, é reduzida à extração das matérias primas e ocorre diminuição do uso de combustíveis fósseis representando uma economia para as empresas e também reduzindo a emissão de gás carbônico para a atmosfera.

Posteriormente, os autores Mortimer e Machado (2013c) apresentam dados relevantes sobre a reciclagem em nosso país sendo que dados da Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro (Abividro) indicam que o índice de reciclagem de vidros no Brasil vem aumentando. “Passou de 15% em 1991 para 47% em 2010” (p. 295). Na sequência, os autores enfatizavam sobre a reciclagem do vidro, onde “esse processo [reciclagem do vidro], já utilizado com eficiência em escala industrial, tem a vantagem de possibilitar a diminuição da energia necessária para a fundição” (p. 295). Por fim, acrescentam que “outros métodos em estudo pretendem utilizar a sucata de vidro moído e/ou em cacos em substituição a uma porcentagem dos agregados para a produção de cimento Portland, [...]” (p. 295).

A reciclagem também tem uma importante função social na geração de empregos sendo, portanto um fator socioeconômico já que o vidro é um material que pode ser reciclado inúmeras vezes. No entanto durante o processo de reciclagem é necessário ressaltar as condições de

trabalho oferecidas aos empregados como a necessidade de equipamentos de proteção individual, EPI, na defesa contra situações perigosas, pois, o vidro é um material que apresenta alto poder cortante.

A reciclagem do vidro, desta maneira, além de atender a um importante aspecto ambiental, também se torna um relevante fator socioeconômico na geração de empregos. No entanto, a população organizada precisa acompanhar as ações dos gestores públicos, para que estes apresentem programas de coleta eficientes e uma logística de transporte de materiais recicláveis de boa qualidade, assim como ocorre na Alemanha.

Na contramão, dos benefícios sociais e ambientais derivados da reciclagem do vidro, é pertinente ressaltar que a automação nas indústrias de vidro plano (*tecnologia float*) trouxe a redução de postos de trabalho. Por exemplo, até o final do século passado havia dois técnicos que trabalhavam na preparação da mistura vitrificável, setor na indústria conhecido como matéria prima, e outro técnico que operava o forno. No entanto, a partir do início deste século houve o processo de automação no setor de preparação da mistura vitrificável, onde somente um técnico opera simultaneamente o forno e o setor da matéria prima. Ou seja, o processo de automação, somente neste setor, ocasionou a diminuição de dois postos de trabalho.

Sobre o processo de redução de postos de trabalho, Dagnino (2010c), faz o seguinte apontamento:

Ele [indicador de produtividade] implica que se esteja sempre considerando mais produtiva uma empresa que diminui o denominador da fração produção por mão de obra ocupada. Assim, por exemplo, se uma empresa consegue diminuir a mão de obra numa proporção maior do que diminuiu sua produção, ela se torna mais “produtiva”. Não importa se o que fez foi “enxugar” o pessoal mediante uma reorganização do processo de trabalho que possibilita que um mesmo trabalhador tenha de desempenhar uma tarefa antes realizada por dois. Quando o indicador de produtividade é estimado em termos monetários, revela-se ainda mais enviesado (p. 55).

Ou seja, a Tecnologia Convencional presta um desserviço social, sendo uma poupadora de postos de trabalho, e “cada vez que uma

empresa consegue diminuir o valor de sua folha de pagamento [...] torna-se mais “produtiva” (DAGNINO, 2010c, p. 55).

Ainda, sobre o enfraquecimento social devido ao progresso técnico durante a globalização, Milton Santos (2013) faz a seguinte consideração:

A globalização marca um momento de ruptura nesse processo de evolução social e moral que se vinha fazendo nos séculos precedentes. É irônico recordar que o progresso técnico aparecia, desde os séculos anteriores, como uma condição para realizar essa sonhada globalização com a mais completa humanização da vida no planeta. Finalmente, quando esse progresso técnico alcança um nível superior, a globalização se realiza, mas não a serviço da humanidade (p. 64-65).

O processo de automação em certa medida provoca regressão social, ao ocasionar a diminuição de postos de trabalho, ou seja, eleva-se o número de desempregados. Contudo, a automação industrial promove enriquecimento social, ao substituir o trabalhador em condições perigosas, insalubres e que provocam lesões por esforços repetitivos. Por exemplo, na própria indústria vidreira, a automação é de grande importância especificamente, no empilhamento das chapas de vidro por meio de ventosas.

Segundo Penna (1999), “a “robotização industrial”, a reestruturação das empresas, a alta competição pelo mercado e outras causas reduzem a oferta de trabalho” (p. 160). E, mais, “essa é uma característica do modelo de desenvolvimento econômico adotado pela civilização industrial: *riqueza e desemprego crescentes*, como crescentes são a violência, o número dos sem-teto, a toxicomania e a alienação social” (PENNA, 1999, p. 160, *italico nosso*). E, assim, “a pobreza tanto quanto o desemprego são considerados como algo “natural”, inerente a seu próprio processo” (SANTOS, M., 2013, p. 59).

Caminhando nesta direção, Paulo Freire (1996) faz a seguinte análise:

A capacidade de penumbrar a realidade, de nos “miopizar”, de nos ensurdecer que tem a ideologia faz, por exemplo, a muitos de nós, aceitar docilmente o discurso cingidamente fatalista neoliberal que proclama ser o desemprego no mundo uma desgraça do fim de século. Ou que os

sonhos morreram e que o válido hoje é o “pragmatismo” pedagógico, é o treino técnico-científico do educando e não sua formação de que já não se fala. Formação que, incluindo a preparação técnico-científica, vai mais além dela (p. 126).

Desta forma, o discurso neoliberal faz nos acreditar que “de que não há nada a fazer mas seguir a ordem natural dos fatos. Pois é como algo natural ou quase natural que a ideologia neoliberal se esforça por nos fazer entender a globalização e não como uma produção histórica” (FREIRE, 1996, p. 127).

Passet (2003) faz críticas severas ao processo de automatização industrial e ao mesmo tempo aponta para uma solução por meio desta citação, que apesar de extensa, aponta para a ideologia das empresas relacionada à redução da mão de obra:

Entre as cinco mil horas de trabalho anual cumpridas pelo operário do meado do século XIX e as menos de mil e seiscentas horas contemporâneas, temos de reconhecer que a máquina permitiu proezas que estes senhores pretendem prolongar no tempo. Seu credo em favor da flexibilidade não aponta precisamente nesta direção? Menos trabalho para conseguir produção maior. Outros poderiam ter pensado em diferentes formas de flexibilidade, voltadas, por exemplo, para a organização do sistema produtivo. Mas quando alguém quer o bem do próximo, nada pode detê-lo. É para o trabalho que se volta essencialmente o seu empenho. Para não ser mesquinho, foram desenvolvidas técnicas, como o *reengineering*, que permitem fazer economias espetaculares de mão de obra (p. 72).

Com a onda avassaladora do desemprego em escala mundial, pode ser formulada a seguinte pergunta: — *Por que se instala a política da redução da mão de obra nas grandes empresas?* De acordo com Milton Santos (2013), “nos últimos cinco séculos de desenvolvimento e expansão geográfica do capitalismo, a concorrência se estabelece como regra. Agora, a competitividade toma o lugar da competição” (p. 46). Ou melhor, a competitividade acirrada entre as empresas provoca a guerra empresarial originada pela alta disputa por mercados e, “Daí as fragmentações resultantes. Daí a ampliação do *desemprego*. Daí o

abandono da *educação*” (SANTOS M., 2013, p. 48, *itálico nosso*). Assim sendo, a *competitividade* entre as empresas traz o empobrecimento dos direitos sociais especificamente, o aumento da taxa de desemprego.

Por meio da citação supracitada conclui-se que o mar revoltoso, causado pela redução da mão de obra, poderia ter seu estado alterado para um de constante bonança caso houvesse a flexibilidade organizacional e, assim, acarretaria na manutenção dos empregos e as lucratividades das empresas seriam mantidas. Contudo, é necessário haver uma política empresarial voltada para manutenção dos postos de trabalho, porém esta não tem sido almejada pelos “senhores do progresso”. E, assim, a falta de solidariedade social continua reinando, e os postos de trabalho sendo eliminados.

Para finalizar sobre o assunto desemprego, nos apoiamos em Paulo Freire (1996):

O desemprego no mundo não é, como disse e tenho repetido, uma fatalidade. É antes o resultado de uma globalização da economia e de avanços tecnológicos a que vem faltando o *dever ser* de uma ética realmente a serviço do ser humano e não do lucro e da gulodice irrefreada das minorias que comandam o mundo (p. 130).

Caminhando nesta direção, conclui-se que o progresso científico e tecnológico especificamente, o da automação industrial em certas situações torna-se um obstáculo para o progresso social e, assim, verifica-se que a ciência e a tecnologia, neste caso, não apresentam um papel neutro, pelo contrário, está a favor da classe elitizada que desconsidera as necessidades de homens e mulheres. Parafrazeando, Paulo Freire (1996): “O progresso científico e tecnológico que não responde fundamentalmente aos interesses humanos, às necessidades de nossa existência, perdem, para mim, sua significação” (p. 130).

Um fator socioambiental de extrema importância que se encontra silenciado são as consequências advindas da extração da areia na região do Vale do Paraíba (SP). A extração de areia é causadora da degradação de vários rios, por exemplo, a extração de areia na várzea do rio Paraíba do Sul, nos estados de São Paulo e do Rio de Janeiro é um exemplo disso. Houve um substancial impacto causado pelo extrativismo de areia no balanço hídrico do vale do Paraíba do Sul a partir da seguinte análise:

A análise das imagens de satélite, [figura 3], indicou um crescimento da área das cavas de

192% no período analisado (1993 a 2003), enquanto a evaporação da lâmina d'água formada pela extração de areia em cava apresentou um crescimento na evaporação de 203%, no mesmo período. Essa diferença de 11% na proporção do crescimento entre a área das cavas e taxa de evaporação deve-se às variações climáticas ocorridas no período (REIS et al. 2006, p. 395).

Verifica-se então, que um crescimento na evaporação de 203% ocasionou “impactos nos diversos **usos conflitivos**, como o **abastecimento urbano e o cultivo de arroz irrigado** que é uma atividade tradicional na região” (REIS et al., 2006, p. 392, grifo nosso). A grande degradação gerada pela extração da areia entre as cidades de Jacareí e Pindamonhangaba, no estado de São Paulo, propicia à oportunidade de abordar na prática pedagógica o seguinte fator socioambiental que, neste caso, é: “*a perda de água para a atmosfera em 2003 seria suficiente para abastecer uma cidade [por um ano] com 326.318 habitantes*” (REIS et al., 2006, p. 394, grifo nosso).

Ou seja, a extração de areia trouxe desequilíbrios para o microclima da região, mostrando assim, ser um fator complicador para o abastecimento de água e o cultivo de arroz irrigado.

Cavas de areia em vermelho (1993)      Cavas de areia em vermelho (2003)

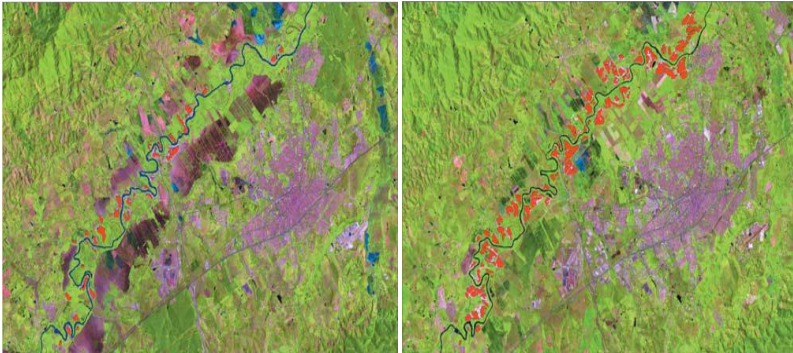


Figura 3: Imagens do sensor TM do satélite Landsat-5 e do sensor ETM+ do satélite Landsat-7, demonstraram um acentuado crescimento do número de cavas.

Outro fato relevante reside na formação de crateras alterando a paisagem da região, havendo a necessidade da revegetação a fim de proteger o solo das radiações UV solares e das intempéries pluviais. A

foto abaixo exemplifica a formação das cavas decorrentes da extração de areia na região do Vale do Paraíba:



Figura 4: Vista aérea da cava de areia á margem da Via Dutra no km 156 em Jacaref (SP). Foto: Thiago Leon, “Jornal O Vale” (Set., 2011).

Fazendo um paralelo sobre os danos causados à natureza, a escritora e bióloga Rachel Carson (2010) faz uma descrição de um fato de grande significado, onde certo juiz cita o protesto de uma senhora idosa contra os planos de pulverização da artemísia, planta medicinal, e, este formula a seguinte pergunta: “Entretanto, não era o direito dela de procurar um narciso ou um lírio-tigrino tão inalienável quanto o direito de um fazendeiro de procurar pastos, ou de um lenhador de reivindicar uma árvore?” (p. 72-73).

Nesta direção, segundo Lima (2011):

Politizar a questão e a educação ambientais supõe, portanto, a consideração do educando como portador de direitos e deveres, a abordagem do meio ambiente como bem público e o tratamento do acesso a um ambiente saudável como um direito de cidadania. Contudo, esse processo de conscientização ficaria incompleto se não incorporasse e estimulasse a participação social como uma prática objetiva que transforma a consciência cidadã em ação social ou cidadania participante (p. 141).

Neste sentido, fica evidente que a educação ambiental precisa impulsionar a participação cidadã organizada (conselhos comunitários) sobre questões ambientais envolvendo as atividades humanas e que, como cidadãos temos o direito de usufruir das belezas da natureza.

Por exemplo, os impactos socioambientais gerados pela extração da areia, como *reduções do volume de água para abastecimento urbano/irrigação de plantações de arroz*, podem ser problematizados.

Porém, também é necessário ressaltar que as atividades mineradoras sempre ocasionam alterações no meio ambiente, tornando-se vital, então, que as empresas mineradoras tenham compromisso ambiental de recuperar as áreas exploradas. Ou melhor, é necessário buscar a recuperação das áreas atingidas, a fim de minimizar os impactos sobre a fauna, a flora e o microclima da região.

A responsabilidade pela recuperação das reservas minerais é expressa pelo artigo 255, parágrafo 2 da Constituição brasileira de 1988, onde consta que “aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica pelo órgão público competente, na forma da lei” (BRASIL, 2015, p. 126).

Sobre a atuação do Estado em relação à política ambiental René Passet (2003) ressalta que “cabe naturalmente a cada país, por sua legislação interna, *impor o respeito dessas normas [sociais e ambientais] às empresas que atuam em seu território*. E cabe à coletividade internacional harmonizar essas legislações, segundo normas comuns, *nos níveis de proteção mais elevados*” (p. 96, *italico nosso*).

Ainda, sobre a questão da soberania nacional, Milton Santos (2013) ressalta que:

Com a globalização, o que temos é um território nacional da economia internacional, isto é, o território continua existindo, as normas públicas que o regem são da alçada nacional, ainda que as forças mais ativas do seu dinamismo atual tenham origem externa. Em outras palavras, a contradição entre o externo e o interno aumentou. Todavia, é o Estado Nacional, em última análise, que detém o monopólio das normas, sem as quais os poderosos fatores externos perdem eficácia (p. 76-77).

Nesta vertente, conclui-se que o Estado Nacional tem as rédeas para provocar mudanças sociais significativas, além de ser um protetor do meio ambiente, ou seja, redirecionar a história de um país, marcado pelas desigualdades sociais e desastres ambientais, para um de enriquecimento dos direitos sociais e proteção ao meio natural.

Assim, o aprofundamento das questões socioambientais e socioeconômicas oriundas do extrativismo mineral especificamente, da sílica, pode ser alcançado pelo diálogo entre as componentes curriculares geografia/química/sociologia no processo de ensino-aprendizagem, propiciando um estudo mais amplo e crítico sobre as



atividades mineradoras em solo brasileiro e o papel do Estado Nacional como agente protetor dos recursos naturais e dos direitos sociais.

A citação de Linsingen (2007) converge com o desenvolvimento das análises supracitadas:

A consolidação de uma educação tecnológica que contemple a abordagem CTS no conhecimento tecnocientífico, como aqui tratado, pode ser favorecida por meio de pelo menos duas ações concatenadas: a assunção curricular da interdisciplinaridade como necessidade para o tratamento pedagógico dos assuntos científicos, tecnológicos, sociais e ambientais, e o tratamento transversal da temática CTS na abordagem disciplinar das áreas técnicas, considerando suas relações sociotécnicas (p. 10).

Ou seja, para o trabalho pedagógico sobre as mudanças físico-ambientais e microclimáticas a componente curricular Geografia pode ser uma forte aliada para a compreensão dos impactos ambientais. Por sua vez, o tratamento dos assuntos sociais, geração de empregos provenientes da reciclagem do vidro e redução de empregos devido ao processo de automação nas fábricas de vidro plano (*processo float*), podem ser fontes de estudo conjuntamente com a componente curricular Sociologia.

## **6.2 ALUMÍNIO**

Os autores da coleção didática *Química* (MORTIMER; MACHADO, 2013a, 2013b e 2013c) optaram por abordar o tema “Metais” especificamente, o alumínio, a partir de quatro textos sendo eles: Texto 11 - “*Ciclo de vida do alumínio: produção da alumina*”, Texto 12 - “*Ciclo de vida do alumínio: produção do alumínio metálico*” e, o Texto 13 - “*Ciclo de vida do alumínio: reciclagem*” todos no volume três da coleção didática “*Química*” (MORTIMER; MACHADO, 2013c) especificamente, no capítulo 5, intitulado “*Química de materiais recicláveis*”. E, por último, o Texto 12 – “*Estudando o alumínio – vantagens e riscos*” no volume dois, no capítulo 5, denominado “*Movimento de elétrons: uma introdução ao estudo da eletroquímica*” (MORTIMER; MACHADO, 2013b).

## 6.2.1 Um processo metalúrgico: Processo Bayer

O texto 11 inicia informando as localizações geográficas das reservas de alumínio no Brasil:

A produção do alumínio começa com a extração de bauxita, que contém de 35% a 55% de óxido de alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). A terceira maior reserva do mundo está localizada na Amazônia. No Brasil, reservas de alumínio podem também ser encontradas na região Sudeste, em Poços de Caldas e Cataguases, cidades de Minas Gerais (MORTIMER; MACHADO, 2013c, p. 295).

As localizações geográficas são importantes, pois permitem identificar às regiões do Brasil ricas desse minério onde posteriormente, serão analisados os efeitos maléficos causados as comunidades ribeirinhas da cidade de Barcarena no estado do Pará (PA) devido às atividades de produção da alumina. Em seguida é apresentado o processo de mineração da bauxita da seguinte forma:

O processo de mineração da bauxita compreende a remoção da vegetação e do solo e beneficiamento do minério. Essa etapa envolve a britagem, a lavagem do minério com água para redução do teor de sílica e a secagem. Após esse processo, a bauxita é enviada para uma indústria de produção da **alumina** ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), óxido de alumínio de elevada pureza (MORTIMER; MACHADO, 2013c, p. 296).

Os autores iniciam referindo-se ao processo de remoção da vegetação e do solo, comumente conhecido como *lavra*, que consiste na extração do minério propriamente dito. Essa etapa promove uma alteração na flora e no relevo e, é pertinente promover a seguinte questão: — *Como são realizadas as etapas de extração e reabilitação do solo?* Antes da retirada do minério a camada superior do solo, 10 a 50 cm, é removida e armazenada para uso posterior no processo de recuperação da área lavrada (MOURA et al., 2008, p. 11). A bauxita encontra-se entre 2 a 10 metros de espessura e, a extração da bauxita é feita por intermédio de “retroscavadeiras hidráulicas, que permitem que se explore seletivamente o terreno a diferentes profundidades, para que haja o melhor aproveitamento possível do minério disponível e menor dano ao solo” (MOURA et al., 2008, p. 12). Posteriormente, “o minério extraído é então transportado para a planta de beneficiamento por

carretas basculantes com capacidades que variam entre 10 e 30 toneladas” (MOURA et al., 2008, p. 12).

A reabilitação do solo, de acordo com Moura et al. (2008) é realizada da seguinte forma:

Uma vez concluída a mineração de determinada área, procede-se então à sua reabilitação, de forma que retome da melhor maneira possível o seu estado natural. Primeiramente, são construídas bancadas intermediárias para correção do relevo e poços de decantação para controle da erosão e o solo original é então recolocado. Feito isso, inicia-se a reposição gradual da vegetação, através da inserção de gramíneas, espécies pioneiras e, finalmente, a vegetação perene, composta por árvores nativas e nobres (p. 12).

A explicação sobre a reabilitação do solo é importante para educação ambiental e, assim, levar ao conhecimento do educando como é feito o gerenciamento ambiental das áreas lavradas pelas mineradoras. No processo de ensino-aprendizagem é importante ressaltar a ação positiva das mineradoras ao reabilitar o solo para minimizar os efeitos causados pela extração da bauxita.

Logo em seguida, no livro “*Química*” de Mortimer e Machado (2013c), consta como é realizada a produção da alumina com os seguintes apontamentos:

O processo começa com a preparação das matérias-primas e posteriores etapas de digestão, clarificação/filtração e precipitação do hidrato para, em seguida, ser calcinado e convertido em alumina.

A primeira etapa desse processo é a moagem do minério. Como o minério utilizado é proveniente de diferentes jazidas, é necessário, inicialmente fazer, um processo de homogeneização, chamado **blendagem**. Assim, o minério que entrará no processo Bayer apresenta, em média, 45% de  $Al_2O_3$  disponível e aproximadamente 4% de sílica reativa (caulinita). Em seguida, a moagem é feita em um moinho de barras. Ao final do processo obtém-se uma pasta moída e com a granulometria ideal para início da digestão.

Granulometria é a palavra usada para designar o tamanho médio dos grãos de qualquer material,

resultado normalmente de uma moagem, de acordo com faixas pré-estabelecidas de tamanhos de grãos (p. 296).

Os autores abordam a etapa inicial da preparação da matéria-prima, sendo também chamada de cominuição, consiste na redução do tamanho do minério bruto e, segundo, Moraes, Albuquerque e Ladeira (2014) são realizadas em duas etapas, a saber: britagem e moagem. A britagem é a primeira etapa e “atua na faixa granulométrica de tamanhos maiores (do metro ao centímetro)” (p. 10). Ainda, conforme Moraes, Albuquerque e Ladeira (2014) “os equipamentos empregados apresentam grande robustez sendo utilizados normalmente britadores de mandíbulas, de impacto, de rolo dentado, de rolo liso, giratório, cônico etc” (p. 10).

Na continuidade do processo utiliza-se a moagem que “atua na faixa granulométrica do centímetro ao micrômetro sendo utilizados moinhos de meios revolventes, que são cilindros rotativos em que a fragmentação do minério é realizada no seu interior pela ação de corpos moedores tais como bolas, [diâmetro varia entre 2,5 cm e 7,5 cm], barras ou fragmentos do próprio minério” e, ainda, “os moinhos são fabricados com materiais metálicos, em geral, aços especiais e alguns tipos de ferro fundido, cerâmica e com revestimento de borracha” (MORAIS; ALBUQUERQUE; LADEIRA, 2014, p. 10). A moagem pode ser realizada a seco e em circuito aberto ou fechado e em conjunção com grelhas e peneiras vibratórias, Araújo (2006 apud MORAIS; ALBUQUERQUE; LADEIRA, 2014, p. 10).

Na sequência, são apresentadas fotos de um cilindro rotativo ou moinho:



Figura 5: Moinho ou cilindro horizontal rotativo para realização da moagem da bauxita.



Figura 6 - Parte interna de um moinho de bolas.

A rotação desse cilindro promove o cascadeamento das esferas, e as ações combinadas de choque e cisalhamento provocam a redução do tamanho do minério bruto (MOURA et al., 2008, p. 13).

E, assim, “o processo de cominuição é realizado com o objetivo de promover a liberação dos minerais, gerando partículas individualizadas, apropriadas para uso na etapa de concentração” (MORAIS; ALBUQUERQUE; LADEIRA, 2014, p. 10).

Os autores, Mortimer e Machado (2013c), citam a etapa da digestão utilizando-se inclusive do dispositivo da antecipação quando explicam sobre o tamanho médio dos grãos, granulometria, e sua importância para o processo da digestão. Segundo, Morais, Albuquerque e Ladeira (2014):

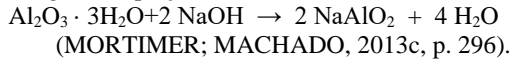
As etapas de classificação por tamanho envolvem operações de peneiramento e classificação em meio fluido onde são realizadas com o objetivo de adequar, juntamente com as etapas de cominuição, a granulometria dos minérios para um estágio posterior de concentração (p. 10).

Sendo assim, obtêm-se dois produtos, a saber: *underflow* (tamanhos maiores) e, o *overflow* (tamanhos menores).

Na continuidade do processo de digestão, os autores informam sobre a redução do teor de sílica:

No processo de digestão do minério ocorre a redução do teor de sílica. A reação do minério com hidróxido de sódio concentrado (NaOH) é

feita a uma temperatura de aproximadamente 150 °C. A solução alcalina reage com óxido de alumínio hidratado ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) e produz o aluminato de sódio ( $\text{NaAlO}_2$ ), como representado na seguinte equação:



Outra antecipação trata da explicação sobre a redução do teor de sílica,  $\text{SiO}_2$ , como impureza e da temperatura de processamento, a saber, 150 °C. Ainda, segundo Moura et al. (2008), “as condições em que se processa a digestão (concentração, temperatura e pressão), variam de acordo com as propriedades da bauxita. Plantas modernas comumente operam em temperaturas entre 200 e 240 °C, e pressão em torno de 30 atm” (p. 14). O processo de digestão da bauxita também traz à tona a polissemia, pois, sabe-se também de outro significado, a saber, da digestão alimentar.

A fim de facilitar o entendimento sobre as transformações químicas faz-se necessário incluir os estados físicos dos reagentes e produtos nas equações químicas, onde, é importante adicionar a simbologia (aq), ou seja,  $\text{NaOH}_{(aq)}$ .

Na continuidade do *processo Bayer*, aborda-se o processo de clarificação, onde “ocorre a remoção dos resíduos sólidos resultantes do processo de digestão da bauxita” (MORTIMER; MACHADO, 2013c, p. 296). Posteriormente, cita-se que a “a clarificação do licor é realizada em duas etapas: espessamento e filtração. Na etapa de precipitação, o licor, livre dos resíduos sólidos não solúveis, será reconvertido ao óxido de alumínio hidratado ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) em uma reação inversa à digestão” (MORTIMER; MACHADO, 2013c, p. 296).

Na sequência, fazem o seguinte apontamento sobre o processo da precipitação:

Para iniciar a precipitação, é necessária a redução da temperatura e a adição de sementes que funcionarão como agentes nucleantes, facilitando a nucleação do óxido de alumínio hidratado em torno dessas sementes e o crescimento desses cristais. A reação é representada pela equação a seguir:



A precipitação é uma das etapas mais importantes do processo, pois a qualidade obtida pelo hidrato resultará, posteriormente, nas qualidades finais da alumina. De modo geral, espera-se que o produto

resultante da precipitação consiga gerar uma alumina que atenda às expectativas. Além disso, é ainda necessário um alto rendimento de hidrato por unidade de volume de licor e que o número de partículas formadas por nucleação seja igual ao de partículas removidas do sistema por aglomeração e crescimento, ou por dissolução (MORTIMER; MACHADO, 2013c, p. 296).

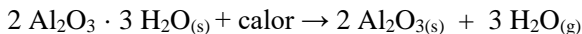
Aqui, a abordagem da etapa denominada precipitação é informada enfatizando a redução da temperatura e da importância dos agentes nucleantes para o crescimento dos cristais de óxido de alumínio hidratado e, assim, produzir uma alumina que atenda às expectativas. E, segundo, Moura et al. (2008) utilizam-se germens de gibsita como agentes nucleantes (p. 14).

Ainda, sobre a clarificação Moura et al. (2008) ressaltam que:

A clarificação é uma das etapas mais importantes do processo, nela ocorre a separação entre as fases sólida (resíduo insolúvel) e líquida (licor). Normalmente as técnicas empregadas envolvem espessamento seguido de filtração. O espessamento é um processo de decantação, em que o resíduo proveniente da digestão é encaminhado para unidades denominadas de espessadores/lavadores. O objetivo destas unidades é adensar o resíduo, aumentando seu teor de sólidos, para recuperar a maior quantidade de NaOH possível e fornecer um "overflow" para a filtragem. (p. 14-15).

Para finalizar, os autores informam que a calcinação é a etapa final para a obtenção da alumina e envolve a transformação do hidrato em um mistura cristalina de formas alotrópicas de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  onde inicialmente, o hidrato recém-chegado da precipitação é lavado e filtrado, seguindo então para secagem e calcinação (MORTIMER; MACHADO, 2013c, p. 297).

Sobre a reação de calcinação há a seguinte equação química com os respectivos estados físicos, facilitando assim, o entendimento da transformação química:  $2 \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}_{(s)} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_{3(s)} + 3\text{H}_2\text{O}_{(g)}$  (MORTIMER; MACHADO, 2013c, p. 297). Contudo, há um equívoco, pois segundo a equação química apresentada são dois mols de alumina nos reagentes e, depois da calcinação é produzido um mol de alumina. Assim, a equação química pode ser apresentada da seguinte forma:



Na sequência, os autores apresentam a seguinte questão: “Descrevam as etapas envolvidas na produção de alumina, segundo o processo Bayer” (MORTIMER; MACHADO, 2013c, p. 297). Sobre o questionamento feito verifica-se que há um processo de descrição das etapas para produção da alumina e um avanço no Ensino de Química ao abordar as diferentes etapas do *processo Bayer* como também informar as localizações geográficas das jazidas de bauxita em solo brasileiro, porém, acredita-se ser necessário suscitar discussões críticas sobre os impactos sociais e ambientais gerados principalmente, no processo de digestão da bauxita especificamente, sobre a produção da lama vermelha a qual será apresentada na categoria a seguir.

### 6.2.2 Impactos sociais e ambientais do Processo Bayer

Com relação ao processo de beneficiamento da bauxita especificamente, na etapa da digestão, pode ser formulado o seguinte questionamento: — *Quais são os impactos ambientais gerados pela reação do minério da bauxita com hidróxido de sódio concentrado ao meio ambiente?* Por exemplo, de acordo, com o Relatório de Acidentes Ambientais 2009 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), houve um grave sinistro envolvendo o efluente líquido, *lama vermelha*, proveniente do processo de digestão da empresa ALUNORTE. A citação a seguir, apesar de extensa, permite a elucidação do fato supracitado:

No dia 27 de abril do ano de 2009, o transbordamento da bacia de rejeitos da empresa ALUNORTE localizada no município de Barcarena, região metropolitana de Belém/PA, causou o lançamento de rejeitos industriais no rio Murucupi. Esse rejeito, conhecido popularmente como “lama vermelha”, era oriundo do beneficiamento da bauxita, no processo de separação do alumínio de outros componentes. Para a realização desse processo, é utilizada principalmente soda cáustica, substância altamente alcalina, que faz com que a essa lama seja corrosiva e tóxica. Ao que tudo indica, a forte chuva que caiu na região no dia anterior teria sobrecarregado uma das bacias de rejeitos, fazendo com que ela transbordasse para a floresta ao seu redor e, conseqüentemente, para as



nascentes da região. A partir de denúncia, equipes de fiscalização do IBAMA e também membros do COPAEM [Comitês de Prevenção e Atendimento a Emergências Ambientais] se deslocaram ao local do acidente nos dias 27 e 28 de abril para constatação da ocorrência, enfrentando sérias dificuldades para sobrepor os empecilhos à vistoria impostos pela empresa, que negava veementemente a existência de qualquer vazamento, transbordo ou rompimento em suas bacias de efluentes.

No dia 28 de abril, as equipes de fiscalização conseguiram adentrar ao local da denúncia e concluir a inspeção. **Foi localizado e constatado o transbordo do canal, que continuava a verter água sem tratamento para o meio ambiente em vários locais.** Não foi observada pela equipe de fiscalização do IBAMA nenhuma providência para conter o vazamento e nenhum funcionário da ALUNORTE trabalhava nos locais de transbordo (BRASIL, 2010, p. 19-20, grifo nosso).

Antes é preciso explicar que o efluente recebe esta denominação, “lama vermelha”, devido à presença de elevado teor de óxidos de ferro não solubilizados.

Ainda, no mesmo relatório do IBAMA (BRASIL, 2010) constam fotos que foram retiradas como forma de documentar o transbordo das bacias de rejeitos.



Figura 7: Detalhes do local de transbordo da bacia de rejeito, fato que foi negado pelos funcionários da ALUNORTE (Barcarena, PA).

Acidentes ambientais como estes evidenciam a falta de responsabilidade ambiental neste caso específico, da empresa ALUNORTE, capital japonês. Na tentativa de conter o transbordo foram colocados sacos de areia recobertos com manta PEAD, polietileno de alta densidade (BRASIL, IBAMA, 2010, p. 20). Para finalizar, segundo o engenheiro químico responsável pelo tratamento do efluente da empresa ALUNORTE, todo efluente oriundo das bacias de rejeitos deve obrigatoriamente passar pela estação de tratamento antes de ser lançado ao meio ambiente, mas que o tratamento dos efluentes não estava acontecendo devido às fortes chuvas que ocorreram no dia anterior, fazendo com que esses fossem despejados sem tratamento no rio Pará (BRASIL, 2010, p. 20).

A fim, de visualizar melhor a situação foi retirada a seguinte foto pelos peritos do IBAMA da bacia de rejeito:



Figura 8: Vista superior da bacia de rejeitos – ALUNORTE – Barcarena (PA).

Este evento mostra uma face cruel suscitada pela atividade industrial irresponsável especificamente, sobre a digestão do alumínio, onde Milton Santos (2013) enfatiza que “[...] frequentemente, a ciência passa a produzir aquilo que interessa ao mercado, e não à humanidade em geral, o progresso técnico e científico não é sempre um progresso moral” (p. 65). Ou ainda, segundo Dagnino (2010c) “ela [Tecnologia Convencional] é ambientalmente insustentável, porque o capitalismo não considera a deterioração do meio ambiente como custo, como vocês sabem, em sua contabilidade” (p. 56). E, vale ressaltar que, “mais que os outros, os países opulentos eximem-se de integrar a seus preços o conjunto dos custos sociais e ambientais por que são responsáveis” (PASSET, 2003, p. 99). Ou em outras palavras, a falta de investimento financeiro na tecnologia de tratamento de efluentes, neste caso, da lama vermelha, é um indicativo da tendência político-ideológica das empresas estrangeiras ao serem negligentes em relação à gestão dos efluentes líquidos.

Sobre esta tendência, Rachel Carson faz um alerta sobre o descuido com o meio ambiente, pois, “as gerações futuras provavelmente não perdoarão nossa falta de preocupação prudente com a integridade do mundo natural que sustenta toda a vida” (CARSON, 2010, p. 28).

A gestão ambiental da empresa supracitada é um exemplo claro da ideologia intitulada por Beck (2011) de “superação da multiplicação dos riscos”:

Mas o que conta decisivamente em favor disso é uma *sintomática e simbólica* “superação” do risco. Os riscos precisam *aumentar* com sua superação. Na verdade não devem ser superados em suas causas, em suas fontes. Tudo deve acontecer no âmbito da *cosmética* do risco: embalagem, mitigações sintomáticas da poluição, instalação de filtros purificadores ao mesmo tempo em que se mantêm as fontes poluidoras. Ou seja, nada *preventivo*, mas apenas uma indústria e uma política simbólicas de superação da multiplicação dos riscos (p. 68).

Resumindo, pode-se dizer que a falta de contenção da bacia de rejeitos da lama vermelha, da empresa ALUNORTE, torna-se um exemplo claro de “superação da multiplicação dos riscos”. Ou em outras palavras, não há nenhuma ação preventiva que evite o transbordo da bacia de rejeito e a contaminação dos recursos hídricos, somente um abrandamento que reflete a inexistência de uma gestão ambientalmente prudente. Na contramão desta vertente, as empresas produtoras de alumínio primário poderiam optar por outros métodos mais modernos de disposição da lama vermelha, a saber: tratamentos conhecidos como “secos” ou “semi-secos” (MOURA et al., 2008, p. 18).

Outro sinistro que exemplifica a “superação da multiplicação dos riscos” ocorreu, em março de 2008, na empresa IMERYS RIO CAPIM CAULIM, capital francês, Barcarena (PA), contaminando o rio Murucupi, onde a coordenadora do Laboratório de Química Analítica e Ambiental da Universidade Federal do Pará (UFPA), Simone Pereira<sup>8</sup>, afirmou por intermédio do Portal EcoDebate (2008) que:

As bacias não têm contenção efetiva. À medida que sobrecarregam, vão vaziar. Pelo excesso de

---

<sup>8</sup> Notícia fornecida por Simone Pereira através do Portal EcoDebate, em Barcarena (PA), em março de 2008.

material manipulado e pela chuva, a tendência é acontecer outros vazamentos. Não é uma estrutura que tenha sido impermeabilizada para isso. Quem conhece a área e já viu as bacias vazias percebe que apenas cavaram um buraco.

Sobre o vazamento ocorrido no rio Murucupi, Pereira et al. (2007) realizaram um estudo químico, baseado no conhecimento de alguns elementos tóxicos presentes na água do rio supracitado. Pereira et al. (2007) informam que:

A “lama vermelha” é o nome dado ao resíduo insolúvel que resta após a digestão da bauxita pelas soluções de hidróxido de sódio, na fabricação de alumina pelo processo Bayer. O rejeito contém bauxita original, ferro e titânio sob a forma de óxido e toda a sílica e parte do alumínio combinado com o sódio sob a forma de um silicato de hidratado de alumínio e sódio de natureza zeolítica. Porém, a produção de lama vermelha pelas fábricas de alumina *constitui um problema ambiental de proporções consideráveis, devido às proporções do volume de lama vermelha gerado em uma fábrica de alumina típica e sua causticidade* (p. 65, itálico nosso).

Pereira et al. (2007), ainda, complementam que “uma fábrica de alumina pode gerar 0,5-2,0 toneladas de sólidos secos de lama vermelha para cada tonelada de alumina produzida. Além disso, até 2 toneladas de licor cáustico de 5-20 g/L (como Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) podem acompanhar cada tonelada de sólidos secos de lama” (p. 65). Na Tabela 3, é apresentada a composição química da lama vermelha, Santos (1989 apud PEREIRA et al., 2007, p. 65).

Tabela 2: Composição química da lama vermelha.

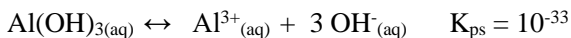
Constituinte	Teor (%)	Constituinte	Teor (%)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,42	Na <sub>2</sub> O	3,36
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	51,65	MgO	0,64
TiO <sub>2</sub>	7,49	CaO	1,78
SiO <sub>2</sub>	4,44		

Fonte: Santos (1989).

No estudo químico de Pereira et al. (2007), sobre o rio Murucupi, “foram analisados os seguintes elementos: alumínio, bário, cálcio, cádmio, cromo, cobre, ferro, potássio, magnésio, manganês, molibdênio, sódio, níquel, chumbo, estrôncio e zinco” (p. 76). De acordo com os

laudos técnicos os elementos químicos “alumínio (356,0 µg/L) e o ferro (1.080,0 µg/L) apresentaram valores de concentrações 3,56 (Al) e 3,60 (Fe) vezes maiores que o permitido pela resolução 357/05 do CONAMA (<100 e <300 µg/L respectivamente)” (PEREIRA et al. 2007, p. 76).

O pH, potencial hidrogeniônico, encontrado nas águas do rio Murucupi foi na média (13 pontos de coleta) de 5,21, valor abaixo da faixa estabelecida pela resolução 357 do CONAMA (pH 6,0 – 9,0), ocasionando um aumento da solubilidade do alumínio, pois em águas naturais com pH variando entre 6 a 9 a solubilidade do íon alumínio é de 27µg/L (PEREIRA et al, 2007, p. 76). Este fato se dá porque a solubilidade do alumínio (Al<sup>3+</sup>) é controlado pela solubilidade do hidróxido de alumínio, Al(OH)<sub>3</sub>, segundo a seguinte equação:



Assim sendo, quando o pH encontra-se abaixo de 6,0 ocorre a dissociação dos íons alumínio e hidroxila, ou melhor, provoca um aumento da concentração dos íons alumínio (Al<sup>3+</sup>) e um aumento do pH. “Portanto, o alumínio é mais solúvel em águas ácidas (pH < 6) do que aquele em que o pH não é menor que 6 ou 7” Baird (1999 apud PEREIRA et al., 2007, p. 76). Ainda, de acordo com Pereira et al. (2007):

O alumínio solubilizado nas águas dos rios que apresentam pH com caráter ácido, quando em contato com as guelras dos peixes provoca o aumento do pH e a formação do Al(OH)<sub>3</sub> pouco solúvel nas guelras, o que acaba por matar os peixes sufocados. **Os valores encontrados neste trabalho<sup>9</sup> para o alumínio são 13,2 vezes**

---

<sup>9</sup> O trabalho de Pereira et al. (2007), avaliou as condições químicas do rio Murucupi em relação aos parâmetros físico-químicos e à presença de elementos químicos na água e suas correlações. O rio Murucupi localiza-se na região amazônica próxima a uma planta de produção de alumínio. Foram selecionados 13 pontos ao longo do rio. Foram analisados os macroelementos, microelementos, elementos traço (Ca, Mg, Na, K, Fe, Al, Ba, Mn, Sr, Zn, Ni, Pb e Cu) e os parâmetros físico-químicos, acidez, alcalinidade total, matéria orgânica, pH, turbidez, temperatura, condutividade, oxigênio dissolvido (OD) e dureza total. Quanto aos elementos químicos somente o alumínio (Al: 356,04 µg/L) e o ferro (Fe: 1080,80 µg/L), estiveram em não conformidade com a legislação. Os resultados apontaram para uma possível influência antropogênica na contaminação dos rios da Amazônia por efluentes da produção do alumínio.

**maiores que os valores normais encontrados em águas naturais** (p. 76, grifo nosso).

Além, de causar a mortandade de peixes, outro fator complicador, é que a ingestão de alumínio através da água consumida está associada segundo estudos científicos à causa da doença de Alzheimer. Por sua vez, “o ferro em altas concentrações pode afetar a saúde humana, pois pode catalisar quimicamente a oxidação de lipídios e outras biomoléculas” Bast (1991 apud PEREIRA et al., 2007, p. 77).

O rio Murucupi tem uma grande importância para as comunidades ribeirinhas, pois suas águas “são destinadas tanto para abastecimento urbano, cidades de Barcarena e Vila do Conde (PA), onde se faz tratamento convencional, quanto para suprir as necessidades de populações ribeirinhas” (PEREIRA et al., 2007, p.64). Caminhando na mesma direção, Beck (2011) faz o seguinte apontamento sobre as catástrofes químicas envolvendo a mortandade de peixes:

Num acidente nuclear ou numa catástrofe química, surgem assim, no estágio mais avançado da civilização, novas “manchas brancas” no mapa, monumentos àquilo que nos ameaça. Inclusive acidentes tóxicos, depósitos de lixo tóxico subitamente descobertos transformam distritos em “distritos *do lixo tóxico*”, a terra em torno em “terra *de ninguém*”. Contudo, também existem diversas variantes preliminares e insidiosas. O peixe proveniente de águas contaminadas ameaça não apenas as pessoas que o comem, mas também, *por causa disto*, os muitos que *dele* vivem (p. 47).

Desta forma, as comunidades que têm como fonte de subsistência a pesca tornam-se comunidades excluídas pela produção de alumínio, já que o peixe é um importante recurso pesqueiro.

Aqui, Beck (2011) esboça um fato importante referente às comunidades que dependem da atividade pesqueira para sua subsistência alimentar, ou mais, os sinistros supracitados corroboram com a sociedade de risco onde, “são principalmente as vizinhanças mais acessíveis aos grupos de menor renda da população, nas redondezas de centros de produção industrial, que são oneradas no longo prazo por conta de diversos poluentes no ar, na água e no solo” (BECK, 2011, p. 41-42). Ou em outras palavras, as comunidades locais pobres estão inseridas num mar de riscos tornando-se alvos das mazelas ambientais causadas pelas empresas mineradoras.

As agruras causadas pelas atividades antropogênicas, anteriormente citadas, confirmam a ideologia referente à política ideológica das empresas mineradoras:

Cada empresa, porém, utiliza o território em função dos seus próprios fins e exclusivamente em função desses fins. As empresas apenas têm olhos para os seus próprios objetivos e são cegas para tudo o mais. Desse modo, quanto mais racionais forem as regras de sua ação individual tanto menos tais regras serão respeitadas do entorno econômico, social, político, cultural, moral ou geográfico, funcionando, as mais das vezes, como um elemento de perturbação e mesmo de desordem (SANTOS, M., 2013, p. 85).

Agindo, desta forma, as empresas supracitadas deixam um legado contínuo de agressão ao seu entorno, promovendo, assim, um maior empobrecimento para as comunidades locais representando ser um agente perturbador da ordem natural.

O transbordo das bacias de rejeitos das empresas, ALUNORTE e IMERYS RIO CAPIM CAULIM, são exemplos claros da falta na manutenção de um meio ambiente saudável. No entanto, acidentes como os transbordos e a falta de impermeabilização da bacia de rejeito poderiam ser evitados caso houvesse uma gestão ambiental que preservasse o meio ambiente. Ainda, sobre o vazamento no rio Murucupi, Pereira<sup>10</sup> (2008) enfatiza que “em qualquer país do mundo, onde a fiscalização funcione de forma efetiva, a empresa seria obrigada a tratar os efluentes ou seria fechada. Se fizessem isso na França, já teriam pago multas homéricas ou teriam sido fechados” (informação verbal).

As multinacionais procuram se instalar onde o Estado “se omite quanto aos interesses das populações e se torna mais forte, mais ágil, mais presente, ao serviço da economia dominante”, logo, surgem cenas de descaso para com as necessidades dessas comunidades locais e, assim, a pobreza passa a ser “algo natural e banal” (SANTOS, M., 2013, p. 66). Quando as empresas e instituições são revestidas pelo manto do poder econômico, Milton Santos explica que: “o dinheiro usurpa em seu

---

<sup>10</sup> Notícia fornecida por Simone Pereira através do Portal EcoDebate, em Barcarena (PA), em março de 2008.

favor as perspectivas de fluidez do território, buscando conformar sob seu comando as outras atividades” (2013, p. 80). A fim, de retirar o manto (poder econômico) das empresas, o Estado precisa ter “uma vontade política interior, capaz de evitar que a influência dos ditos fatores [informação midiática e finança] seja absoluta” (SANTOS, M., 2013, p. 77).

De acordo, com os ESCTL as mazelas sociais e ambientais estão relacionadas aos declínios decorrentes do modelo capitalista, sendo expressa pela seguinte citação:

O desenvolvimento capitalista tem se mostrado insustentável do ponto de vista ambiental, mas também e, principalmente, social. O acirramento da pobreza e da desigualdade, o estágio atual da fome, da miséria, a questão ambiental, o *apartheid* social nas cidades, a destruição da face pública do Estado e, principalmente, o trabalho alienado quando não o desemprego são todas consequências do capitalismo financeirizado (NOVAES; FRAGA, 2010, p. 164).

As empresas multinacionais anteriormente citadas promovem um cenário ambientalmente insustentável e, conseqüentemente, fica novamente clara a tendência político-ideológica dos conglomerados econômicos estrangeiros.

Na contra mão, desta política-ideológica ambiental, Novaes e Fraga (2010) enfatizam que “o desenvolvimento latino-americano deve ter como base o horizonte temporal da ecologia no qual os cálculos de planejamento de produção e uso dos recursos naturais deveriam ter um horizonte de longo prazo” (p. 169).

Com a descrição das catástrofes anteriormente citadas, torna-se clara a tendência político-ideológica das empresas multinacionais, a saber:

Mais que os outros, os países opulentos [Estados Unidos, Canadá, União Europeia e Japão] eximem-se de integrar a seus preços o conjunto dos custos sociais e ambientais por que são responsáveis. Numerosos estudos evidenciam os efeitos sanitários nefastos do estresse e do cansaço dentro de suas próprias fronteiras, ao passo que, em sentido contrário, outras conseqüências não menos desastrosas afetam a fração de sua população pauperizada ou privada de emprego. São eles que mais gravemente ameaçam as



regulações do meio natural (PASSET, 2003, p. 99-100).

Resumindo, os países opulentos personificados, neste caso, pela empresa ALUNORTE, multinacional japonesa, e na sequência pela empresa Imerys Rio Capim Caulim, multinacional francesa, provocam por meio de suas atividades a instalação da “pobreza estrutural globalizada” sendo que “os pobres não são incluídos nem marginais, eles são excluídos” (SANTOS, M., 2013, p. 72). Esse processo imoral de poluição dos rios originado devido ao não tratamento dos efluentes líquidos especificamente, a lama vermelha, retrata a falta de proteção do meio ambiente. As ações dessas mineradoras confirmam o processo de compartimentação e fragmentação do território, ou ainda, as empresas estrangeiras tornam-se uma ilha de individualidade.

O silêncio sobre a produção da lama vermelha denota um descompasso nos livros didáticos sobre os danos causados ao meio ambiente, neste caso, com alto poder de risco ambiental, especificamente, a contaminação de recursos hídricos, além dos impactos sociais para as comunidades ribeirinhas que utilizam o Rio Murucupi para a atividade pesqueira (sobrevivência) e para abastecimento urbano de água.

Desta forma, o processo *Bayer*, abordado pelos autores Mortimer e Machado (2013c) representa um avanço para educação científica e tecnológica especificamente, sobre o tema “*Metais*”, contudo, os aspectos socioambientais apresentam-se como uma fonte a ser explorada para promover educação ambiental, neste caso específico, sobre a geração da lama vermelha.

A fim de abordar os impactos socioambientais é necessário que as propriedades químicas dos efluentes industriais, líquidos, sólidos e gasosos, sejam estudadas durante o processo de ensino-aprendizagem. Sobre a natureza química dos compostos, Thomas Kuhn (2013) chama a atenção que “antes da revolução química, uma das tarefas reconhecidas da química consistia em explicar as qualidades [propriedades] das substâncias químicas e as mudanças experimentadas por essas substâncias durante as reações” (p. 195). Assim, durante o estudo da tecnologia química nos livros didáticos, fica evidente a necessidade de apontar as propriedades químicas dos efluentes industriais, proporcionando uma educação ambiental de maior amplitude, ou em outras palavras, fornecer informações, neste caso, da lama vermelha.

Na obtenção do alumínio primário, verificou-se que não há desenvolvimento para algumas parcelas da população amazônica, pelo

contrário, houve desfavorecimento e exclusão, por causa da contaminação dos rios anteriormente citados.

Diante da análise desenvolvida chega-se a conclusão de que:

A não ser que trabalhadores e trabalhadoras tomem o rumo da história - o que Marx chamou de transcendência positiva do trabalho alienado - a não ser que tenhamos uma sociedade autogerida por eles, o “desenvolvimento” almejado não poderá ser alcançado ou permanecerá nas mãos da burocracia do Estado e/ou controlado pela tecnocracia das grandes corporações (NOVAES; FRAGA, 2010, p. 170).

Caso, os gestores das indústrias produtoras da alumina fossem os produtores-cidadãos o cuidado com o tratamento da lava vermelha seria foco de atenção. Além disso, a riqueza gerada pela produção do alumínio primário poderia ser revertida para obras sociais, por exemplo: construções de ruas pavimentadas, escolas com melhores infraestruturas, hospitais, moradias, estações de tratamento de água e esgoto, rede de esgoto. E assim, haveria um enriquecimento dos direitos sociais.

### **6.2.3 Uma História da Ciência e da Tecnologia**

O alumínio é um metal que apresenta larga utilização tecnológica desde utensílios domésticos até áreas como, por exemplo, a engenharia aeronáutica e naval. Por meio do **Texto 12 - “Ciclo de vida do alumínio: produção do alumínio metálico”** (MORTIMER; MACHADO; 2013c, p. 297-299) os autores abordam a história da tecnologia e o processo de obtenção para produção do alumínio primário intitulado processo *Hall-Héroult*.

Inicialmente, os autores apresentam a história do processo *Hall-Héroult*:

A produção do alumínio metálico é feita por um processo que envolve a redução eletrolítica da alumina. Esse processo foi desenvolvido em 1886 por dois químicos, o americano Charles Martin Hall (1863-1914) e o francês Paul-Louis-Toussaint Héroult (1863-1914) e por isso ficou conhecido como processo *Hall-Héroult* (MORTIMER; MACHADO, 2013c, p. 297).

Os autores apresentam o momento histórico e seus personagens, contudo, o contexto da descoberta científico-tecnológica encontra-se em

silêncio, ou em outras palavras, não aponta para os desafios tecnocientíficos encontrados durante a trajetória para obtenção do alumínio metálico.

O alumínio foi obtido pela primeira vez, em 1825, pelo dinamarquês Hans Christian Oersted sendo que uma preparação mais cuidadosa foi feita dois anos mais tarde pelo alemão Friedrich Wöhler, contudo o método para obtê-lo era tão caro que não permitia seu uso em larga escala (CANTO, 1996, p. 106).

Segundo, o estadunidense Bernard Jaffe(1957):

Wöhler montou um famoso laboratório em Göttingen [Alemanha]. Foi um dos primeiros grandes laboratórios de ensino do mundo. Sua fama como químico e professor se espalharam pela Europa. De todos os países, estudantes foram arrebanhados por ele, tendo seu laboratório se transformado num verdadeiro enxame, movimentado dia e noite. Dos Estados Unidos veio James Curtis Booth, seu primeiro estudante americano, e também o professor Frank F. Jewett, do Oberlin College, que trouxe de volta [para os Estados Unidos] a história da descoberta, por seu mestre, de um metal leve e prateado: o alumínio. Jewett falava, para suas classes, desse estranho metal que ninguém conseguira, até então, obter de modo barato, embora fosse de grande abundância nas rochas do planeta. Um dia quando ele fazia comentários sobre a fortuna que aguardava o homem que conseguisse desenvolver um método simples para extrair alumínio, um dos seus alunos deu um cutucão nas costelas de um jovem colega de classe, Charles Martins Hall [como que o desafiando]. “Eu vou em busca desse metal”, disse Hall, que, em 23 de fevereiro de 1886, entregou a Jewett um pedaço do metal brilhante. O processo de Hall foi patenteado naquele ano. Este foi o início da enorme indústria de alumínio da América, os produtores de mais de um milhão de toneladas de alumínio por ano (p. 117, tradução nossa).

A contextualização histórica referente à obtenção do alumínio pode se constituir num elemento rico ao enfatizar que esta descoberta científico-tecnológica encontrou-se relacionada a uma problemática

vivenciada no setor produtivo e que dois jovens, Charles Martins Hall e Paul-Louis-Toussaint Héroult, estudantes movidos com objetivos claros buscaram incessantemente a resolução do problema. O filósofo da ciência Thomas S. Kuhn (2013) retrata bem essa “luta” na solução de um problema tecnocientífico, a saber: *“O homem que luta para resolver um problema definido pelo conhecimento e pela técnica existentes não se limita simplesmente a olhar à sua volta. Sabe o que quer alcançar; concebe seus instrumentos e dirige seus pensamentos de acordo com seus objetivos”* (p.183, itálico nosso).

Finalmente, pode ser formulada a seguinte questão: – *Como foi obtido o alumínio primário e quais eram os fatores técnicos complicadores para sua obtenção?* De acordo com Canto (1996):

Até 1886, o processo conhecido para a obtenção do alumínio, descoberto em 1825, envolvia reagentes muito caros. Ao que tudo indicava, à luz dos conhecimentos da época seria possível produzir o metal passando corrente elétrica (eletrolise) através da alumina fundida. Contudo a dificuldade residia no fato de a temperatura de fusão desse material ser superior a 2000 graus Celsius, alta demais para ser atingida e mantida em uma indústria. Em 1886, com a idade de apenas 23 anos, Charles Martin Hall descobriu uma solução para o problema. Em vez de fundir a alumina, ele a dissolveu em criolita ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) fundida, cuja fusão ocorre a cerca de 1000 graus Celsius (p. 106-107).

O quesito técnico, a saber, a alta temperatura de fusão da alumina, exatos 2072 °C mostrava-se ser o fator *limitador* para produção do alumínio metálico em escala industrial.

Porém, a descoberta química referente à dissolução da alumina,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , na criolita fundida a 1000 °C apresentou-se como uma alternativa profícua. Assim, a ideia encontrada por Charles M. Hall e, simultaneamente por Paul-Louis-Toussaint Héroult torna-se um exemplo, *“no sentido de se compreender o conhecimento científico-tecnológico como portador de uma história, e como resultado de processos complexos de elaboração”* (PORTO, 2011, p. 161, itálico nosso). O estudo histórico do processo Hall-Héroult exemplifica a *potencialidade* deste na resolução de um problema vivenciado num processo metalúrgico especificamente, para produção do alumínio metálico.

Quanto à descoberta simultânea feita por Héroult, Canto (1996) enfatiza que:

Coincidentemente, no mesmo ano de 1886, Paul-Louis-Toussaint Héroult, jovem francês, também de 23 anos, trabalhando independentemente em seu país, chegou às mesmas conclusões que Hall. Assim o processo de obtenção de alumínio por via eletrolítica a partir da alumina, ainda hoje essencialmente o mesmo, é chamado de *Processo de Hall-Héroult* (p. 107).

A abordagem filosófica e histórica da ciência e da tecnologia permite retratar que os avanços tecnocientíficos foram desenvolvidos por meio de *esforço mental*, ou em outras palavras, a tecnologia química não se encontra pronta, mas que surgiu devido aos desafios tecnocientíficos vencidos e, que a inclusão da História da Ciência e da Tecnologia nos livros didáticos reveste-se de um papel essencial no processo de ensino-aprendizagem para o Ensino de Química, ou ainda, “[...], formar estudantes críticos, capazes de compreender as complexidades da atividade científica, então a nova historiografia da Ciência tem muito a contribuir nesse processo” (PORTO, 2011, p. 165).

Ainda, sobre o trabalho científico, Porto (2011) ressalta que:

O estudo e discussão de episódios da História da Ciência podem propiciar aos estudantes reflexões a respeito de como os cientistas trabalham, suas motivações, suas interações com a comunidade científica e com a sociedade em geral, entre outros aspectos. Podem, enfim, ajudar os estudantes a vislumbrarem um pouco da complexidade da Ciência (p. 172).

Caminhando nesta direção, é necessário enfatizar que os progressos da ciência e da tecnologia são muitas vezes decorrentes de problemas tecnocientíficos. Esta abordagem contribui para enfatizar as motivações que servem como molas propulsoras na busca da resolução dos problemas no meio fabril. Nesta vertente, a História da Ciência e da Tecnologia relacionada ao tema “*Materiais*” pode ser abordada de uma forma mais abrangente nos livros didáticos, onde os percalços vivenciados pelos cientistas podem ser mais explorados e, não ficarem limitados à apresentação dos personagens e datas históricas.

A abordagem histórica tem por objetivo levar o aluno a visualizar que o conhecimento tecnocientífico é construído historicamente e

socialmente e, “que possui um *caráter provisório, limitações e potencialidades*, necessitando, pois ser abordado em sua historicidade e em suas implicações na sociedade e em situações/ambientes diversificados” (BRASIL, 2006a, p. 124-125, *italico nosso*).

#### 6.2.4 Um processo metalúrgico: Processo Hall-Héroult

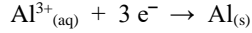
Na sequência, o **Texto 12 - “Ciclo de vida do alumínio: produção do alumínio metálico”** consta que “após ser obtido, o alumínio é fundido ou segue para a produção de lingotes. Para produzir 1 tonelada (t) de alumínio pelo processo de redução são necessários cerca de 5 t de bauxita, que dão origem a 2 t de alumina (MORTIMER; MACHADO, 2013c, p. 297). Na continuidade do texto os autores ressaltam que “o processo Hall-Héroult para produção de alumínio consiste basicamente na redução eletrolítica da alumina ( $Al_2O_3$ ) dissolvida em um eletrólito formado por sais fundidos, a uma temperatura aproximadamente de 960 a 1000 °C, por passagem da corrente elétrica” (MORTIMER; MACHADO, 2013c, p. 297). Ainda, no texto consta que “a redução do alumínio é realizada numa cuba eletrolítica, que é um tanque de aço revestido de grafita, que atua como catodo. Os anodos são feitos de carbono grafita” (p. 297). Logo a seguir no texto é colocada uma representação de uma cuba eletrolítica onde de acordo com os autores “a célula funciona continuamente e, a certos intervalos, o alumínio fundido é removido do fundo da célula, e são adicionadas novas quantidades de alumina” (MORTIMER; MACHADO, 2013c, p. 298).

Na sequência os autores explicam que:

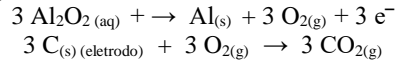
Em uma primeira etapa, a alumina ( $Al_2O_3$ ) é misturada em um banho de sais fundidos chamado de **eletrólito**. Tal banho é constituído por fluoretos de sódio e alumínio. Inicialmente o principal componente é a criolita ( $Na_3AlF_6$ ), mas ao longo do processo é necessária a adição de fluoreto de alumínio ( $AlF_3$ ).

Com a passagem da corrente contínua através da solução, o oxigênio migra para o anodo de carbono com o qual reage, gerando dióxido de carbono ( $CO_2$ ) na superfície anódica. Ao mesmo tempo ocorre a redução do alumínio na superfície do cátodo, conforme as equações seguintes.

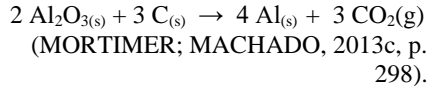
Reação que ocorre no catodo:



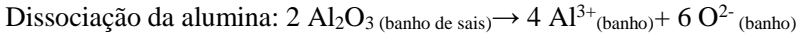
Reações que ocorrem no anodo:



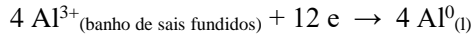
A equação que representa a reação global para a eletrólise da alumina é:



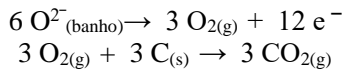
No entanto, acredita-se que as equações químicas para obtenção do alumínio primário podem ser assim apresentadas:



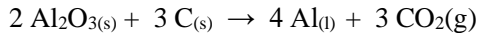
No catodo, se forma o alumínio líquido devido à eletrólise sendo representado através da seguinte semirreação de redução:



No anodo, ocorre a formação do gás oxigênio, que reage com o carbono, produzindo gás carbônico:



A equação global da eletrólise da alumina seria assim representada:



Acredita-se que essa abordagem didática permita que o leitor entenda com maior facilidade a produção de alumínio primário, pois: primeiro, a dissociação da alumina ocorre no banho de sais fundidos (criolita e fluoreto de alumínio), separando os íons,  $\text{Al}^{+3}$  e  $\text{O}^{2-}$ ; segundo, devido à ação da corrente elétrica ocorre a redução do alumínio metálico na superfície catódica e oxigênio molecular na superfície anódica; e, por último, o gás oxigênio reage com o carbono do eletrodo formando o gás carbônico.

Cabe ainda ressaltar que:

O próprio calor dissipado na passagem da corrente elétrica é suficiente para manter a mistura fundida. Num dos eletrodos se forma alumínio, que,

estando a uma temperatura maior, [cerca de 950 °C], do que a de seu ponto de fusão, [660 °C], escorre líquido para o fundo, sendo removido a intervalos regulares [...] (CANTO, 1996, p. 108).

Estas observações são importantes, pois explicam a fonte de energia que mantém o banho de sais e o alumínio metálico fundidos.

Ainda, sobre o processo de eletrólise da alumina os autores enfatizam que:

Essa reação provoca o desgaste do anodo fabricado em carbono, que deve ser substituído dentro de um intervalo de tempo predeterminado. O alumínio líquido se precipita no fundo da cuba eletrolítica e a partir dele são produzidos os lingotes, as placas e os tarugos chamados de **alumínio primário** (MORTIMER; MACHADO, 2013c, p. 298).

Acertadamente, os autores explicam a corrosão do eletrodo de grafite, pois este resiste a muitas substâncias, exceto ao oxigênio molecular. Além disso, enfatizam a precipitação do alumínio no fundo da cuba eletrolítica e, a posterior solidificação do alumínio na forma de lingotes, placas e tarugos.

Para finalizar, o Texto 12, os autores chamam a atenção que “a demanda de energia elétrica para produção de alumínio é alta, em torno de 13 000 kWh/t, sendo o processo metalúrgico que mais demanda energia” (MORTIMER; MACHADO, 2013c, p. 298).

Sobre a produção de energia elétrica necessária para atender a produção do alumínio primário três fatores podem ser fatores de discussão durante o processo de ensino-aprendizagem, a saber: primeiro, a construção da Hidrelétrica de Tucuruí, pela Eletronorte; segundo, a baixa geração de empregos e, por último, o subsídio referente às tarifas de eletricidade. A pesquisadora Irene Garrido Filha (2000) faz uma crítica severa ao governo brasileiro da época sobre a construção da Hidrelétrica de Tucuruí, a saber:

Veja por exemplo o caso da hidrelétrica de Tucuruí, que custou aos cofres públicos cerca de 10 bilhões de dólares. Descobertas as jazidas de bauxita entre os limites do Pará com o Amazonas até a foz do rio, de aproximadamente um bilhão e quinhentos milhões de toneladas, trataram de construir a usina com o propósito exclusivo de produzir o alumínio primário em Barcarena, nas



proximidades de Belém. Ali os beneficiários são os japoneses. E acontece o seguinte: as cidades próximas, como Cametá, não têm luz de forma permanente. E a própria Belém só foi abastecida em parte com essa eletricidade para despistar a opinião pública. Agora as cidades vizinhas não são abastecidas com a energia de Tucuruí. Essa usina significa uma manipulação descarada do dinheiro público nacional em favor das multinacionais que não geram nem dois mil empregos diretos. Isso significa uma estrita subordinação ao capital estrangeiro, coisa que não diminuiu no Brasil com a saída dos militares do poder. Essas multinacionais continuam tão influentes quanto na época da ditadura militar (p. 243).

A construção da hidrelétrica de Tucuruí é uma clara demonstração do governo da época de favorecer os interesses do capital estrangeiro em vez de defender os interesses da nação brasileira. Por exemplo, caso a gestão administrativa fosse controlada pela classe trabalhadora brasileira, benefícios sociais poderiam ser alcançados como: geração de mais empregos e reversão dos lucros advindos da exportação do alumínio primário para melhorar a qualidade dos serviços públicos locais.

Em terceiro, outro alvo de pesadas críticas está relacionado a “um desconto (subsídio) de 15% nas tarifas de eletricidade [durante duas décadas], garantindo ainda que, em caso de flutuação dos preços durante esse prazo, os custos com eletricidade não ultrapassariam 20% do preço do metal no mercado internacional” (CANTO, 1996, p. 112). Ainda, segundo Canto (1996) “é o dinheiro dos impostos que paga esse desconto” (p. 112).

Os três fatos supracitados vêm a corroborar com a ideia de Milton Santos (2013), a saber: “*É o Estado nacional que, afinal, regula o mundo financeiro e constrói infraestruturas, atribuindo, assim, a grandes empresas escolhidas a condição de sua viabilidade*” (p. 77, *italico nosso*). Ou em outras palavras, o Estado por meio de benefícios como: isenções fiscais, construções de infraestruturas e doações de terrenos para construção das fábricas entre outros, atrai o capital estrangeiro. Contudo, as atuações dessas empresas estrangeiras em solo brasileiro acabam por gerar dividendos sociais e ambientais, não progresso social para as camadas mais pobres. Porém, é possível

reverter esse panorama desfavorável, porém *“este depende de uma vontade política interior, capaz de evitar que a influência dos ditos fatores [informação e finança] seja absoluta”* (SANTOS, M., 2013, p. 77, *itálico nosso*).

Na obtenção do alumínio primário verifica-se que não há desenvolvimento para as populações locais pelo contrário, houve desfavorecimento (exclusão) por causa da contaminação de diversos rios devido aos vazamentos da lama vermelha.

A fim de problematizar o fato da necessidade de ser necessária grande quantidade de energia para promover a redução do alumínio os autores propõem o seguinte questionamento:

Os metais normalmente são obtidos por redução química, na qual os minérios, depois de processados, sofrem reação de oxirredução, o que dispensa o uso direto de energia elétrica para sua obtenção. Já o alumínio só pode ser obtido por redução eletrolítica, que envolve o uso direto de energia elétrica. Que propriedade do alumínio explica esse fato? (MORTIMER; MACHADO, 2013c, p. 299).

Esse questionamento possibilita o estabelecimento de ligações com o conceito de potencial de redução, onde o alumínio possui forte tendência de perder elétrons e, conseqüentemente, sendo representado pelo baixíssimo potencial de redução do alumínio, a saber, -1.66V.

### **6.2.5 Reciclagem do alumínio**

Este assunto é tratado no texto 13, intitulado **“Ciclo de vida do alumínio: reciclagem”**. Inicialmente, os autores citam que “o Brasil lidera a reciclagem de latas de alumínio entre os países onde essa atividade não é obrigatória por lei” (p. 299). Em seguida, apresentam um gráfico onde mostra a evolução da reciclagem de alumínio em alguns países de 1996 até 2005 onde o Brasil segue como líder mundial chegando próximo dos cem por cento.

Posteriormente, informam os ganhos provenientes da reciclagem de alumínio e o processo de obtenção do alumínio reciclado (p. 299). Logo em seguida, há o seguinte apontamento:

A reciclagem do alumínio representa vantagens. Economiza recursos naturais, energia elétrica – no processo, consomem-se apenas 5% da energia necessária para produção do alumínio primário,

além de oferecer ganhos sociais e econômicos (MORTIMER, MACHADO, 2013c, p. 300).

Alguns questionamentos poderiam ser feitos como: — *Qual é a dimensão da economia dos recursos naturais?* E mais, — *Quem é o grande beneficiado quanto à economia de energia elétrica e ganhos econômicos?*

Layrargues (2011), através do artigo intitulado “*O CINISMO DA RECICLAGEM: o significado ideológico da reciclagem da lata de alumínio e suas implicações para a educação ambiental*” promove um estudo reflexivo sobre os estudos sociais e ambientais envolvendo a reciclagem do alumínio e, tecendo críticas severas quanto à política-ideológica da empresa *Reynolds Latasa* .

Sobre a diminuição da extração dos recursos naturais, neste caso à bauxita, Layrargues (2011) cita inicialmente o Programa Permanente para Reciclagem da Lata de Alumínio<sup>11</sup> pela Reynolds Latasa “que consiste no estabelecimento de parcerias para o desenvolvimento de programas de educação ambiental e na troca de latas de alumínio vazias, limpas e prensadas por equipamentos como ventiladores de teto, computadores, bebedouros e máquinas copiadoras” (p. 196). Layrargues (2011) cita quatro argumentos apresentados pela Reynolds Latasa para reciclagem do alumínio e, inicialmente abordo o segundo que faz referência à economia do recurso natural necessário para a sua fabricação, a bauxita:

Mas se o argumento refere-se ao panorama de esgotamento da bauxita, devemos observar a influência da reciclagem em suas reservas mundiais. Se cada tonelada de alumínio reciclado poupa cinco toneladas de bauxita, as 86.409 toneladas de latas de alumínio recicladas no Brasil em 1999 permitiram a economia de 432.045 toneladas de bauxita, o que significa que 0,0179% das reservas brasileiras [2,4 bilhões de toneladas de bauxita] e 0,0138% das reservas mundiais [31 bilhões de toneladas de bauxita] foram poupadas.

---

<sup>11</sup> Em 1993, com a criação do Projeto Escola, a empresa insere-se com vigor no ambiente escolar. Voltado inicialmente para o público escolar, o Projeto Escola que segundo Almeida Jr. (1997), está sendo adotado nos principais municípios brasileiros, conta atualmente com mais de 16.000 estabelecimentos associados, de escolas, restaurantes, igrejas, associações de moradores, condomínios, hospitais a unidades militares.

Na verdade, esses números não se revelam muito expressivos, pois são estatisticamente insignificantes (p.199).

Contudo, Layrargues (2011) ressalta que “se 100% das latas de alumínio fossem recicladas no Brasil, teríamos 118.368 toneladas de alumínio reinseridas no processo produtivo de forma que 591.842 toneladas de alumínio seriam poupadas, ou seja, 0,019% das reservas mundiais desse minério seriam economizadas no ano de 1999” (p. 200). Em seguida, Layrargues (2011) faz o seguinte questionamento sobre a reciclagem focada no alumínio: “Dados de 1992 apontam que algumas jazidas minerais têm menos de um século de vida<sup>12</sup>. *Por que então a preocupação com a reciclagem focalizada no alumínio, se outros metais vitais para a civilização industrial possuem longevidade expressivamente inferior?*” (p. 201, itálico nosso).

Esses questionamentos demonstram o cinismo da reciclagem do alumínio focada no alumínio em detrimento dos outros minerais metálicos possibilitando assim um estudo mais crítico sobre o discurso ecológico feito pela empresa *Reynolds Latasa*.

Sobre o quarto argumento, que faz referência à geração de renda Layrargues (2011) ressalta que em apenas sete anos de experiência de coleta seletiva, o país já atingiu o invejável índice de 73% de reciclagem de latas de alumínio quando comparado aos EUA que apresentam 63% porém, com mais de trinta anos de experiência em reciclagem de latas de alumínio (p. 202). Na sequência, Layrargues (2011), levanta os seguintes questionamentos: “*Por que então o alumínio se tornou o ícone da reciclagem? Esse índice foi conquistado às custas de uma conscientização ecológica, ainda que enganadora, ou econômica? Que tipo de motivação induz os indivíduos a reciclarem latas de alumínio?*” (p. 203).

Segundo Layrargues (2011), os dois motivos para esse expressivo índice de 73% tratam-se das grandes desigualdades sociais sendo que um grande contingente da população vive à beira da miséria (p. 203). Layrargues (2011) enfatiza que “segundo o CEMPRE [Compromisso Empresarial para Reciclagem], cerca de 150 mil sucateiros vivem das latas de alumínio e são responsáveis por 50% do suprimento de sucata de alumínio à reciclagem, além do que, latas correspondem a 43% das

---

<sup>12</sup> São aproximadamente 51 anos para o níquel, 45 para o estanho, 43 para o mercúrio, 33 para o cobre, 20 para o zinco e 18 para o chumbo (PENNA, 1999, p. 166).

cem mil toneladas de alumínio disponíveis em 1997” (p. 203). Com isso, este é “o argumento de caráter social defendido pela indústria, o qual enfatiza o benefício social da reciclagem do alumínio” (LAYRARGUES, 2011, p. 203).

Na contramão, Calderoni (1998 apud LAYRARGUES, 2011) sinaliza que:

[...] que apesar de a remuneração do catador e sucateiro oriunda da reciclagem contribuir para a melhoria de sua condição de vida, os ganhos econômicos estão mal distribuídos: sua pesquisa, realizada no município de São Paulo, indicou que a indústria da reciclagem auferiu a maior parte dos ganhos, alcançando quase R\$ 215 milhões (cerca de 66% da fatia total obtida através da reciclagem do lixo). O restante dos ganhos é repartido entre a Prefeitura, que retém R\$ 36 milhões (11%), os sucateiros, que recebem R\$ 32 milhões (quase 10%) e os catadores, que obtêm quase R\$ 43 milhões (13%) (p. 203-204).

Assim sendo, observa-se que os catadores e sucateiros atuam como operários terceirizados da indústria de reciclagem, desprovidos de quaisquer benefícios trabalhistas. Desta forma, de acordo com Layrargues (2002) “essa relação configura a exploração do trabalho pelo capital de modo selvagem e revela uma das engrenagens responsáveis pela concentração de renda no país” (p. 204). Sobre a inoperância do Estado frente aos interesses das classes mais pobres, Dagnino (2010b) ressalta a “progressiva deterioração da capacidade do Estado de exercer plenamente o monopólio do uso legítimo da força, de atuar como promotor do “bem comum”, de continuar a elaborar políticas, tomar decisões, garantir e proteger direitos” (p. 260).

Sobre o último item a ser abordado que se trata do ganho energético sendo que a demanda de energia elétrica para produção de alumínio é alta, em torno de 13 000 kWh/t a maior dentre os outros processos metalúrgicos. Quanto ao ganho energético, Layrargues (2011), ressalta que:

[...] a produção de uma tonelada de alumínio a partir de alumínio reciclado significa uma economia energética da ordem de 95% em relação à produção de uma tonelada de alumínio a partir da bauxita. Com 17.600 kWh, pode-se fabricar apenas uma lata de bebida com a utilização de

alumínio primário, ou então, fabricar vinte latas de bebidas com a utilização de alumínio reciclado (p. 204-205).

Caminhando nesta direção, Ramos (1982 apud LAYRARGUES, 2011) observa que:

Embora haja aspectos ambientais importantes na reciclagem do alumínio, o mais significativo é a economia de energia para a empresa. Já que 70% da energia consumida no processo de redução eletrolítica dão-se sob a forma de eletricidade, reduzir custos em energia elétrica significa reduzir custos de produção. É a economia de energia proporcionada pela reciclagem que torna a lata de alumínio muito valiosa (p. 205).

Assim sendo, o discurso ecológico envolvendo a reciclagem do alumínio pode ser um campo fértil ao tratar sobre complexas relações como, por exemplo: inexistência de uma política pública envolvendo a Coletiva Seletiva de Lixo, a omissão do Estado ao permitir o *laissez-faire*<sup>13</sup> favorecendo assim a concentração dos lucros para empresa *Reynolds Latasa*, o discurso ecológico oportunista na proteção dos recursos naturais e a redução dos custos de produção devido à economia de energia elétrica. Desta forma, o Estado deveria intervir na distribuição dos lucros decorrentes da reciclagem do alumínio favorecendo uma divisão mais igualitária entre os diferentes atores especificamente, uma diminuição de renda para a empresa *Reynolds Latasa* e um aumento para os sucateiros e catadores.

Durante a análise da reciclagem do alumínio fica explícito o favorecimento para a empresa *Reynolds Latasa* pelo Estado às custas da exploração laboral especificamente, dos sucateiros/catadores. Desta forma, os reais interesses socioeconômicos e socioambientais da empresa *Reynolds Latasa* são expostos proporcionando uma discussão mais profunda sobre o significado ideológico da reciclagem da lata de alumínio e suas implicações para a educação ambiental.

Os estudos sociais da ciência e da tecnologia sobre a reciclagem do alumínio podem ser mais aprofundados a partir de um trabalho

---

<sup>13</sup> **Laissez-faire** é hoje expressão-símbolo do liberalismo econômico, na versão mais pura de capitalismo de que o mercado deve funcionar livremente, sem interferência do Estado.

interdisciplinar com a componente curricular *Sociologia* devido à grande densidade oriunda das questões envolvendo a reciclagem deste metal.

### 6.2.6 Aplicações tecnológicas e propriedades químicas do alumínio

Por meio, do texto 12, intitulado “*Estudando o alumínio – vantagens e riscos*”, os autores Mortimer e Machado (2013b) abordam assuntos como: ocorrência, propriedades químicas e físicas, aplicações tecnológicas e atitudes de consumo. Sobre a ocorrência do alumínio na litosfera os autores apresentam que:

Entre os metais, o alumínio é o mais abundante na crosta terrestre. Considerando-se todos os elementos, é o terceiro em abundância depois do oxigênio e do silício. Apesar disso, as reservas conhecidas de alumínio são menores do que o ferro (MORTIMER; MACHADO, 2013b, p. 237).

Através desta abordagem os autores seguem as orientações contidas nos PCNEM sobre a necessidade de apresentar outros conteúdos importantes onde criticam a ênfase demasiada dada às propriedades periódicas dos elementos químicos “em detrimento de conteúdos mais significativos sobre os próprios elementos químicos, como a ocorrência, métodos de preparação, propriedades, aplicações e as correlações entre esses assuntos” (BRASIL, 1999, p. 239, *itálico* nosso).

Em seguida, os autores ressaltam que:

O alumínio, junto com o sódio e o magnésio, está entre os agentes redutores mais fortes de que se dispõe. A forte tendência dos metais, comparada aos não metais, para perder elétrons e transformar-se em íons positivos em solução aquosa, resulta – em parte – do fato de seus elétrons de valência não estarem fortemente ligados e possuírem, portanto, baixa energia de **ionização** (MORTIMER; MACHADO, 2013b, p. 237).

Desta forma, observa-se acertadamente o estabelecimento da conexão do conceito de agente redutor com a propriedade periódica de energia de ionização promovendo a interlocução entre os conceitos químicos.

Na sequência, informam sobre a propriedade de inércia química da alumina,  $Al_2O_3$ , frente aos agentes atmosféricos:

Os três [alumínio, sódio e magnésio] reagem com a água despreendendo gás hidrogênio ( $H_2$ ). Com o sódio a reação é violenta e muito rápida, o que torna necessário acondicioná-lo em querosene para evitar o contato com a umidade do ar. Para o magnésio e o alumínio, a reação produz uma fina camada de óxido [ $Al_2O_3$ ] sobre a superfície metálica, a qual adere fortemente ao metal, formando uma camada protetora que impede o contato entre ele e a água (ou o ar). Essa proteção explica a notável resistência do alumínio aos agentes atmosféricos, propriedade responsável por sua aplicação tão diversa (MORTIMER; MACHADO, 2013b, p. 238).

O fenômeno de proteção do alumínio quanto aos agentes atmosféricos descrito pelos autores, é “chamado de *passivação*, é o mesmo que protege o aço inox e os materiais cromados e niquelados da corrosão [...]” (CANTO, 1996, p. 109). Através desta explicação os autores fazem a ligação entre as propriedades químicas com as aplicações tecnológicas do alumínio.

Sobre os riscos decorrentes da exploração do alumínio seguem-se as seguintes observações:

Se, por um lado, encontramos aplicações muito bem-vindas do alumínio em nosso cotidiano, por outro há os perigos decorrentes de sua produção industrial. A instalação de fábricas de alumínio acarreta várias transformações nas regiões próximas e configura uma situação de risco para os seres vivos. O processo de produção demanda muita energia e libera, para a atmosfera, compostos de flúor (provenientes da criolita), além de outros compostos danosos à saúde humana. Atingidas por materiais particulados que ficam em suspensão no ar, as folhas das vegetações ficam queimadas e a qualidade do ar é prejudicada. São muito bem-vindas, portanto, as iniciativas e os estímulos ao reaproveitamento do alumínio por meio da reciclagem das latas de refrigerantes e outras bebidas.

O alumínio não é um elemento essencial ao organismo humano. Ao contrário, é tido como altamente tóxico. Os sintomas associados à presença de alumínio no organismo foram, até



então, detectados como anemia, distúrbios nos ossos e problemas nas funções cerebrais (MORTIMER; MACHADO, 2013b, p. 238-239).

As considerações realizadas apontam para a poluição atmosférica devido à emissão de efluentes gasosos tendo em sua composição o flúor, processo de redução do alumínio, processo *Hall-Héroult*. E, mais, apontam para os malefícios do alumínio sobre a saúde humana. Assim, a abordagem dos autores Mortimer e Machado (2013b) promovem aproximações profícuas com os estudos sociais da ciência e da tecnologia.

Sobre o poder do ser humano de alterar significativamente a natureza, Rachel Carson (2010) faz o seguinte apontamento:

O mais alarmante de todos os ataques do ser humano ao meio ambiente é a contaminação do ar, do solo, dos rios e dos mares com materiais perigosos e até mesmo letais. Essa poluição é, na maior parte, irrecuperável; a cadeia de males que ela desencadeia, não apenas no mundo que deve sustentar a vida, mas nos tecidos vivos é, na maior parte, irreversível (p. 22).

Carson (2010) chama a atenção de que na grande maioria das vezes essa poluição é irrecuperável. Sendo assim, faz-se necessário abordar nos livros didáticos à responsabilidade que as empresas produtoras de alumínio primário têm de tratar os efluentes gasosos por intermédio de filtros e coletores a fim de evitar a poluição do ar e, assim, desmistificar o mito de que a química é culpada pelas atrocidades ambientais e sociais. Ou seja, as empresas necessitam ser responsabilizadas pelo desequilíbrio social e ambiental. Ou melhor, precisam apresentar uma gestão ambiental que vise a proteção do meio natural, ou seja, tomem ações preventivas a fim de apresentarem uma política de proteção à atmosfera terrestre, a flora e a fauna.

Na sequência, apresentam os benefícios oriundos das propriedades físicas e químicas do alumínio:

No entanto, é muito difícil prescindirmos, atualmente, das vantagens oferecidas pelo alumínio. Ele é leve, duro, tem boa aparência e não se oxida como o ferro. É raro o planejamento de casas, prédios ou equipamentos que não incluam partes ou peças de alumínio (MORTIMER; MACHADO, 2013b, p. 239).

Através desta abordagem é possível estudar as propriedades do alumínio como densidade, dureza e indicando as aplicações tecnológicas e, assim, contextualizar o conhecimento químico.

Para finalizar, os autores trazem as seguintes reflexões:

O mesmo acontece com outros materiais, transformados ou não, que retiramos da natureza, como o plástico e o papel. Queremos pias de mármore ou granito, bonitas e duráveis, eletrodomésticos da melhor qualidade, móveis de madeira forte. E nos esquecemos de que isso tem um custo. Ao escrever no papel e ler o texto deste livro, por exemplo, não nos lembramos de que isso envolve a destruição de florestas. Não é fácil alcançar o equilíbrio entre o conforto, a qualidade de vida e as implicações das interferências do homem na natureza. Mas é importante refletirmos sempre sobre como cada um de nós pode contribuir para esse equilíbrio. Como consumidores, por exemplo, podemos mudar nossos hábitos, responsabilizando-nos pelo descarte dos materiais, por meio da reciclagem, e diminuindo o consumo de embalagens descartáveis (MORTIMER; MACHADO, 2013b, p. 239-240).

Aqui, os autores levantam reflexões sobre o consumo desenfreado já que o *discurso ecológico oficial*<sup>14</sup> procura incentivar o consumismo como sinônimo de felicidade. Outra premissa disseminada pelas empresas trata-se de manter o ritmo de produção industrial a fim de manter os empregos. Na contramão, o *discurso ecológico alternativo* procura priorizar a redução do consumo e, depois desta, a reutilização deve ser priorizada sobre a reciclagem (LAYRARGUES, 2011, p. 191-192).

---

<sup>14</sup> Carvalho (1991 apud LAYRARGUES, 2011, p. 188-189), através de suas reflexões, aponta para a existência duas matrizes discursivas sobre a questão ambiental: um *discurso ecológico oficial*, enunciado pelo ambientalismo governamental, representante da ideologia hegemônica e encarregado de manter os valores culturais instituídos na sociedade; e um *discurso ecológico alternativo*, proferido pelo ambientalismo original *scrito sensu*, corporificado pelo movimento social organizado, representante da ideologia contra-hegemônica e encarregado de disseminar valores subversivos à ordem social e econômica instituída.

Outra crítica severa realizada pelo *discurso ecológico alternativo* está relacionada ao descarte desnecessário de produtos em boas condições de uso por outros mais novos. Por sua vez, o outro discurso incentiva a troca de produtos em bom estado alegando que a última tecnologia é necessária para o bem estar pessoal. Por exemplo, os celulares são alvos de constantes propagandas a fim de incentivar a troca dos antigos pelos de “última geração”, alegando que as pessoas que não possuem os celulares de “última geração” estão atrasadas tecnologicamente. No entanto, esse discurso não leva em consideração os impactos ambientais causados pelo descarte dos celulares mais antigos.

Ainda, sobre o consumo desnecessário Penna (1999) faz a seguinte observação: “A competição industrial, tendo como elementos catalisadores a obsolescência programada e a propaganda que cria necessidades artificiais, gerou – como um de seus filhos mais feios – a sociedade do desperdício. O advento da era do descartável contribuiu muitíssimo para esse fenômeno” (p. 34).

Sobre o consumismo Milton Santos (2013) faz os seguintes apontamentos:

O consumo é o grande emoliente, produtor ou encorajador de imobilismos. Ele é, também, um veículo de narcisismos, por meio dos seus estímulos estéticos, morais, sociais; e aparece como o grande fundamentalismo do nosso tempo, porque alcança e envolve toda gente. Por isso, o entendimento do que é o mundo passa pelo consumo e pela competitividade, ambos fundados no mesmo sistema de ideologia.

Consumismo e competitividade levam ao emagrecimento moral e intelectual da pessoa, à redução da personalidade e da visão do mundo, convidando, também, a esquecer a oposição fundamental entre a figura do consumidor e a figura do cidadão (p. 49).

Caminhando nesta direção, verifica-se que o consumismo é o câncer instituído pelas megacorporações nas pessoas e, assim, ocorre o esvaziamento do ser, transpassando a ideia que a felicidade é dependente da aquisição de bens materiais. A estratégia dessas empresas baseia-se no marketing através de comerciais onde muitas vezes somente o prazer de possuir e consumir é exaltado e os impactos negativos sobre a saúde e o meio ambiente são descartados. E, ainda,

“possuir algo é a base do sentido de identidade para muitas pessoas. Elas identificam-se e confundem-se com os seus objetos de posse e, portanto, passam a ser o que possuem. Esse desejo de ter leva, frequentemente, ao desejo de ter mais, de ter o máximo” (PENNA, 1999, p. 39).

Para finalizar, revela-se que ao longo dos tempos as pessoas deixaram de lado valores como amizade, realização profissional, integridade de caráter, espiritualidade, relações familiares e comunitárias sendo estes valores sacrificados pela ideia fixa do enriquecimento e, assim, os indivíduos estão inutilmente tentando satisfazer necessidades essencialmente sociais, espirituais e psicológicas com coisas materiais, gerando frustrações, comportamentos anti-sociais e infelicidade (PENNA, 1999, p. 45). Com a ideologia materialista, surge um enfraquecimento dos laços familiares e, conseqüentemente, da sociedade, pois para um país alcançar um status de ordem e progresso é necessário que os seus cidadãos tenham uma vida equilibrada, significando, desenvolver os valores acima supracitados.

### **6.3 Ferro e Ligas Metálicas**

Os autores Santos e Mól (orgs.) no livro *Química cidadã* (2013c), abordam os temas metais e ligas metálicas no capítulo 6, iniciando com os seguintes questionamentos:

Por que os metais conduzem eletricidade? Como o desenvolvimento tecnológico dos metais tem influenciado a sociedade? Qual foi a importância dos metais para o desenvolvimento das civilizações? O uso dos metais traz muitos benefícios à nossa sociedade. Mas será que também nos traz problemas? (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 210).

Por meio dessas indagações, é possível, descobrir o conhecimento prévio dos discentes e, assim, iniciar os estudos sobre a importância dos metais no desenvolvimento da sociedade. Além disso, suscita os problemas sociais e ambientais que a mineração pode trazer as civilizações atuais.

Na sequência, os autores ressaltam a importância dos metais realizando a seguinte analogia: “Homem de ferro, Surfista Prateado (feito de prata), andróide de metal líquido (vilão do *Exterminador do Futuro*): no mundo das estórias em quadrinhos, os metais dão superpoderes aos homens. Na história da civilização, sua importância não é diferente” (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 210).

### 6.3.1 Um pouco da história da metalurgia

Sobre a história da metalurgia os autores realizam a seguinte abordagem:

O bronze (liga de cobre e estanho), que dá nome à Idade do Bronze, período compreendido entre cerca de 3 500 a.C. a 1 200 a.C., provavelmente foi descoberto ao acaso pelo aquecimento de misturas de minérios de cobre e estanho. Na idade do Bronze, iniciou-se o domínio do processo de extração de metais a partir de minérios, e de sua moldagem em ferramentas.

A metalurgia do ferro iniciou-se por volta de 1300 a.C. com os hititas, mas só teve grande difusão no primeiro milênio a.C., devido ao seu largo emprego na fabricação de armas. O domínio de tais tecnologias alterou os rumos da história. Usando espadas de aço, os romanos obtiveram importantes vitórias em sua guerra contra os gauleses, que usavam espadas de ferro, menos resistentes.

Ouro, prata e cobre, talvez por existirem livres na natureza (metais nativos), já eram utilizados para fins decorativos e religiosos (máscaras funerárias, joias etc.) por volta de 5 000 anos a.C.

Saber como se deu a utilização dos diferentes metais também ajuda a entender aspectos da história da humanidade: seus hábitos, culturas, tecnologias, formas de organização social etc. O estudo de objetos e ferramentas de metal, por exemplo, possibilita aos arqueólogos entender o cotidiano de muitas civilizações antigas (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 211).

Por meio dessa abordagem é enaltecida a descoberta da liga de bronze e sua importância na moldagem de ferramentas e, além disso, através da abordagem histórica sobre os metais é possível, descobrir o modo de vida das antigas civilizações. Vanin (1994) aponta para outra aplicação, a saber: “Entre 2000 e 1000 a.C. prepararam-se bronzes com alto teor de estanho. Essas ligas tinham a propriedade de refletir intensamente a luz e, assim, começaram a ser fabricados os primeiros espelhos” (p. 11). Agora, sobre a produção do aço, Vanin (1994), cita que: “Nesse período, [2000 a 1000 a.C.], os hititas, na Ásia Menor, dominavam a tecnologia da fabricação do aço, conseguindo lâminas de

alta qualidade para suas espadas. Contudo, por ser bastante raro, o ferro transformou-se em metal precioso” (p. 11).

Na continuidade, consta que: “A análise dos variados tipos de objetos fabricados com metais e ligas metálicas é um dos meios de se identificar o grau de desenvolvimento de uma civilização” (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 211). Ou seja, os estudos dos artefatos tecnológicos possibilitam aos arqueólogos descobrir o grau de desenvolvimento tecnocientífico das antigas civilizações e, assim, os estilos de vida.

Na sequência, enfatizam o processo da galvanoplastia: “Atualmente, são muito comuns os objetos fabricados com metais. Além disso, alguns metais, como prata, ouro e cromo, são empregados no revestimento de diversos outros materiais, metálicos ou não” (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 211). E mais, “os materiais revestidos com cromo são denominados cromados. O uso de materiais cromados possibilitou a substituição do aço por plásticos em muitos objetos. Como exemplo, podemos citar peças de eletrodomésticos e de acabamento de automóveis, torneiras e outros objetos de plástico que anteriormente eram confeccionados apenas com metais” (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 212).

Sobre a metalurgia os autores informam que:

Poucos metais são encontrados na natureza como substâncias como substâncias simples; dentre eles estão o ouro, a prata e o cobre. Normalmente, os metais são extraídos de substâncias compostas, principalmente óxidos. Esse procedimento é possível graças à metalurgia, que associa os conhecimentos sobre a redução dos minerais para a obtenção dos metais. O desenvolvimento da metalurgia ao longo dos séculos foi permitindo a fabricação de novos materiais. Novas ligas e materiais têm sido criados para atender a novas necessidades que surgem com o desenvolvimento tecnológico (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 212-213).

Os autores informam que muitos metais não são encontrados na natureza como substâncias simples e que os processos metalúrgicos possibilitam a redução desses minerais para a obtenção dos metais. Ainda, informam que novas ligas metálicas surgiram por causa do desenvolvimento da metalurgia.

Os autores explicam sobre as definições sobre minerais, rochas e minério. Por exemplo, informam que “a bauxita é o mineral com maior teor de alumínio, é o mais explorado para a obtenção desse metal” (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 213). Ainda, sobre os processos metalúrgicos informam que:

O processo metalúrgico de extração dos metais geralmente ocorre a partir de reações químicas dos óxidos e dos sais que os originam, formas energeticamente mais estáveis. Por isso, as reações para obtenção de metais são endotérmicas, isto é, consomem energia. Esse consumo varia de metal para metal; elevado para alguns, como no caso do alumínio, e baixo, como no caso do cobre (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 214).

Aqui, os autores enfatizam os aspectos energéticos para redução dos minérios, pois “no caso do isolamento de substâncias como ferro, alumínio, estanho, zinco e manganês, a redução não é tão fácil, sendo necessário o aquecimento a altas temperaturas, em presença de substâncias redutoras” (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 214). Para finalizar, informam que “os metais normalmente são encontrados nos minérios com o Nox [número de oxidação] positivo; se sofrer redução, ele passa para seu estado metálico, na forma de substância simples. Trata-se do processo inverso da corrosão, quando o metal se oxida transformando-se em substância composta” (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 214).

### **6.3.2 Siderurgia: um ramo da metalurgia**

Os autores optaram por abordar a siderurgia, processo metalúrgico para obtenção do ferro, da seguinte forma:

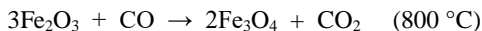
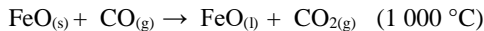
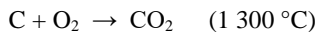
A siderurgia é o ramo da metalurgia que trata especificamente do beneficiamento do ferro. Sua principal atividade é a produção de aço, que se tornou possível durante a Revolução Industrial graças à invenção de fornos que permitiam eliminar impurezas do ferro e adicionar a ele substâncias que o tornassem resistente a desgastes, impactos, corrosão etc. Minérios contendo ferro, associado a oxigênio e sílica, são encontrados em toda a crosta terrestre.

Na verdade, os minérios de ferro são constituídos de óxidos de ferro misturados à areia.

Na siderurgia, o ferro é aquecido em altos-fornos, com aproximadamente 40 metros de altura, na presença de carvão, oxigênio e calcário (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 215).

Por meio dessas informações, os autores explicam que a siderurgia é um processo metalúrgico que produz o ferro metálico e sua importância para a indústria. Ainda, informam que a redução do ferro é realizada em altos-fornos e, além disso, citam os reagentes necessários para a transformação química. Na continuidade, informam sobre as duas funções do carvão: “combustível, que permite alcançar altas temperaturas, necessárias à fusão do minério, e agente redutor, que transforma o minério em ferro metálico. Em função da temperatura, ocorrem diferentes alturas do alto-forno” (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c p. 216).

Na sequência, há uma figura de um alto-forno (ver anexo I) indicando a entrada pela parte superior do forno do minério de ferro, coque e pedra calcária. Ainda, na parte superior indica a saída dos gases monóxido de carbono, dióxido de carbono e dióxido de nitrogênio. Por sua vez, na parte inferior do forno indicam a saída da escória fundida, do ferro metálico e da entrada de ar quente e oxigênio (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 216). E mais, apresentam as seguintes equações químicas que acontecem nos altos-fornos, no sentido ascendente, ou seja, da base para a parte superior do alto forno. Ou melhor, as maiores temperaturas são encontradas na base do forno:

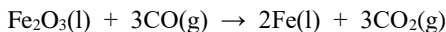


(SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 216).

Logo abaixo da figura, informam que “o alto-forno é alimentado com minério de ferro, carvão, calcário e ar. O calor da combustão do carvão favorece outras reações químicas. Como produtos, são obtidos gás carbônico, ferro fundido e escória (resíduo)” (SANTOS, W. (org.);



MÓL (org.), 2013c, p. 216). Ainda, ressaltam que do ponto de vista do nosso estudo, a reação mais importante é a representada pela equação:



(SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 216).

Os autores por meio da equação química supracitada promovem na sequência, a explicação sobre a variação do número de oxidação das espécies químicas sendo expressa pela citação a seguir:

Nessa reação, o íon ferro (Nox = 3) ganha três elétrons e é reduzido a ferro metálico (Nox = 0). Simultaneamente, o carbono é oxidado, passando o seu número de 2+ a 4+. Após o balanceamento da equação, a mesma quantidade de átomos cedida pelos átomos de carbono será recebida pelos átomos de ferro (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 216).

Esta abordagem pelos autores permite fazer a interlocução dos conceitos químicos com o processo de beneficiamento do minério de ferro. Ou em outras palavras, através da redução do ferro nos altos-fornos é possível estudar a reação de oxirredução onde a hematita,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , age como agente oxidante e o monóxido de carbono, CO, como agente redutor. E, assim, possibilitando a interlocução do estudo da siderurgia com o conhecimento científico.

Para finalizar, seguem-se as informações concernentes ao processo de obtenção do ferro fundido:

O ferro produzido no alto-forno é chamado de ferro-gusa, e o resíduo dessa produção, rico em calcário, sílica e outras impurezas, chamado escória, servem de matéria-prima para a fabricação de cimento.

A seguir, o ferro-gusa fundido é levado à aciaria, onde é refinado e transformado em aço para ser laminado, dando origem a chapas grossas e finas, bobinas, vergalhões, arames, perfilados, barras etc.

No atual estágio de desenvolvimento tecnológico, é impossível imaginar o mundo sem o ferro fundido e o aço (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 216).

Aqui, os autores apontam para as aplicações tecnológicas do aço e da importância do ferro para o desenvolvimento tecnológico. Ainda,

propõem nove perguntas para serem debatidas relacionadas a importância dos metais, como os metais são encontrados na natureza, a função da siderurgia e da metalurgia na obtenção dos metais entre outras (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 217). As perguntas para o debate são as seguintes:

Debata e entenda

1. Por que o desenvolvimento da civilização humana está relacionado ao uso de metais?
  2. Monte um quadro com três colunas no caderno e liste, na primeira coluna, exemplos de materiais metálicos com os quais são fabricados objetos que você utiliza seu cotidiano. Na segunda coluna do quadro, relacione ao lado de cada material um metal que o componha e alguma(s) propriedade(s) característica(s) desse metal que permitam o uso que dele fazemos. Finalmente, na terceira coluna, indique se existe ou não algum material não metálico que possa substituir cada metal indicado. Caso você não tenha listado nenhum substituto, explique por que esses metais não podem ser substituídos.
  3. Explique por que o consumo de metais pode ser um indicador de desenvolvimento econômico de um país.
  4. Que medidas poderiam ser adotadas para evitar que as reservas mundiais de minérios se esgotem?
  5. Como os metais são normalmente encontrados na natureza?
  6. Apesar de o alumínio ser o metal mais abundante na natureza, quase 100% dos produtos confeccionados com esse metal são reciclados. Qual é a importância desse procedimento para a economia e para o meio ambiente?
  7. Por que o minério de ferro é tão importante para a indústria?
  8. Apesar de ser relativamente raro na crosta terrestre, o cobre é utilizado na indústria de equipamentos elétricos. Por que não utilizar outros metais, já que esse é tão raro?
  9. Qual é a função da siderurgia e da metalurgia na obtenção dos metais?
- (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 217).

A partir dessas perguntas o aluno pode compreender a importância dos metais no mundo contemporâneo, dos processos metalúrgicos, da reciclagem do alumínio e do cobre na indústria elétrica.

E, acredita-se ser importantíssimo abordar o processo de fabricação do aço para promover a educação científica e tecnológica dos educandos, pois o ferro gusa é o principal constituinte do aço. Ou seja: — *Como se fabrica o aço?* De acordo com Canto (1996), o aço é fabricado da seguinte maneira:

O aço é obtido por purificação do ferro-gusa ainda líquido, logo após sua saída do alto-forno. Esse líquido é derramado em um enorme recipiente denominado *conversor a oxigênio*, onde há um tubo que lhe injeta gás oxigênio. A reação entre esse gás e as impurezas produz óxidos que, por sua vez, reagem com a cal virgem que é introduzida pelo topo do conversor. O produto desta última geração (escória) flutua no ferro líquido e pode então ser eliminado. [...] Um conversor de tamanho adequado pode produzir de 300 a 350 toneladas de aço em cerca de 40 a 45 minutos (p. 70-71).

Assim, o processo de purificação do ferro-gusa é descrito e, então, através da formação de óxidos devido a reação do gás oxigênio com a cal virgem explica-se a produção da escória e, seu posterior descarte.

### **6.3.3 Impactos sociais: Projeto Ferro Carajás**

Os autores apresentaram as matérias primas para produção do ferro-gusa, assim como as transformações químicas que o minério de ferro é submetido para a produção do ferro metálico. Desta forma, promovem a abordagem tecnológica através da figura do alto forno especificando, como o forno é alimentado (entrada das matérias primas), a entrada do ar quente e oxigênio e, a saída dos gases monóxido de carbono, dióxido de carbono e dióxido de nitrogênio. Porém, as seguintes perguntas podem ser formuladas: — *Da onde provém e como é produzido o carvão vegetal (coque)?* — *Quais são os impactos sociais e ambientais decorrentes de sua produção?*

Acredita-se que a abordagem dos impactos sociais e ambientais originados pela produção do coque seja pertinente para os estudos sociais da ciência e da tecnologia e, assim, promover o estudo dos fatos decorrentes dessa atividade. A obtenção do carvão vegetal inicia-se com

a derrubada da floresta e, em seguida faz-se uma queima leve para eliminar galhos e folhagem objetivando a retirada dos troncos. A queima da madeira é realizada em pequenos fornos de barro e é transformada em carvão vegetal por meio da combustão incompleta desta. A combustão incompleta é conseguida tapando as entradas de ar, desta forma, a lenha queima, contudo, de uma maneira incompleta. Outra forma de obter carvão vegetal é por meio da destilação seca da madeira onde esta é aquecida em câmaras de ferro.

De acordo com o relatório produzido pela Federação Internacional dos Direitos Humanos (FIDH), Justiça Global e Justiça nos Trilhos sendo que este relatório apresenta uma metodologia de avaliação de impactos em direitos humanos ocasionados por projetos de investimentos. Esse relatório cita os efeitos das carvoarias sobre o meio ambiente na cidade de Açailândia (MA) especificamente, pela “construção de 66 fornos, cada qual comportando 83 metros cúbicos de carvão, e ainda mais sete fornos de menor porte. Em total, os fornos ocupariam uma área de 1.185 metros quadrados” (FIDH; JUSTIÇA GLOBAL; JUSTIÇA NOS TRILHOS, 2011, p. 39). O relatório ainda traz informações sobre os impactos sobre a saúde dos moradores do assentamento Califórnia, Açailândia (MA), a saber:

Quando a produção teve início, os habitantes de Califórnia relatam [...] que passaram a se queixar de problemas de visão, pressão, cansaço, gastrite, tosse e problemas respiratórios em geral, que foram gerados ou agravados a partir do momento em que teve início a produção massiva do carvão vegetal na propriedade da Vale (FIDH; JUSTIÇA GLOBAL; JUSTIÇA NOS TRILHOS, 2011, p. 39).

Nesta vertente, confirmam-se o *stress social e ambiental* gerado pela produção do carvão vegetal pela Vale do Rio Doce as comunidades residentes do assentamento supracitado. Com isso, a produção do carvão vegetal constitui-se numa ameaça para saúde dos moradores locais.

A foto, a seguir, ilustra a alta poluição atmosférica provocada pela fumaça emitida pela carvoaria da Vale:



Figura 9: Emissão de gases poluentes oriundos da queima da madeira pela carvoaria da Vale do Rio Doce, Açailândia (MA).

Além da poluição atmosférica, outra problemática têm se caracterizado como um grave problema ambiental para os moradores do assentamento Califórnia, a saber, o despejo de venenos utilizados na plantação de eucalipto<sup>15</sup>, pois “ainda que o veneno não seja mais despejado por avião, relatam que o vento continua trazendo para o assentamento parte do volume de pesticidas borrifados por tratores” (FIDH; JUSTIÇA GLOBAL; JUSTIÇA NOS TRILHOS, 2011, p. 40).

Ainda sobre as consequências da emissão de efluentes gasosos o médico Walderci Ferreira Filho atesta por meio de uma declaração que “*em decorrência da instalação das carvoarias próximas ao referido assentamento, houve acentuado número de atendimentos de doenças respiratórias em determinadas estações climáticas*”<sup>16</sup> (FIDH; JUSTIÇA GLOBAL; JUSTIÇA NOS TRILHOS, 2011, p. 61, *itálico nosso*).

---

<sup>15</sup> Segundo Santos L. D. T. et al. (2006), “o glyphosate é o herbicida mais utilizado em áreas de reflorestamento de eucalipto. Nessas áreas tem sido frequente a verificação de sintomas de intoxicação devido à deriva [espalhamento] [...]. Apesar de o gênero *Eucalyptus* apresentar espécies de rápido crescimento e de boa competitividade quanto a seu estabelecimento no campo, isso não o isenta dos prejuízos causados pelas plantas daninhas, que têm como consequência o decréscimo quantitativo e qualitativo da sua produção. A interferência das plantas daninhas é mais acentuada nos dois primeiros anos de produção; entretanto, em algumas áreas, o controle estende-se até o sexto ano”.

<sup>16</sup> Diversos moradores se queixaram também à equipe de pesquisa, sobre o agravamento de seu quadro de saúde em épocas de alta temperatura. O Jornal Estado do Maranhão, trouxe a matéria “*Aumenta em 60% o número de internações por doenças respiratórias no Socorrinho*”, em 15 de setembro de 2010, em que relata que o número de internações no Hospital de Internação infantil de Imperatriz [MA] (o “socorrinho” é comumente utilizado por moradores de Açailândia tendo em vista o seu perfil de alta complexidade havia

Sobre doenças causadas aos moradores do bairro Piquiá de Baixo, Açailândia (MA), consta no relatório supracitado a seguinte declaração da Dona Francisca, cujo muro da sua casa faz fronteira com a Gusa Nordeste:

Aqui em casa temos sinusite, problema de garganta, dor na cabeça, problema de vista. O meu menino tem só 21 anos e já tem problema de vista, vive piscando, não consegue abrir o olho, não enxerga muito bem (...). O médico diz que a gente fica com o pulmão todo preto por dentro. A vizinha já bateu chapa e o médico disse para sair daqui o mais rápido possível (...) meu marido morreu tem quatro meses. Dois meses antes o médico examinou e disse que não tinha mais jeito, que o pulmão dele tava muito cheio (p. 37).

A partir desta declaração, conclui-se que a saúde de pessoas de diferentes faixas etárias “responde” de modo diferenciado aos poluentes onde Beck (2011) critica os dados apresentados por pesquisas que não levam em consideração as diferentes suscetibilidades das pessoas, ou em outras palavras, as crianças e pessoas da terceira idade são mais frágeis quanto a doenças (p. 30-31). Verifica-se que “*as mesmas substâncias tóxicas podem ter um significado inteiramente distinto para pessoas distintas, conforme a idade, o sexo, os hábitos alimentares, o tipo de trabalho, os níveis de informação e educação*” (BECK, 2011, p. 31).

Caminhando nesta direção, René Passet (2003) faz os seguintes apontamentos sobre os efeitos da globalização predadora: “Temos, finalmente, todos os problemas que vão surgindo ao nosso redor: *a poluição do ar e as doenças respiratórias, que afetam especialmente as crianças pequenas, a modificação dos climas e a multiplicação das intempéries, a poluição dos solos e das águas pelos nitratos, [...]*” (p. 70, itálico nosso). Resumindo, chega-se a conclusão que a tendência político-ideológico da carvoaria da Vale é causadora de um rastro contínuo de malefícios para as populações da região. Porém, esses efeitos negativos poderiam ser evitados caso houvesse uma política de proteção ambiental pela empresa supracitada.

---

aumentado em 60% no mês de setembro e 40% no mês de agosto por conta das altas temperaturas. Segundo o diretor do Hospital, “*as doenças mais comuns nesse período são as do aparelho respiratório, como infecções de garganta, pneumonia, asma alérgica e sinusite*”.

Sobre a perda de vidas humanas e outros malefícios causados pelas atividades industriais Lima (2011), faz comentários sensíveis quanto ao valor da vida:

*A irreversibilidade e a incompensabilidade são outras características distintivas dos novos tipos de risco. De fato, determinados riscos apresentam consequências irreversíveis. É o caso, por exemplo, de mortes, deformidades ou doenças crônicas decorrentes de processos de contaminação ambiental. A incapacidade de compensar os danos causados relaciona-se, por um lado, à tendência a irreversibilidade de certos riscos e, por outro, à incapacidade de calcular e valorar os efeitos destrutivos produzidos. Como valorar e compensar uma morte, aborto ou deformidade provocado por um acidente de contaminação ambiental? (p. 121, itálico nosso).*

O falecimento do marido da Dona Francisca exemplifica o processo de irreversibilidade do quadro clínico deste, restando apenas esperar à hora da morte. Este triste fato demonstra a falta de solidariedade das multinacionais para com os moradores locais onde se confirma mais uma vez o processo de compartimentação do território e, assim, conclui-se que “as empresas apenas têm olhos para os seus próprios objetivos e são cegas para tudo o mais” (SANTOS, M., 2013, p. 85).

Outra parte da população que foi severamente atingida pelas atividades das siderúrgicas no município de Açailândia (MA) foram os moradores do bairro Piquiá de Baixo (298 unidades domiciliares<sup>17</sup>). Por exemplo, os efluentes líquidos provenientes da siderúrgica Gusa Nordeste foram despejados sem tratamento prévio onde é citado um trecho do Relatório de Perícia Ambiental<sup>18</sup> feito a pedido da Juíza de Direito da Comarca de Açailândia:

As emissões de fuligem, água contendo resíduos metálicos e ruídos **são certamente prejudiciais à saúde humana**. As condições em que vivem

---

<sup>17</sup> Informações recolhidas em entrevista a membros da associação de moradores e representantes do CREA-MA, que confirmaram a estimativa em audiência pública.

<sup>18</sup> Relatório de Perícia Ambiental, Dr. Ulisses Brigatto, 2007.

moradores, seus hábitos e tradições tornam a situação ainda mais crítica. Os animais de criação, como galináceos e porcos comem insetos e detritos contendo traços dos metais que podem ser carregados pela água pluvial quando esta corre pelo pátio da empresa antes de atingir os quintais. No momento da perícia, o vento soprava na direção leste-oeste, existem muitas habitações nesta região que são atingidas pelas descargas gasosas. A água de resfriamento dos altos fornos sai aquecida do pátio da empresa e contendo materiais dissolvidos, é forte o cheiro de ferro oxidado, levando-se em consideração que não é somente o ferro que se encontra nos minérios processados, essa água pode sim contaminar os quintais das casas e as pessoas que ali habitam, sobretudo crianças. Ainda, após passar pelos quintais das casas, a água atinge o ribeirão Piquiá levando os metais e elevando a temperatura da água (FIDH; JUSTIÇA GLOBAL; JUSTIÇA NOS TRILHOS, 2011, p.49, grifo nosso).

A partir, deste relatório fica evidente o descaso da referida siderúrgica com a preservação dos recursos hídricos, pois esta *deveria* realizar o resfriamento e tratamento do efluente líquido proveniente dos altos fornos. Outro fator agravante trata-se da temperatura, já que a solubilidade dos compostos químicos na sua grande maioria sofre aumento quando o efluente líquido se encontra em altas temperaturas. Outro problema gerado pela temperatura alta do efluente se refere à diminuição da taxa de oxigênio dissolvido tendo a possibilidade de causar a morte dos peixes. Assim, além da poluição atmosférica a siderúrgica Gusa Nordeste também é causadora da contaminação do ribeirão supracitado tornando-se um agente perturbador da ordem natural acarretando a produção de dívidas sociais.

Diante, desses fatos torna-se evidente que a situação dos moradores do bairro Piquiá de Baixo, Açailândia (MA), vivem em diversas situações de risco como: poluição do ar, contaminação da água e do solo. Os vários problemas de saúde especificamente, as doenças do aparelho respiratório são provas dos “efeitos sociais” negativos e da construção de uma sociedade de risco. Logo, emergem as necessidades urgentes de investimentos na instalação de filtros industriais, a fim de diminuir a poluição atmosférica, como também na construção de estações de tratamento de efluentes líquidos. Nestes casos, comprovam-



se a inexistência de uma gestão administrativa ambiental prudente que protegeria o meio ambiente e, conseqüentemente as pessoas de doenças respiratórias entre outras.

Logo, confirmam-se as palavras do sociólogo Beck (2011) quando enfatiza que:

Na modernidade tardia, a produção social de *riqueza* é acompanhada sistematicamente pela produção social de *riscos*. Conseqüentemente, aos problemas e conflitos distributivos da sociedade da escassez sobrepõem-se os problemas e conflitos surgidos a partir da produção, definição e distribuição de riscos científico-tecnologicamente produzidos (p. 23).

Desta forma, o estudo dos “efeitos sociais” negativos sobre a produção do carvão vegetal e ferro-gusa promoveria um estudo crítico sobre as irresponsabilidades socioambientais das respectivas indústrias, ou em outras palavras, o surgimento dos riscos é oriundo da produção industrial. Com isso, a riqueza industrial produzida não é revertida para o bem estar das pessoas que vivem nos arredores das indústrias (carvoarias/minero siderúrgicas) pelo contrário, um dos bens mais preciosos para o ser humano, a saber, a saúde física é perdida. Ou ainda, como disse Milton Santos (2013): “*Daí o desapareço à saúde como um bem individual e social inalienável*” (p. 48, itálico nosso). Assim, “os pobres não são incluídos nem marginais, eles são excluídos” (SANTOS, M., 2013, p. 72). Pior ainda, perdem o seu bem estar físico e, com isso, a capacidade de trabalhar e serem autossuficientes. Conseqüentemente, instala-se o processo de exclusão restando para os inválidos algumas vezes uma pensão indenizatória de baixo valor.

Ainda, sobre o processo de exclusão, Milton Santos (2013) faz o seguinte apontamento:

Vejam, então, a diferença entre o uso da palavra pobreza e da expressão dívida social nesses cinquenta anos. Os pobres, isto é, aqueles que são o objeto da dívida social, foram já *incluídos* e, depois, *marginalizados*, e acabam por ser o que hoje são, isto é, *excluídos*. Esta exclusão atual, com a produção de dívidas sociais, obedece a um processo racional, uma racionalidade sem razão, mas que comanda as ações hegemônicas e arrasta as demais ações. Os excluídos são o fruto dessa racionalidade (p. 74).

Com os fatos supracitados é possível acompanhar a formação do processo de exclusão chegando à conclusão que “a superfície da Terra é inteiramente compartimentada e o respectivo caleidoscópio se apresenta sem solução de continuidade” (SANTOS, M., 2013, p. 81).

Ainda, sobre o processo de exclusão verifica-se a “ausência deliberada do Estado de sua missão social reguladora esteja contribuindo para uma produção científica, globalizada e voluntária da pobreza” (SANTOS, M., 2013, p. 72). Neste mesmo pensamento, Santos (2013), levanta ideias que convergem com a ausência do Estado: “Fala-se, igualmente, com insistência, na morte do Estado, mas o que estamos vendo é seu fortalecimento para atender aos reclamos da finança e de outros grandes interesses internacionais, *em detrimento dos cuidados com as populações cuja vida se torna mais difícil*” (p. 19, *itálico nosso*).

Caminhando nesta direção, observa-se que a inexistência de uma política protecionista para com as populações pobres acaba estabelecendo uma maior fragilidade social e, conseqüentemente gera-se uma dívida social. Para finalizar, é pertinente levantar as seguintes questões feitas por René Passet (2003): “Temos com toda certeza a produção de uma quantidade de riquezas sem precedentes, mas em benefício de quem? E a que preço? A corrupção de tudo que eles tocam, a natureza, a sociedade... até o ar que respiramos” (p. 78).

A fim de acelerar o processo de extração de madeira foram concedidos “incentivos fiscais não só pela SUDAM/BASA [Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia], ao mesmo tempo, para as madeireiras, os pecuaristas e grandes fazendeiros, mas também pelo Programa Grande Carajás (PGC)” (COELHO et al., 2006, p. 446).

Os principais centros madeireiros no sudeste do Pará encontravam-se próximos da área do Projeto Ferro Carajás, a saber: Paragominas na Belém-Brasília, Novo Repartimento, Itupiranga e Marabá na Transamazônica, e Goianésia na PA-150 e Rondon do Pará na BR-222 (COELHO et al., 2006, p. 447). Além destes, o município de Açailândia (MA) como já citado anteriormente foi outro centro fornecedor de carvão vegetal.

Sobre os impactos sociais e ambientais oriundos da exploração madeireira das regiões supracitadas Coelho et al. (2006) fazem o seguinte apontamento:

Trata-se do segmento indústria da siderúrgica, cujo processo produtivo implica consumo de grandes quantidades de carvão vegetal como

insumo em seu processo produtivo. Em fase da crescente dificuldade da aquisição deste insumo no Sudeste brasileiro e da manutenção da rota tecnológica por este segmento da indústria, o deslocamento destas indústrias para a fração Oriental da Amazônia, onde ainda a aquisição de carvão vegetal é bem mais fácil e barata, parece consolidar-se como uma tendência que se desenha e que já permite inferir efeitos deletérios relacionados à demanda daquele insumo.

De tal forma que a demanda de carvão vegetal consolidou-se como principal elo de articulação da siderurgia com a socioeconomia da região. Como o preço de compra do carvão vegetal é baixo, sua produção regional tem acarretado muitos impactos sociais e ambientais na região. Impactos que se materializam pela ampliação da pressão exercida sobre a floresta amazônica, por práticas ambientalmente imprudentes e pela produção do carvão vegetal sustentada por trabalho precário, mal remunerado e insalubre (p. 448-449).

Com isso, conclui-se que para a classe trabalhadora ligada a produção do carvão vegetal não houve um enriquecimento dos direitos sociais restando apenas precariedade, baixa remuneração e trabalho em condições insalubres. Assim, o carvão vegetal como insumo na siderurgia ocasionou dividendos sociais às populações atingidas pelo Projeto Ferro Carajás.

Outro agente perturbador da ordem natural no sudeste do Pará foi a construção da Estrada de Ferro Carajás onde Coelho et al. formulam as seguintes questões:

Lançar contemporaneamente o olhar para o sudeste do Pará significa comparar o passado com o presente e indagar sobre o seu futuro. Representa inquirir sobre o que mudou regionalmente após a construção da Estrada de Ferro Carajás da Companhia Vale do Rio Doce? Onde, como e por que mudou? O problema consistirá, então, em entender o processo de desestruturação ou mudanças sociais e espaciais dominantes no sudeste do Pará (p. 405).

No passado, primeiras décadas do século XX, a economia no sudeste do Pará baseava-se na exploração e comercialização da castanha-do-pará e a agricultura limitava-se à subsistência e a pecuária era inexpressiva (COELHO et al., 2006, p. 412). Inicialmente, a extração dos castanhais era livre, mas a grande importância da exploração da castanha-do-pará, tendo levado inclusive Marabá (PA) a ser considerada como cidade [1923], deixou então de existir de forma livre (COELHO et al., 2006, p. 412). Assim sendo, “nasceu à oligarquia dos castanhais, que dominava inicialmente o sistema de coleta e, posteriormente, o transporte e a comercialização do produto” (COELHO et al., 2006, p. 412).

No entanto, o golpe militar de 1964 ocasionou sérias dificuldades à preservação dos poderes oligárquicos resultando numa longa história de disputa pelo poder local, levando à perda da hegemonia exercida pela oligarquia dos castanhais (COELHO et al., 2006, p. 412). De acordo com Coelho et al. (2006), os seguintes fatores provocaram drásticas mudanças na região, a saber: “a queda no preço da castanha, a política de abertura de estradas, os incentivos fiscais e creditícios à agropecuária e aos grandes projetos mineradores e a luta pela terra com o fortalecimento dos movimentos sociais” (p. 412).

Na contra mão, “a descoberta do ferro nos planaltos do Itacaiúnas, no extremo do antigo município de Marabá, foi fator decisivo de povoamento desta porção municipal, que ficava fora da área de grande concentração dos castanhais” (COELHO et al., 2006, p. 412). Ainda, segundo Coelho et al. (2006, p. 413), um texto especificado final da década de 1960 sobre o Distrito Ferrífero dos Carajás, apresentado pela Amazônia Mineração S.A. (AMZA), onde o minério de ferro foi encontrado, descreve o isolamento da região:

A região é, ainda hoje, completamente isolada pela selva, a mesma selva amazônica por onde andou pesquisando o geólogo e naturalista alemão Alexander Von Humboldt por volta de 1800 [o texto aqui omite o fato de que Humboldt nunca pisou em território brasileiro]. Todas as ligações com a Serra dos Carajás são feitas por vias aéreas. Mesmo no interior da área, onde foram construídas algumas estradas para apoio à prospecção, há enorme dependência do transporte pelo ar, empregando-se notadamente o helicóptero, em virtude de sua adequada flexibilidade AMAZÔNIA MINERAÇÃO S. A.

( 19\_ \_? apud Coelho et al., p. 405).

Por meio deste texto, é possível verificar que a região era inóspita e que a exploração do minério de ferro traria fortes impactos socioambientais para a região do sudeste do Pará.

Segundo Coelho et al. (2006), “em 1967, a United State Steel<sup>19</sup> anunciou a descoberta do ferro de Carajás” (p. 416). Contudo, havia uma decisão que precisava ser tomada quanto à logística de transporte do minério de ferro e que viria a ser cercada de imensa polêmica onde duas possibilidades de escoamento do minério foram fontes de estudo, surgindo então a seguinte pergunta: – *Qual era a solução mais viável a ser adotada para o escoamento do ferro: a hidrovía Itacaiúnas-Tocantins ou uma ferrovia?* (COELHO et al., 2006, p. 418).

De acordo com Coelho et al. (2006):

Segundo porta vozes da AMZA, diferentes alternativas foram por ela estudadas. A primeira delas consistia na construção de uma estrada de ferro com aproximadamente 40 km de extensão que transportaria o minério até o rio Parauapebas, seguido de transporte do minério por barcaças, numa extensão de 830 km, até a Ilha dos Guarás; a segunda alternativa seria a construção de uma ferrovia com 300 km de extensão até Tucuruí seguida de transporte fluvial até o porto marítimo (p. 418).

A segunda alternativa foi a escolhida devido “as vantagens da ferrovia altamente tecnicizada para transportes no *volume* e na *velocidade* que requeriam o abastecimento do mercado transoceânico, no qual as indústrias siderúrgicas japonesas, naquele momento, seriam as maiores beneficiadas, eram incontestáveis” (COELHO et al., 2006, p. 420, *itálico nosso*). A Estrada de Ferro Carajás teve “sua construção iniciada em 1979, sendo seu primeiro carregamento de minério de ferro datado de fevereiro de 1985” e, sua “capacidade de transporte prevista

---

<sup>19</sup> De acordo com Coelho et al. (2006), “esta companhia detinha o direito de exploração de minério de ferro sobre uma área de 160 mil ha na serra de Carajás e, posteriormente, estimado em 18 bilhões de toneladas com uma média de 66% de concentração de ferro e com condições ideais para a lavra a céu aberto. Além destas características, suas qualidades físicas colocavam o minério de ferro em vantagens em relação às melhores jazidas do mundo. Havia também as jazidas de manganês, 60 milhões de toneladas, com teor acima de 40%” (p. 416).

na ocasião de sua construção era de 35 milhões de toneladas anuais de minério de ferro, contra os 54 milhões atuais” (COELHO et al., 2006, p. 425).

Como fonte de apoio logístico a “Estrada de Ferro Carajás faz conexão em Açailândia com a Ferrovia Norte-Sul, em seu trecho de 107 km, alcança dois portos situados na baía de São Marcos: o Porto da Ponta da Madeira e o Porto de Itaquí” (COELHO et al., 2006, p. 425).

As construções de obras logísticas de grande porte requerem um grande contingente de mão de obra conseqüentemente, ocorrem processos migratórios a fim de atender as exigências de pessoal. Caminhando nesta direção, Coelho et al. (2006) fazem o seguinte apontamento que é de grande importância para os estudos demográficos sobre a região do sudeste do Pará e Maranhão:

A construção da Estrada de Ferro, na década de 1980, intensificou a migração, redirecionando os migrantes nordestinos, goianos e mineiros da Transamazônia [rodovia] para outras áreas do sudeste do Pará e sudoeste do Maranhão. O crescimento da população atingiu todos os municípios ao longo da Estrada de Ferro Carajás. Cresceu assim a população concentrada nas cidades de Marabá no Pará, Imperatriz e Açailândia no Maranhão, nos antigos povoados de Parauapebas/Rio Verde (atualmente cidade de Parauapebas), km 30 (hoje Curionópolis) e o km 3 (Eldorado de Carajás) – situados nas proximidades das áreas de lavra da CVRD e dos garimpos – ligados entre si pela PA-275 e suas vicinais (p. 433).

O rápido crescimento populacional da região do sudeste do Pará pode ser dimensionado pelos seguintes números: “40.370 na década de 1970, para 129.115 na década de 1980, 245.593 na década de 1990 e, ainda para 377.533 em 2000” (BUNKER; COELHO; LOPES, 2002, p.35).

A partir desses dados estatísticos populacionais é possível verificar as mudanças demográficas dinâmicas oriundas da exploração de recursos naturais (BUNKER; COELHO; LOPES, 2002, p. 35). Estas mudanças causaram o rápido crescimento como o município de Marabá (PA) e, conseqüentemente houve o aumento no número de povoados, embriões de formação de novos municípios, por exemplo, o município de Parauapebas criado em 1988, que surgiu da implantação dos projetos da CVRD em Carajás e Curionópolis (COELHO et al., 2006, p.434).

Mais tarde, surgiriam outras cidades provenientes da expansão de Marabá como: Água Azul do Norte e Eldorado dos Carajás, ambos em 1991, e ainda, Canaã dos Carajás em 1994.

A tabela 3 mostra o crescimento demográfico acelerado no município de Marabá entre os anos de 1970 e 2000, ou seja, o aumento populacional em trinta anos.

Tabela 3: Rápido crescimento do município de Marabá

Municípios Com e Sem Divisão	População			Taxas de Crescimento Anual (%)	
	1970	1980/91	2000	1970/80	1980/91 1991/00
Marabá(c/div.)	24.474	59.915	123.668	168.020	6,81 3,46
Marabá (s/div.)	24.474	59.915	215.675	321.668	13,66 4,56
<b>Municípios Desmembrados de Marabá</b>					
Parauapebas	53.335	71.568		—	— 3,32
Curionópolis	38.672	19.486		—	— -7,33
Canaã dos Carajás		10.992			
Água Azul do Norte		22.084			
Eldorado dos Carajás		29.608			

Fonte: IBGE – Censos Demográficos 1970, 1980, 1991 e 2000.

De acordo com Côrrea e Carmo (2010), verifica-se que Curionópolis apresentou uma taxa de crescimento demográfico negativa, 7,33% a.a. (ao ano) (ver tabela 3). Contudo, uma parte do seu território foi desmembrada para a criação de Eldorado dos Carajás (p. 12). Ainda, segundo Côrrea e Carmo (2010), “Parauapebas se considerada isoladamente apresenta taxa de crescimento de 3,32% a.a., porém, se analisada em conjunto com a população reconstituída de Água Azul do Norte e Canaã dos Carajás apresenta taxa de crescimento médio anual de 7,77% para o período de 1991-2000” (p. 12).

Sobre as condições sociais geradas pela globalização nos municípios e regiões, Milton Santos (2013) faz as seguintes reflexões:

A multiplicidade de situações regionais e municipais [caso brasileiro], trazida com a globalização, instala uma enorme variedade de quadros de vida, cuja realidade preside o cotidiano das pessoas e deve ser a base para uma vida civilizada em comum. Assim, a possibilidade de cidadania plena das pessoas depende de soluções a serem buscadas localmente, desde que, dentro

da nação, seja instituída uma federação de lugares, uma nova estruturação político-territorial, com a indispensável redistribuição de recursos, prerrogativas e obrigações. A partir do país como federação de lugares será possível, num segundo momento, construir um mundo como federação de países (p. 113).

O Projeto Ferro Carajás promoveu o crescimento demográfico acelerado das cidades supracitadas, contudo não houve uma *estruturação político-territorial* e, assim, os novos habitantes não foram atendidos em suas necessidades primeiras criando núcleos de instabilidade social. Por exemplo:

A crise do monopólio da posse privada da terra e a ausência de políticas governamentais criadoras de alternativas resultaram no aumento dos violentos e frequentes conflitos de terra (localmente presentes desde a década de 1970) e na aceleração no processo do crescimento da população dos desempregados, concentrada nas periferias das cidades e dos núcleos urbanos existentes. Cresceram, particularmente, as periferias pobres de Parauapebas, Curionópolis, Marabá e Eldorado do Carajás, sintomas adicionais do processo de comprometimento ambiental da região (COELHO et al., 2006, p. 437).

Assim, fica nítido as mazelas sociais surgidas devido a inexistência de uma política social voltada para o desenvolvimento das parcelas mais pobres das populações das cidades supracitadas.

Outra mudança além do crescimento demográfico foi a alteração na economia rural da região já que, “os antigos foreiros da castanha passaram a dividir suas terras e vendê-las para empresas e fazendeiros originários do Sudeste e Nordeste do Brasil, reservando para si áreas para que eles próprios se transformassem em pecuaristas” (COELHO et al., 2006, p. 437). Caminhando nesta direção, “a paisagem resultante da expansão pecuarista construída por grandes e pequenos proprietários fundiários, em área e em produção, foi popular e recorrentemente referida como um *cemitério* de castanheiras” (COELHO et al., 2006, p. 438).

Por exemplo, entre o período de 1970/85, em Marabá houve o crescimento da população bovina na faixa de 334,5% especificamente,



de 41.156 para 178.840 cabeças de boi (COELHO et al., 2006, p. 440). Por sua vez, no município de Água Azul do Norte entre 1997/2000 procedeu-se um alarmante acréscimo de 73,0% devido não somente a formação de pastagens, mas também a expansão da produção familiar (COELHO et al., 2006, p. 440). Outro município que sofreu alteração foi Canaã dos Carajás onde “as áreas de matas já desapareceram e foram substituídas pelas pastagens que sustentam a pecuária leiteira” (COELHO et al., 2006, p. 440). Ainda, em Curionópolis “as matas deram lugar a pastagens destinadas tanto ao gado leiteiro quanto ao de corte” (COELHO et al., 2006, p. 440). E, mais, os migrantes pobres do Nordeste ou os produtores portadores de capital reduzido do Sudeste e Sul do país foram alijados das políticas públicas, pós 1974, constituindo-se numa força de mudança, de forma que, organizados, ou não, ocuparam terras, plantaram e deram origem a uma pecuária extensiva (COELHO et al., 2006, p. 438).

Assim com o crescimento demográfico acelerado, na década de 1980, as famílias camponesas sofreram um novo ciclo de ameaças quando foi construída a Estrada de Ferro Carajás (EFC), controlada pela Vale. A ferrovia acirrou o movimento migratório e a especulação fundiária, agravando conflitos, sem que houvesse qualquer medida governamental ou por parte da própria Vale para abrandar os impactos negativos do projeto (FIDH; JUSTIÇA GLOBAL; JUSTIÇA NOS TRILHOS, 2011, p. 36).

#### **6.3.4 Impactos físico-ambientais**

O foco de análise localiza-se no sudeste paraense especificamente, tendo como principal centro de convergência a cidade de Marabá (PA). Segundo Coelho et al. (2006), “as grandes alterações ocorreram a partir de meados da década de 1980, impulsionadas pela implantação de grandes projetos, como o Programa Grande Carajás (PGC) e da Usina Hidrelétrica de Tucuruí [UHE-Tucuruí]” (p. 449).

De acordo com Coelho et al. (2006), esta órbita-ponto “abrange o centro da Província Mineral de Carajás. Além de recobrir partes dos municípios de Marabá, Parauapebas, Itupiranga, Água Azul do Norte, Canaã dos Carajás, [...]” (p. 456).

Os mapas imagens, da figura 10, segundo Coelho et al. (2006) revelam as seguintes conclusões:

Os impactos sentidos nesta região ocorreram, sobretudo na retirada de cobertura vegetal nos arredores da área de concessão de uso da CVRD,

incluindo as áreas de assentamento do antigo GETAT [Grupo Executivo das Terras do Araguaia-Tocantins], a área correspondente à APA [Área de Proteção Ambiental do Igarapé Gelado], onde se encontra a pêra ferroviária, e uma importante bacia de rejeitos de ferro, objeto de disputas entre CVRD e posseiros (p. 457).

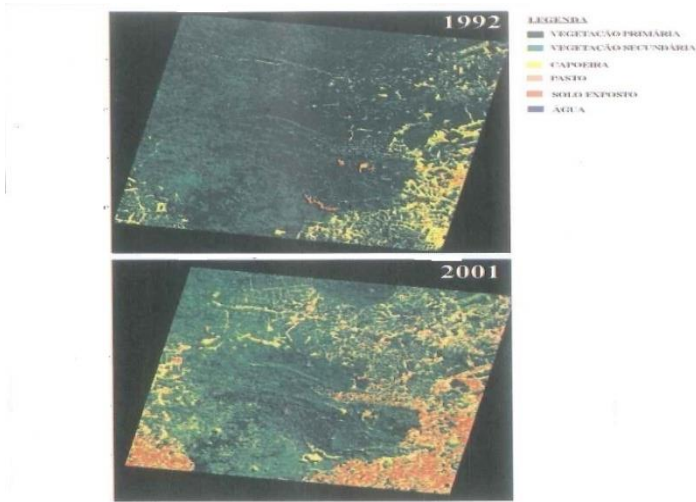


Figura 10: Classificação da cobertura vegetal e uso da Terra da órbita-ponto 224/064 em 1992 e 2001. Responsável Técnico: Bernardo Costa Ferreira.

Através destes mapas imagens é possível verificar que entre 1992 a 2001 houve um crescimento expressivo das capoeiras, terreno com mato que foi roçado ou queimado para o cultivo da terra, e segundo Coelho et al. (2006), “é possível observar que parte das capoeiras antigas foi reaproveitada, porém com baixo grau de produção de pastagens, como comprovado em campo” (p. 457).

A órbita-ponto 223/063 abrange a porção leste do Reservatório de Tucuruí (partes dos municípios de Breu-Branco, Goianésia do Pará, Ipixuna, Paragominas, Dom Eliseu, Nova Ipixuna e Bom Jesus; e a totalidade dos municípios de Rondon do Pará, Abel Figueiredo e Jacundá) (COELHO et al., 2006, p. 458).

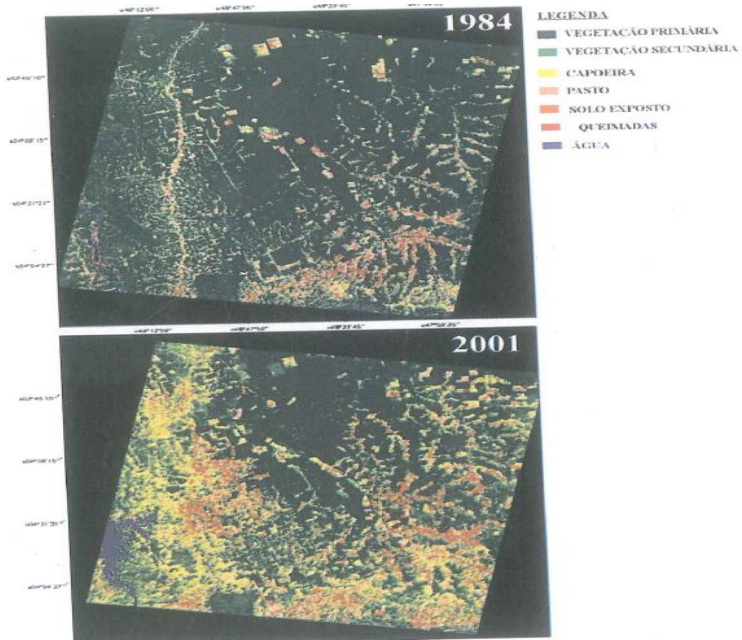


Figura 11: Classificação da cobertura vegetal e uso da Terra da órbita-ponto 223/063 em 1984 e 2001. Responsável Técnico: Bernardo Costa Ferreira.

Verifica-se por meio dos mapas imagens, figura 11, que a presença de capoeiras de 1984 para 2001 tiveram um aumento expressivo e, mais, “as queimadas em atividade foram detectadas nestas imagens, porém, sua abrangência espacial era bem restrita, apresentando, no entanto, colocação sistemática para formação de pastos e abertura de novas áreas” (COELHO et al., 2006, p. 461).

Por último, a órbita 223/064, figura 12, Região de Marabá e dos Vales dos Rios Araguaia e Tocantins, apresenta como centro de convergência a área de estudo mais importante: a cidade de Marabá, além desta, a imagem abrange partes dos municípios de Itupiranga, Curionópolis, Bom Jesus e Piçarra, recobrando inteiramente os municípios de São João e São Domingos do Araguaia, Brejo Grande, Palestina e Eldorado dos Carajás (COELHO et al., 2006, p. 461).

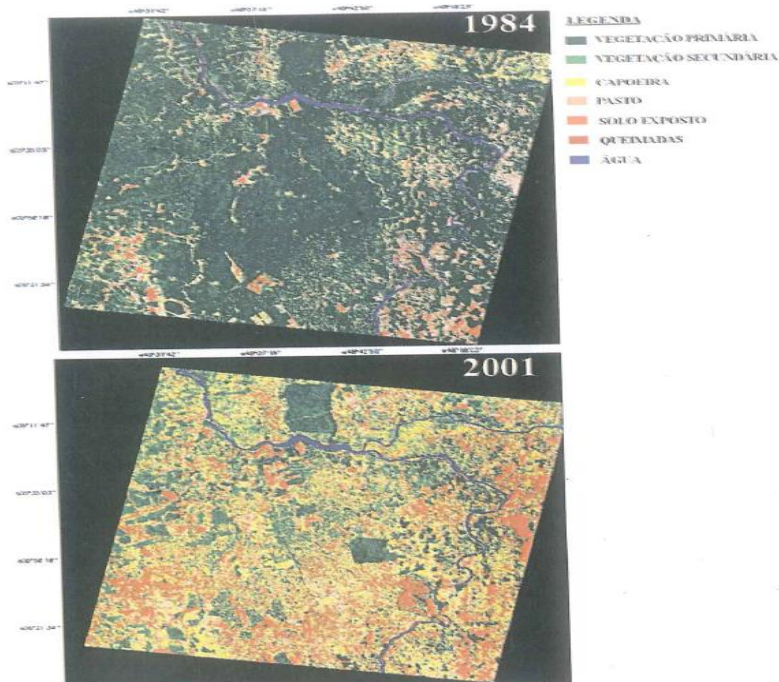


Figura 12: Classificação da cobertura vegetal e uso da Terra da órbita-ponto 223/064 em 1984 e 2001. Responsável Técnico: Bernardo Costa Ferreira.

A citação a seguir, retrata com amplitude as mudanças físico-ambientais ocorridas nesta região:

O grau de transformação observado nesta órbita-ponto para os anos de 1984 e 2001 demonstram a retirada quase que praticamente completa da cobertura vegetal ocasionada pela formação de pastagens e pelas sucessivas queimadas. As extensas faixas formadas pelas castanheiras deram lugar aos pastos e capoeiras. A área sofre atualmente pela perda de nutrientes no solo, que, em alguns pontos, apresenta alto grau de esgotamento. Os solos, outrora recobertos por uma densa floresta, apresentam como cobertura capoeiras velhas e pastos tomados por espécies invasoras, que tornaram as áreas inúteis à prática da pecuária. Em algumas fazendas, faixas de terra são deixadas de lado por longo tempo,

apresentando sinais de erosão e perda laminar de nutrientes das camadas superiores (COELHO et al., 2006, p. 462).

Com isso, conclui-se que as atividades destinadas à agropecuária trouxeram mudanças físico-ambientais profundas na região. Outra consequência foi o empobrecimento do solo causado pela perda de nutrientes levando este a um alto grau de esgotamento.

Outra mudança físico-ambiental trata-se da formação de cavas oriundas da exploração do minério de ferro. A foto a seguir, retrata a mudança da paisagem em Carajás, no estado do Pará (PA).



Figura 13: Mina da CVRD em Carajás (PA).

De acordo, com Martins (2013), “a extração é realizada através de explosões, o platô, rico em minério de ferro, vai se transformando em grandes buracos e a terra, que não contém minério, é depositada em pilhas, criando montanhas em torno dos buracos”. Além disso, a extração de minério de ferro também é causador de um forte impacto na questão hídrica, pois o desmatamento da região acaba por provocar mudanças no microclima da região.

Assim, verifica-se que o Estado precisa atuar como agente fiscalizador. Sobre isso, Canto (1996) faz a seguinte observação:

As explorações minerais frequentemente acontecem longe dos centros urbanos e, portanto, longe dos olhares do público e da imprensa. Soma-se a isso a ineficiência governamental em executar uma rígida fiscalização sobre todas as inúmeras regiões de exploração mineral, o que configura um quadro de depredação ambiental

mais difícil de reverter quanto mais adiantado estiver (p. 120).

Diante deste quadro preocupante, mais uma vez é possível afirmar que a atividade mineral personificada por multinacionais estrangeiras são causadoras de profundas mazelas ambientais e que o Estado necessita ampliar a contratação de fiscais ambientais.

O estudo das consequências geradas pelo Projeto Ferro Carajás demonstra “que estudar impactos implica analisar as interações entre os processos ecológicos ou bio-físico-químicos, político-econômico-espaciais e socioculturais, um procedimento que combina Ecologia, Geografia, História, Economia e Sociologia” Coelho (1991, 2000, 2001 apud COELHO et al., p. 408). Ou seja, fica notório que os estudos sociais da C&T requerem um projeto pedagógico fundamentado na interação entre as diferentes componentes curriculares, a saber: Geografia, História e Sociologia.

O Projeto Ferro Carajás trouxe dividendos sociais e mudanças físico-ambientais drásticas devido à falta de uma política mineral que levasse em consideração, por exemplo, os imigrantes que viriam a trabalhar no projeto supracitado. O seguinte apontamento de Milton Santos (2013) converge para a conclusão anterior:

Muda a estrutura do emprego, assim como as outras relações econômicas, sociais, culturais e morais dentro de cada lugar, afetando igualmente o orçamento público, tanto na rubrica da receita como no capítulo da despesa. Um pequeno número de grandes empresas que se instala acarreta para a sociedade como um todo um pesado processo de desequilíbrio (p. 68).

Desta forma, as carvoarias, a construção da Estrada de Ferro Carajás e a extração de minério de ferro trouxeram alterações profundas para a sociedade e o meio ambiente deixando assim, um legado de exclusão social e destruição dos recursos naturais. Ou melhor, as cidades que surgiram devido à construção da Estrada de Ferro Carajás precisariam estar preparadas para receber os trabalhadores e, ainda, as carvoarias necessitam se adequar as normas ambientais evitando a poluição do ar e, assim, proteger a saúde da população local. Na maioria das vezes, as cidades não apresentam infraestruturas adequadas para sediar grandes empresas e, desta forma, as próximas gerações são afetadas pela omissão do Estado em prover o enriquecimento dos direitos sociais.

Sobre a utilização dos recursos naturais na América Latina, Novaes e Fraga (2010) fazem a seguinte consideração:

O desenvolvimento latino-americano deve ter como base o horizonte temporal da ecologia no qual os cálculos de planejamento de produção e uso dos recursos naturais deveriam ter um horizonte de longo prazo, o que sinalizaria a utilização adequada dos recursos naturais pelas atuais gerações, pensando evidentemente, na sociedade que gostariam de deixar para os nossos netos (p. 169).

Porém, quando o Estado tem uma política de privatizações não é possível ter uma política ecológica prudente, já que esta se encontra nas mãos de terceiros, conglomerados estrangeiros, e, assim, há o risco de catástrofes ambientais geradas pelo desrespeito as normas ambientais gerando então, um pesado processo de desequilíbrio social e ambiental. No entanto, resta punir severamente com multas homéricas os envolvidos na degradação do meio ambiente não permitindo, que o poder econômico desses “senhores do progresso” atue como um escudo protetor em relação às punições. Além disso, o Estado deve *exigir* que as normas ambientais mais elevadas sejam respeitadas e que os impactos sociais e ambientais causados sejam minimizados.

Sobre a globalização especificamente, a privatização da Vale do Rio Doce, Irene Garrido Filha (2000) faz a seguinte reflexão:

A globalização “inevitável”. Isso não passa de um mecanismo para embrutecer o povo. Estão subordinadas as economias mais débeis e acabando com o sentido de nação e de soberania nacional. Falam apenas em “estado do bem-estar social”. Mas, que bem estar social temos hoje no Brasil como povo? (p. 245).

Resumindo, conclui-se que o processo de globalização não trouxe benefícios sociais as populações do sudeste do Pará e Açailândia (MA) e, que o Estado esteve a *serviço* das necessidades das empresas multinacionais, derrubando o sentido de soberania nacional e, o “agravante em tudo isso é que faltam informações [empresas nacionais sendo vendidas ao capital estrangeiro] para a população que vive anestesiada” (GARRIDO FILHA, 2000, p. 244).

De acordo com as análises realizadas foram detectados silêncios no livro didático, *Química Cidadã* (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.),

2013c), relacionados aos impactos sociais e ambientais oriundos da produção do carvão utilizado para redução do ferro metálico e também da construção da Estrada de Ferro Carajás.

### 6.3.5 Aplicações tecnológicas e propriedades dos metais

Na continuidade, sobre o tema “*Metais*”, ocorre a abordagem sobre as propriedades dos metais com os seguintes questionamentos: “Que propriedades os metais têm em comum? Por que eles apresentam tais propriedades?” (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 218). Na sequência, informam que os materiais metálicos são amplamente utilizados em nossa sociedade graças às suas propriedades físicas e químicas, estas propriedades em diferentes intensidades, mas comuns a todos eles (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 218). A primeira propriedade abordada no livro *Química cidadã* (2013c) é o brilho e a cor, por meio das seguintes informações:

O brilho dos materiais se deve à reflexão da luz que incide sobre eles. Polidos, os materiais metálicos refletem a luz, ou seja, brilham.

A cor dos metais normalmente varia entre branco e cinza, sendo que a maioria apresenta a cor prateada e alguns apresentam outras cores. O ouro tem coloração amarelada; a prata, cor prateada; e o cobre, avermelhada.

Por serem extremamente brilhantes, o ouro e a prata são largamente empregados na confecção de joias e no revestimento de objetos de valor (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 218).

Estas informações são importantes, pois apontam para um dos segmentos que os metais são muito utilizados, a saber, o das bijuterias que embelezam ainda mais as mulheres. A cor dos metais também exerceu uma forte impressão para o então menino Oliver Sacks (2011):

**Muitas das minhas lembranças** de infância têm relação com metais: eles parecem ter exercido poder sobre mim desde o início. Destacavam-se em meio à heterogeneidade do mundo por seu brilho e cintilação, pelos tons prateados, pela uniformidade e peso. Eram frios ao toque, retiniam quando golpeados (p. 9).

Com isso, revela-se o fascínio que os metais têm sobre os seres humanos sendo que outra forma de realçar esse brilho é através do



polimento. Por exemplo, objetos como rodas de carro e bijuterias entre outros apresentam um maravilhoso aspecto visual quando polidos.

As próximas propriedades informadas são:

**Maleabilidade** é a propriedade apresentada pelos materiais que os torna moldáveis, permitindo sua ampla utilização na fabricação de objetos com diferentes formas e funções. A maleabilidade permite ainda a laminação de alguns metais empregados para diferentes finalidades.

**Ductilidade** é a propriedade que permite transformar um material em fios. Para isso, é necessário que ele seja estirado e alongado, formando extensos fios. Graças a essa propriedade, os metais são empregados na distribuição de energia elétrica, desde sua geração até a utilização final (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 218).

Essas informações são de grande importância, pois a laminação produz chapas metálicas de diferentes espessuras e dimensões, por exemplo, tem grande utilidade para as indústrias automotivas e de aviação. A ductilidade é outra propriedade muito importante, pois tem grande importância na fabricação de fios elétricos.

Na sequência, duas propriedades são citadas:

**Elasticidade** é a propriedade que permite a um material ter sua forma modificada pela ação de uma força e depois retornar à forma original; **plasticidade** é a propriedade que permite deformar o material sem rompê-lo. Ambas são características de determinados metais, e de suas ligas, que possibilitam a construção de objetos como molas. O chumbo é um exemplo de metal maleável, mas pouco elástico (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 219).

Por meio dessa abordagem é possível informar aos leitores as propriedades que fazem dos metais, os materiais de grande benefícios para a sociedade nos variados segmentos fabris. Ainda, exemplificam citando o chumbo que por muito tempo foi utilizado como canos nas redes de distribuição de água na antiguidade, porém este material é tóxico representando assim, um perigo à saúde humana.

Através do questionamento, a seguir, os autores abordam a condutibilidade elétrica dos metais: “Por que os fios que ligam

equipamentos à rede elétrica são feitos de metal e cobertos com plástico?” (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 219). A resposta vem por meio das seguintes informações:

A condutibilidade elétrica varia muito de metal para metal. Apesar de todos serem condutores de eletricidade, alguns apresentam um grau menor de condutibilidade elétrica, ou seja, maior resistência à passagem da corrente; por isso, são empregados como resistores elétricos. Ao serem percorridos pela corrente, esses metais aquecem e emitem energia na forma de calor e/ou luz. Prata e ouro são os metais que apresentam os maiores valores de condutibilidade elétrica, mas, por ser muito caros, não são aproveitados na confecção de fios elétricos. Entretanto, o ouro é muito utilizado no revestimento de plugues e conectores de equipamentos dos quais se exigem alta precisão e qualidade, devido à sua baixa resistência elétrica e elevada resistência à corrosão (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 219).

Os autores respondem informando que o movimento dos elétrons emite energia na forma de calor e/ou luz sendo necessário então, que estes sejam recobertos com plástico. Citam ainda, dois excelentes condutores de eletricidade, prata e ouro, este último utilizado inclusive como fios em computadores devido à alta condutibilidade elétrica destes. Assim, os materiais metálicos representam fundamental importância na distribuição de energia, por exemplo, o cobre.

Outra importante propriedade abordada é a excelente condutibilidade térmica dos metais onde os autores informam seu grande benefício social:

A alta capacidade de conduzir calor é uma propriedade característica de metais. Por isso, se deixarmos uma comida quente em panela metálica, em comparação a painéis de outros materiais, ela cederá calor mais facilmente para o ambiente e esfriará mais depressa (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 219).

A alta capacidade de conduzir calor está intimamente ligada a constante intitulada **calor específico** do material sendo representada pela unidade cal/g°C. Por exemplo, a água pura líquida possui alto calor específico, a saber, 1,0cal/g°C. Por sua vez, o alumínio utilizado em

panelas apresenta baixo calor específico, 0,215 cal/g°C. Ou seja, para que um grama de alumínio tenha sua temperatura elevada em 1,0 °C é necessário fornecer 0,215 cal enquanto que para a água pura líquida é necessário fornecer 1,0 cal. Assim, a variação da temperatura do alumínio é muito maior quando comparando com um grama de água pura líquida, desde que recebam a mesma quantidade de calor. Assim, apontam a importância dos metais na produção de panelas que são essenciais para o preparo dos alimentos.

Os autores ainda informam que “a escolha do metal mais apropriado para a confecção de um objeto depende muito das propriedades que ele apresenta” (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 220). Ou seja, são as propriedades do metal que definirão suas aplicações tecnológicas.

A próxima propriedade abordada é a seguinte:

A **temperatura de fusão** de um metal é uma propriedade importante para diversas aplicações. Um bom exemplo é o tungstênio, metal utilizado em filamentos de lâmpadas incandescentes por apresentar alta resistividade elétrica ( $10^{-8}$  Ohm m) e possuir elevada temperatura de fusão (3 422°C). Por isso, a corrente elétrica que passa pelo filamento o aquece, provocando emissão de radiação luminosa sem, no entanto, romper sua estrutura e derretê-lo. Normalmente, a temperatura de fusão dos metais é alta. A grande exceção é o mercúrio, único metal líquido em CNTP, cuja temperatura de fusão é -41 °C (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 220).

Os autores citam uma aplicação tecnológica do tungstênio, metal que exercia fascínio sobre o tio de Oliver Sacks, sendo expressa pela seguinte citação: “De início, ninguém percebeu que metal perfeito ele era. Possui o mais elevado ponto de fusão de todos os metais, é mais resistente que o aço e se mantém forte a altas temperaturas – um metal ideal” (SACKS, 2011, p. 42-43). Assim, o tungstênio foi muito utilizado no passado para a confecção das lâmpadas incandescentes.

Na sequência, apontam para outra propriedade física:

A **densidade** dos metais é bastante variada, permitindo uma diversidade de aplicações. O alumínio, por exemplo, é um metal de baixa densidade ( $2,702 \text{ g/cm}^3$ ) se comparado com outros metais. Essa característica valoriza seu emprego

na construção de aeronaves, automóveis esportivos e bicicletas. Aliada à boa condutibilidade elétrica, essa propriedade permite ainda que cabos de alumínio sejam muito utilizados em redes de transmissão de energia, pois podem ser esticados entre torres muito distantes.

Entretanto, apesar de sua baixa densidade, o uso do alumínio é restrito na fabricação de aviões supersônicos e foguetes porque ele apresenta baixa temperatura de fusão (660 °C), quando comparado a outros metais (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 220).

Aqui, especificamente, a baixa densidade do alumínio é apresentada num contexto tecnológico já que ligas de alumínio são utilizadas, a saber: duralumínio (95% de alumínio; 4% de cobre; 1% de magnésio, ferro e silício) e o magnálio (83% de alumínio; 15% de magnésio; 2% de cálcio), ambas apresentam excelente moldabilidade, leveza e alta resistência à deformação sendo então ideais para o revestimento de aeronaves, barcos e automóveis e para a fabricação de utensílios domésticos e de rodas esportivas (CANTOS, 1996, p. 108).

A baixa densidade do alumínio também foi motivo de espanto para Oliver Sacks (2011) quando ainda menino sendo expresso pelo seguinte apontamento: “Numa das visitas, tio Dave mostrou-me uma grande barra de alumínio. Depois de ver os densos metais do grupo da platina, espantei-me com a leveza do alumínio, não muito mais pesado que um pedaço de madeira” (p. 41). Assim, o alumínio e suas ligas apresentam enorme importância para o setor de transportes, utensílios domésticos, tratamento de água entre outros.

Para finalizar, os autores citam três propriedades físicas importantes para o emprego tecnológico:

A **dureza** de um material é a resistência ao ser riscado por outros materiais. O diamante é o mineral que apresenta maior dureza dentre as substâncias naturais. Essa propriedade define qual é o melhor metal ou liga para se constituir uma broca.

A **fragilidade** é a tendência a quebrar-se em decorrência de choques; o ferro e o aço temperado, por exemplo, são extremamente frágeis.

A **tenacidade** é a propriedade que permite ao metal resistir a esforços lentos e progressivos, tais como tração, compressão e flexão, entre outros (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 220-221).

A dureza de um material apresenta enorme importância para atividades como usinagem de peças metálicas e também para a perfuração de rochas marinhas a fim de extrair petróleo em águas profundas. Através da seguinte citação observa-se a necessidade de aços especiais e diamantes para prospecção do petróleo:

A tecnologia de poços é outro segmento que avançou muito desde que os primeiros problemas tiveram de ser enfrentados – em terra ou no mar. As perfurações são feitas por meio de sondas rotativas, *com brocas especiais de aço ou diamante*, de diferentes tipos e tamanhos, a depender do diâmetro do poço e da natureza da rocha que devem triturar (SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL, 2003, p. 33, *itálico nosso*).

Desta forma, verifica-se o progresso tecnológico no setor de perfuração de poços de petróleo advindo da elevada dureza de materiais como o diamante e brocas especiais de aço. Ainda, sobre a dureza do diamante, Sacks (2011) faz a seguinte observação: “Às vezes eu pedia à minha mãe que pegasse seu anel de noivado e me mostrasse o diamante. [...] Minha mãe me mostrou como ele riscava fácil o vidro” (p. 10).

Logo em seguida, ocorre a abordagem das propriedades químicas especificamente, sobre o processo de corrosão dos metais com as seguintes informações:

Há metais, como o ouro e a platina, que praticamente não apresentam sinais de transformação, mesmo quando expostos ao ar e à umidade por longo período, e por isso perdem muito brilho. Assim, joias e utensílios metálicos resistiram por milênios a intempéries da natureza, trazendo aos nossos dias registros de civilizações antigas. Ainda quando são oxidados na superfície, um rápido polimento devolve o brilho reluzente característico.

Diversos outros metais se deterioram com o tempo devido à corrosão: processo espontâneo de

oxidação de metais, provocado na maioria das vezes pela reação com o oxigênio do ar.

A corrosão pode ser vista como a tendência de retorno a substâncias mais estáveis. Assim, quando uma peça de ferro enferruja, o ferro está voltando à forma de óxido, constituinte de grande parte dos minérios.

Muitos materiais e aparelhos metálicos são utilizados na Medicina, como marcapassos, válvulas, pinos dentários e ortopédicos etc. Esses objetos devem ser altamente resistentes à corrosão, pois quando implantados permanecem muito tempo no corpo, e suas funções são de vital importância para quem os utiliza. Sendo assim, eles são feitos de um tipo de aço denominado inoxidável, cuja composição básica é: cromo, níquel, molibdênio, manganês e ferro (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 221).

Através desta abordagem é possível trabalhar no processo de ensino-aprendizagem a importância dos metais na Medicina e, assim, apresentar a Química como uma parceira das ciências médica e odontológica que traz benefícios à saúde humana, por exemplo, na constituição de próteses e pinos dentários. Na continuidade, ressaltam que “em uma cidade litorânea, a corrosão é mais rápida do que em cidades do interior do país, mesmo que estas apresentem alta umidade” (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 221).

Ainda, fazem um importante alerta especificamente, sobre a corrosão biológica, a saber: “alguns microrganismos também provocam corrosão em metais, conhecida como corrosão biológica. Seu estudo e controle são fundamentais para as indústrias alimentícias” (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 221). Para finalizar, os autores informam que:

A corrosão também pode ser causada por microrganismos. Problemas com **embalagens de metal** para alimentos amassadas, por exemplo, podem favorecer o desenvolvimento de uma toxina produzida pela bactéria *Clostridium botulinum*, que só se desenvolve em ambientes sem oxigênio. Essa bactéria causa o botulismo, forma de intoxicação alimentar que pode ser mortal se não tratada adequadamente (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 221).

Aqui, os autores apresentam uma importantíssima informação prevenindo os discentes sobre o problema de intoxicação alimentar causado por latas amassadas. Assim, esta abordagem sobre o tema corrosão em metais promove uma formação científica não livresca e contextualizada, aproximando o conhecimento químico de situações cotidianas, esta informação inclusive capaz de poupar complicações a saúde ao informar ao educando o perigo de ingerir alimentos contidos em latas amassadas.

Desta forma, as informações científicas, tecnológicas e sociais sobre os metais contidas no livro *Química cidadã* (2013c) ajudam no “reconhecimento de que as aplicações tecnológicas das substâncias e materiais estão relacionadas às suas propriedades” (BRASIL, 2006a, p. 113).

### **6.3.6 Propriedades dos metais e conceitos químicos**

Os autores informam que “para entender as propriedades macroscópicas dos materiais, é muito comum termos de recorrer a suas características microscópicas. Com os metais não é diferente. Para explicar muitas propriedades de materiais metálicos, é necessário entender como se dá interação entre seus átomos, denominada **ligação metálica**” (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 222).

A fim de problematizar sobre as diferentes propriedades entre os sólidos metálicos e iônicos os autores propõem as seguintes perguntas:

Por que os sólidos metálicos conduzem eletricidade, mas os iônicos e covalentes geralmente não o fazem?

Por que os sólidos metálicos podem ser moldados, mas os iônicos se quebram quando submetidos a pancadas? (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 222).

Por meio desses questionamentos o professor pode introduzir os estudos sobre o conceito químico, “ligação metálica”. Além disso, um dos aspectos positivos de um livro didático é a existência de perguntas que quando exploradas pelo professor façam o discente sair da chamada “zona de conforto”. Ou seja, perguntas que incentivem o educando a participar ativamente do processo de ensino-aprendizagem.

Sobre a observação supracitada os seguintes pesquisadores fazem a seguinte ressalva:

Uma das limitações mais evidentes relaciona-se aos questionamentos presentes nos livros. Em

geral, há poucas perguntas no início das unidades e tratam muito mais de questionamentos que os professores fazem e sobre o que conhecem do que o que os alunos gostariam de fazer e de conhecer. Na perspectiva defendida neste texto, a ação de perguntar precede as demais atividades realizadas pelos alunos. Isso provoca a reflexão sobre a curiosidade e sobre a ação de espantar-se diante do mundo. Toda criança é capaz de espantar-se diante da atividade das formigas, do voo das aves ou de um avião, dos movimentos de uma minhoca, do comportamento da água líquida e do gelo, do fogo no queimador de um fogão. Certa vez, numa aula, um aluno perguntou: “A água que os dinossauros bebiam é a mesma que bebemos hoje?”. Quanta Química, quanta Física, quanta Biologia tem nessa pergunta. Os livros didáticos respondem a perguntas como essa? Você está disponível para ouvir os alunos ou ler as suas perguntas? (MORAES; RAMOS, 2010, p. 56-57).

Com esses comentários observa-se a importância do ensino por meio de questionamentos que possam levar os alunos a refletir sobre questões científicas e tenham a oportunidade de participarem de aulas dialógicas que possibilitem aos educandos expressarem seus conhecimentos sobre os assuntos relativos à Ciência e à Tecnologia.

Salienta-se a importância do professor saber levantar questões problemáticas que venham a desafiar os estudantes no processo de ensino-aprendizagem. Há mais coisas no processo de gerar um debate em sala de aula do que apenas fazer perguntas. É preciso fazer o tipo certo de pergunta, que não possa ser respondida com sim ou não e, também, aproveitar quando possível o resgate de conceitos químicos já estudados a fim de fortalecer a compreensão destes. Outro apontamento feito por Moraes reside no fato abordar questões que os alunos gostariam de aprender. E mais, o professor não deve ter medo do silêncio depois da realização de um questionamento, pois o silêncio pode parecer uma interrupção no processo de ensino-aprendizagem, mas para os educandos pode ser um momento de reflexão.

Retornando, os autores informam que “para melhor entender a ligação metálica, é interessante compará-la aos demais tipos de ligação: a iônica e a covalente” (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 222). Caminhando nesta direção, descrevem-se as seguintes informações:



Os **sólidos iônicos** são constituídos de íons positivos e negativos, organizados em redes cristalinas, e não conduzem corrente elétrica. Quando fundidos ou dissolvidos na água, as redes são rompidas e há condução de corrente elétrica. Nas redes cristalinas, as espécies estão distribuídas espacialmente, de forma sistemática e organizada, em **retículos cristalinos** [...] Esses arranjos [retículos cristalinos] permitem que os átomos possam interagir com os elétrons dos átomos vizinhos produzindo estruturas muito estáveis (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 222-223).

A partir, destas informações explica-se a alta estabilidade destes sólidos devido aos retículos cristalinos e a não condução de corrente elétrica.

Na sequência, seguem-se as seguintes informações sobre os materiais metálicos:

Nos metais, a atração do núcleo pelos elétrons da camada de valência é fraca, fazendo com que eles apresentem alto grau de liberdade que lhes permitem transitar facilmente entre os diferentes átomos do material. Daí obtém-se um modelo de ligação, no qual grande quantidade de elétrons se movimentam livremente entre átomos com cargas positivas, mantendo a coesão da estrutura. Lembre-se de que os átomos não perderam elétrons, pois esses elétrons continuam a seu redor.

As expressões “**mar de elétrons**” ou “**nuvem de elétrons**” são comumente empregadas para designar os elétrons livres, no sentido de indicar a existência de uma grande quantidade de elétrons que se movimentam livremente. Assim, embora os elétrons estejam livres, quimicamente consideramos que esses átomos sejam neutros.

Esse modelo teórico, o “mar de elétrons”, explica a ligação entre átomos de metais e justifica a diferença entre metais e substâncias iônicas com relação à condutibilidade elétrica e outras propriedades físicas, como a maleabilidade (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 224).

As informações possibilitam que o educando compreenda que o “mar de elétrons” é responsável pela formação de correntes elétricas e, assim, gerando altas condutibilidades elétricas dos metais, por exemplo, do ouro e do cobre. E, assim, responde-se a primeira questão referente à condução de eletricidade dos metais.

Já quanto à falta de moldabilidade dos sólidos iônicos os autores informam que: “um sólido iônico parte-se ao receber uma martelada porque há rompimento de sua estrutura cristalina” (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 224). Por sua vez, quanto à moldabilidade dos metais seguem-se as seguintes informações:

No caso dos metais, diferentemente dos sólidos iônicos, a interação entre os átomos não apresenta caráter direcional no espaço, ou seja, ocorre igualmente entre quaisquer átomos vizinhos.

Como resultado, esses átomos podem ser empurrados por ação de uma pancada forte, deslocando-se sem muito esforço, já que não existe a resistência de uma interação direcional. Sob efeito de uma força externa, os átomos são deslocados e a nuvem de elétrons rapidamente se ajusta para que a interação entre os átomos não seja desfeita. Por isso, átomos de metais podem ser facilmente deslocados em camadas formando lâminas ou fios, o que não é possível em sólidos iônicos ou covalentes (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 224).

A moldabilidade dos metais tem grande importância econômica, pois é devido a esta propriedade que podem ser fabricadas lâminas de diversas espessuras e, assim, produzir chapas planas ou bobinas. A partir, destas são fabricados diversos produtos semifaturados como: latas, calhas, telhas, painéis, carrocerias para ônibus entre outros. A laminação a frio é utilizada principalmente para chapas de alumínio já que este material possui alta deformação plástica. Em contrapartida, a laminação a quente é utilizada para chapas de aço que necessitam de grandes reduções de espessura, pois quando aquecida a estrutura cristalina é a cúbica de face centrada (CFC) que permite uma maior moldabilidade.

Definem ainda que a “ligação metálica é a interação entre átomos envolvidos por seus elétrons de valência que se movimentam livremente” (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 225). A partir desta definição informam que:

O brilho dos metais é explicado pelo modelo proposto. Ele é resultante da oscilação dos elétrons da camada de valência do metal quando o material é iluminado. Ao receber luz, os elétrons de valência da superfície do metal oscilam e emitem luz (onda eletromagnética) da mesma cor (frequência). O modelo do “mar de elétrons”, embora simples do ponto de vista microscópico, é suficiente para explicar com razoável satisfação diversas propriedades macroscópicas como a condutibilidade elétrica e térmica, a reatividade química, as temperaturas de fusão e ebulição etc. A alta densidade dos metais pode ser explicada por apresentar estruturas mais compactas que as das substâncias iônicas ou covalentes, mas variando entre os próprios metais por causa das diferentes massas atômicas (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 225-226).

O professor pode resgatar no processo de ensino-aprendizagem que o brilho dos metais deve-se a reflexão da luz, pois as radiações ultravioletas não possuem energia suficiente para promover os saltos dos elétrons de valência para órbitas de maior energia.

#### **6.4 Ligas metálicas**

A abordagem sobre este tema é iniciado com as seguintes perguntas: “O que são ligas metálicas? Se o aço é feito basicamente de ferro, por que existem tantos tipos diferentes de aço?” (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 226).

Na continuidade, os autores apresentam as seguintes informações:

As propriedades dos metais podem ser alteradas quando se misturam átomos de diferentes elementos químicos. Isso é facilmente entendido se considerarmos que o material final deve apresentar propriedades que dependem do novo arranjo de átomos, ou seja, de sua nova estrutura. A alteração nas propriedades será tanto maior quanto maior for a diferença entre os átomos adicionados. É por isso que, ao se adicionar a um metal átomos de elementos não metálicos, como carbono, enxofre e fósforo, obtêm-se materiais tão diferentes. Um bom exemplo desse caso é o aço, mistura de ferro e carbono, muito mais duro e

quebradiço do que o próprio ferro. Dificilmente se utilizam metais puros para construir objetos. [...] **Ligas** são misturas sólidas formadas por átomos de um metal e átomos de outro elemento, metálico ou não. Ligas metálicas são preparadas misturando-se ao metal principal fundido quantidades de outra substância. Depois, deixa-se a mistura esfriar e se solidificar. (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 226).

Este tema é de grande importância para a educação científica e tecnológica, pois neste mundo contemporâneo as ligas metálicas compõem uma quantidade muito grande de produtos manufaturados. Os autores apresentam a seguinte tabela:

Tabela 4: EXEMPLOS DE LIGAS METÁLICAS

<b>Liga</b>	<b>Metal</b>	<b>Substância adicionada</b>	<b>Exemplo de aplicação</b>
Latão	Cu	Zn	objetos domésticos
Bronze	Cu	Sn, Pb etc.	sinos
Solda	Sn	Pb	solda elétrica
Ouro 18*	Au	Cu	jóias
Ouro branco	Au	Ag	jóias

\* 18 quilates = 18 frações de ouro em 24 avos do material. (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 226).

Sobre as ligas metálicas, Oliver Sacks (2011), faz o seguinte comentário rememorando os seus dias de infância:

Eu adorava o amarelo do ouro, seu peso. Minha mãe tirava a aliança do dedo e me deixava pegá-la um pouco, comentando que aquele material se mantinha sempre puro e nunca perdia o brilho. “Está sentindo como é pesado?”, ela acrescentava. “Mais pesado até do que o chumbo”. Eu sabia o que era chumbo, pois já segurara os canos pesados e maleáveis que o encanador uma vez esquecera lá em casa. O ouro também era maleável, minha mãe explicou, por isso, em geral, o combinavam com outro metal para torná-lo mais duro (p. 9).

De acordo com a citação acima fica nítido o fascínio que os metais exerceram sobre esse autor na sua tenra infância. Sabe-se que um

dos metais que pode ser adicionado ao ouro para aumentar a dureza é a prata, por exemplo, para a confecção de alianças de casamento, ou seja, são ligas metálicas Au/Ag.

Na continuidade, os autores expõem uma informação de muita importância referente às propriedades das ligas metálicas, a saber:

As diversas ligas têm propriedades muito diferentes, não só em função do metal principal, mas também em função da substância adicionada e de sua quantidade. Variando essa quantidade também há variação nas propriedades físicas e químicas da liga.

O ferro é o metal que mais utilizamos. No entanto, não é usado isoladamente, mas como constituinte de ligas. A adição de 0,05% a 2% de carbono ao ferro leva à formação de aços muito resistentes. Quando a liga apresenta de 2% até 4,5% produzem materiais extremamente duros, mas quebradiços. A adição de cromo forma o aço inoxidável, material duro, brilhante e resistente à oxidação. A adição de tungstênio forma aços extremamente duros, muito utilizados para produzir brocas e tornos.

O **duralumínio** é uma liga composta de alumínio (94,6%), cobre (4%), magnésio (0,8%) e manganês (0,6%); essa combinação confere ao material leveza e alta resistência.

Ligas de vanádio são muito utilizadas na construção de equipamentos sujeitos a altas temperaturas, como **turbinas de aeronaves** e queimadores de foguetes.

A leveza, proporcionada pela baixa densidade das ligas de alumínio, aliadas a outras propriedades dessas ligas, como o alto grau de dureza, permite a produção de **bicicletas** e outros veículos cada vez mais velozes e resistentes (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 227).

Aqui, os autores apresentam dados importantíssimos para formação tecnológica do educando ao abordar a composição química das diversas ligas e suas aplicações tecnológicas e, assim, a educação científico-tecnológica é promovida indicando os benefícios à sociedade.

Tabela 5: Alguns tipos de aço pela adição de diferentes substâncias

Substância	Quantidade	Aplicação	Características
Mn	0,5 a 1,0%	Construção de carros-fortes	Aumenta a dureza e diminui a ductibilidade
Ni	> 5%	Peças automotivas e precisão	Aumenta a resistência, a oxidação e a dureza
Cr	> 12%	Utensílios domésticos e materiais de construção civil	Aumenta a resistência à oxidação
W	< 20%	Ferramentas de corte de alta velocidade	Aumenta a dureza e a resistência a altas temperaturas

(SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 227).

Sobre as aplicações tecnológicas de alguns aços, Canto (1996) traz as seguintes informações:

Aços que contêm tungstênio, molibdênio ou manganês apresentam acentuada dureza e resistência mecânica. Servem para a fabricação de ferramentas, tesouras para cortar latas e de máquinas trituradeiras. Os trilhos de trem são o exemplo mais conhecido do aço que contém manganês.

A presença de silício em mistura com o aço produz ligas úteis à construção de motores elétricos, geradores e transformadores (p. 71).

Assim, fica evidente a importância das ligas de aço no mundo contemporâneo, a saber: nas indústrias mecânicas, de transporte e de produtos elétricos.

Para finalizar, os autores informam que “a produção de novas ligas metálicas vem possibilitando a fabricação de materiais com propriedades diferenciadas que são utilizadas no desenvolvimento de novos produtos” (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c, p. 228).

Através dessa abordagem, informações sobre as propriedades físicas, os autores apresentam a importância dos metais para o

desenvolvimento tecnológico e, seguem as orientações dos "Parâmetros Curriculares Nacionais - Ensino Médio":

Enfatiza-se por demais propriedades periódicas, tais como eletronegatividade, raio atômico, potencial de ionização, em detrimento de conteúdos mais significativos sobre os próprios elementos químicos, como a ocorrência, métodos de preparação, **propriedades, aplicações** e as correlações entre esses assuntos (BRASIL, 1999, p. 239, grifo nosso).

Desta forma, as informações científicas e tecnológicas contidas no livro *Química cidadã* (2013c) ajudam no “reconhecimento de que as aplicações tecnológicas das substâncias e materiais estão relacionadas às suas propriedades” (BRASIL, 2006a, p. 113). Além disso, por meio das aplicações tecnológicas é possível apontar para os benefícios da ciência química, ou seja, ajudar no reconhecimento do conhecimento químico na resolução de problemas nas mais diferentes áreas do saber.

Assim, do nosso ponto de vista os autores do livro *Química cidadã* (2013c) promovem uma abordagem profícua em relação à educação tecnológica sobre o tema “ligas metálicas” ao apresentarem as composições químicas e algumas aplicações tecnológicas. E, mais, também é importante ressaltar que a abordagem das aplicações tecnológicas dos metais promove os estudos sociais da ciência e da tecnologia apontando para os benefícios sociais originados pelo conhecimento químico.

## 7. Reflexões finais

Das quatro coleções didáticas, as coleções didáticas “*Química*” de Mortimer e Machado (2013) e a “*Química cidadã*” dos organizadores Santos e Mól (2013) formaram o corpus de análise, pois as outras duas coleções didáticas não abordaram os temas “*Vidros e Metais*”.

Assim, apresentamos as reflexões finais sobre as duas coleções didáticas supracitadas, analisadas a partir dos estudos sociais da ciência e da tecnologia. Antes, reconhecemos os esforços dos autores e colaboradores envolvidos na produção dessas coleções didáticas devido a complexidade envolvida para tal produção. Ainda, reconhecemos que para realizar a abordagem simétrica nos livros didáticos envolvendo o trinômio “Ciência, Tecnologia e Sociedade” torna-se necessário apresentar informações tecnocientíficas, geográficas, históricas, sociais, econômicas e ambientais chegando assim, a ser considerado um trabalho hercúleo.

Diante da densidade de informações as reflexões finais serão separadas em categorias a fim de facilitar o mapeamento. Ressalta-se ainda, que essas observações têm por objetivo levantar os pontos fortes e, também para revelar os possíveis melhoramentos.

### Impactos físico-ambientais e sociais

O livro didático *Química* (MORTIMER; MACHADO, 2013b), aproxima-se dos estudos sociais da C&T ao apontar para poluição atmosférica decorrente dos compostos de flúor, provenientes da criolita (processo *Hall-Heróult*), informando sobre a destruição da flora especificamente, sobre as folhas das vegetações que ficam queimadas (p. 238-239). E mais, enfatizam sobre a necessidade do cidadão descartar adequadamente os produtos e evitar a compra de embalagens descartáveis. No entanto, acredita-se ser pertinente abordar a contaminação dos recursos hídricos e suas consequências sociais, provenientes do processo de digestão (etapa do processo *Bayer*), mais especificamente, da geração da lama vermelha e, assim, aproximar-se dos ESCT.

Já para produção do vidro plano, *tecnologia float*, revela-se a importância de levantar as mudanças físico-ambientais e os impactos sociais e ambientais causados pelas formações das cavas de areia. Contudo, reconhecemos o avanço no Ensino de Química ao abordarem o tema vidro no volume três da coleção *Química* de Mortimer e Machado (2013c).



Por sua vez, o livro didático “*Química cidadã*” (SANTOS, W. (org.); MÓL (org.), 2013c), optou por abordar a produção de ferro-gusa, no entanto, verificaram-se silêncios relacionados aos impactos ambientais e sociais oriundos da produção de carvão vegetal. Por exemplo, apresentar as mazelas sociais como as complicações à saúde humana, ligadas à produção do carvão vegetal.

Para finalizar, ressaltamos que as inserções de questões sociais e ambientais nas coleções didáticas de química representam uma mudança no paradigma do Ensino de Química, já que os malefícios sociais e mudanças físico-ambientais foram renegados no passado devido, a uma visão neutra e determinista dada a ciência e a tecnologia.

Por fim, espera-se que as próximas coleções didáticas de Química abordem os impactos sociais, ambientais e econômicos causados pelo maior crime ambiental ocorrido no Brasil, especificamente, o rompimento da barragem em Fundão, Mariana (MG), causado pela má gestão ambiental da multinacional Samarco.

## **História da Ciência e da Tecnologia**

Nesta categoria, detecta-se a abordagem dos personagens e dos momentos históricos referente ao processo *Hall-Heróult* no livro (MORTIMER; MACHADO, 2013c). Contudo, ressalta-se que, durante o desenvolvimento da análise a necessidade de informações referentes ao contexto sócio histórico, ou seja, apresentar os motivos que impulsionaram os cientistas para o desenvolvimento da ciência e da tecnologia.

Nesta vertente, revela-se a necessidade de apresentar as trajetórias históricas percorridas pelos cientistas e, assim, detectar as mudanças de pensamento ao longo dos tempos. Também o desenvolvimento da tecnologia pode ser tratado num contexto sócio histórico e, assim, revelar os desafios tecnológicos que levaram ao surgimento de novas tecnologias, por exemplo, a *tecnologia float*.

Por sua vez, os coordenadores Santos e Mól (2013c), abordam a história da metalurgia do ferro, onde ressaltam que o estudo dos artefatos tecnológicos das civilizações é um indicador do desenvolvimento destas. Para finalizar, reconhecemos que os campos da história da ciência e da tecnologia apresentam-se como uma área a ser explorada no Ensino de Química.

Nos livros didáticos são apresentados os personagens e as datas históricas, contudo, conforme os PCN+:

A simples cronologia sobre essas ideias, como é geralmente apresentada no ensino, é insuficiente, pois pode dar uma ideia equivocada da ciência e da atividade científica, segundo a qual a ciência se desenvolve de maneira neutra, objetiva e sem conflitos, graças a descobertas de cientistas, isoladas do contexto social, econômico ou político da época” (BRASIL, 2002, p. 96).

De acordo com os PCN+ (2002), fica nítido a necessidade dos livros didáticos apresentarem os desafios tecnocientíficos, sociais e econômicos que levaram os cientistas as descobertas.

### **Interface Processos Químicos/Conceitos Químicos**

Aqui, revela-se um avanço no Ensino de Química nas duas coleções didáticas ao abordarem as transformações químicas para obtenção dos metais, ou melhor, apresentam a tecnologia química.

No livro “*Química*” (MORTIMER; MACHADO, 2013c, p. 298), são apresentadas as equações químicas para obtenção da alumina,  $Al_2O_3$ , contudo, propomos outras equações químicas, onde acredita-se que estas venham a facilitar o entendimento do educando e, assim, ajudar na educação científica e tecnológica.

Para a fusão da mistura vitrificável apresentamos as transformações químicas ocorridas nos fornos regenerativos laterais e, assim, apontamos para a técnica didática intitulada, “*Tema Estruturador*”, como um projeto disciplinar que permite o estudo das reações de combustão, decomposição e formação de silicatos. Além disso, apresentamos outras possibilidades ao propormos o estudo de conhecimentos químicos como: estequiometria, calores molares de formação/combustão e funções inorgânicas (óxidos e sais inorgânicos). Esta técnica didática permite vencer a fragmentação no Ensino de Química ao tratar simultaneamente de vários conceitos químicos.

### **Intertextualização e Interdisciplinaridade nos Livros Didáticos de Química**

Acreditamos que a incorporação dos estudos ambientais e sociais personificados por relatórios ambientais, por exemplo, relatórios do IBAMA, venham a enriquecer os livros didáticos em relação aos temas “*Vidros e Metais*”. E, assim, haveria uma abordagem interdisciplinar, promovendo uma maior simetria no processo de ensino-aprendizagem ao estabelecer conexões com outras componentes curriculares.

No entanto, os autores do livro “*Química*” (MORTIMER; MACHADO, 2013c) com a inserção de uma parte do artigo “Vidro” de Alves, Gimenez e Mazali (2001) da Revista Química Nova na Escola, realizaram uma importante circulação intercoletiva de conhecimentos. Ou melhor, trouxe o enriquecimento de informações sobre as propriedades químicas, aplicações tecnológicas e composição química do vidro.

Ainda, ressalta-se a importância do *Caderno Temático – Recursos Minerais, Água e Meio Ambiente da Revista Química Nova na Escola (2014)* que pode ser uma fonte profícua para informações sobre os impactos ambientais gerados pelas atividades de extração de minerais ligadas à produção de metais.

### **Aplicações Tecnológicas e Propriedades dos Metais/Vidro**

Reconhecemos a abordagem das duas coleções didáticas supracitadas ao abordarem as aplicações tecnológicas conjuntamente com o estudo das propriedades. Os dois volumes da coleção didática “*Química*” de Mortimer e Machado (2013b, 2013c) ao apontarem para as utilidades do alumínio e vidro. Por sua vez, elogiamos o livro “*Química cidadã*” (SANTOS, W. (org.); MÓL (ORG.), 2013c), ao tratar de aplicações tecnológicas referentes a alguns metais e ligas metálicas.

### **Atividades Mineradoras no Brasil**

Os estudos dos impactos sociais e ambientais gerados ao longo dos anos pelas multinacionais ligadas ao ramo da mineração conjuntamente com as ideias dos intelectuais citados no decorrer da dissertação levaram a constatação que o processo de globalização tem propagado um legado de exclusão social e degradação da natureza a parcelas de comunidades do sudeste paraense e maranhense. Assim, é possível afirmar que a privatização da Vale do Rio Doce em 1997, no governo do ex-presidente Fernando Henrique Cardoso, mostrou-se desastrosa e arbitrária, já que na época não houve discussões sobre este fato em âmbito nacional. Sobre a influência do capital estrangeiro neste mundo globalizado, Milton Santos (2013) faz a seguinte reflexão:

O discurso que ouvimos falar todos os dias, para nos fazer crer que deve haver menos Estado, vale-se dessa mencionada porosidade, mas sua base essencial é o fato de que os condutores da globalização necessitam de um Estado flexível a

seus interesses. *As privatizações são a mostra de que o capital se tornou devorante, guloso ao extremo, exigindo sempre mais, querendo tudo* (p. 66, *italico nosso*).

Com isso, verifica-se que as privatizações promovem o que interessa para os conglomerados econômicos que, por sua vez, atendem apenas os seus próprios interesses, não importando os males sociais e ambientais que propagam e, continuarão propagando para uma parcela da população brasileira. Assim, durante o desenvolvimento desta dissertação foi possível mapear a tendência político-ideológica das multinacionais, a saber: a falta de uma gestão ambiental prudente; a compartimentação do território; e, a diminuição dos postos de trabalho.

Na contra mão desta tendência, o governo da época poderia ter implantado o sistema de autogestão defendido pelos ESCT e, assim, a riqueza mineral do solo brasileiro seria fonte de lucros e teria possibilitado o enriquecimento social do povo brasileiro e, além disso, haveria uma política de proteção ao meio ambiente. No entanto, o que houve foi uma política de “entreguismo”, levando a perda da soberania nacional em relação às atividades mineradoras.

De acordo com Canto (1996), “a necessidade de recursos minerais tem levado os países desenvolvidos a buscar o controle de reservas minerais dentro e fora de seus territórios” (p. 117). Com isso, detectamos que o governo da época atendeu os anseios do capital estrangeiro, quando deveria ter apresentado uma política protecionista e, assim, defendido os interesses do povo brasileiro.

Para reforçar o papel transformador que a educação pode potencializar, parafraseamos Paulo Freire (1996):

O que se coloca à educadora ou ao educador democrático, consciente da impossibilidade da neutralidade da educação, é forjar em si um saber especial, que jamais deve abandonar, saber que motiva e sustenta sua luta: *se a educação não pode tudo, alguma coisa fundamental a educação pode*. Se a educação não é a chave das transformações sociais, não é também simplesmente reprodutora da ideologia dominante. O que quero dizer é que a educação nem é uma força imbatível a serviço da transformação da sociedade, porque assim eu queira, nem tampouco é a perpetuação do “statusquo” porque o dominante o decreta. O

educador e a educadora críticos não podem pensar que, a partir do curso que coordenam ou do seminário que lideram, podem transformar o país. Mas podem demonstrar que é possível mudar. E isto reforça nele ou nela a importância de sua tarefa político-pedagógica (p. 112).

Na mesma vertente, acreditamos que as coleções didáticas devem apontar para os malefícios que a privatização da Vale do Rio Doce trouxe para as parcelas menos favorecidas economicamente do povo brasileiro, basta citar as mortes decorrentes do crime ambiental, em Mariana (MG), Brasil, além, dos desequilíbrios a hidrosfera, a fauna e a flora da Bacia Hidrográfica do rio Doce.

Acredito ser importante constar que na minha visão como professor de química e pesquisador escolheria a coleção didática “*Química*” (2013), dos autores Mortimer e Machado, pois além de abordar os temas “Vidros e Metais” também apresentam os temas “Polímeros” e “Celulose e Papel” (2013c) na sua estrutura. Vale ressaltar que a minha escolha é totalmente imparcial e que não possui nenhum laço de amizade com os autores da coleção supracitada.

Para finalizar, desculpamo-nos pelos silêncios existentes na análise das coleções didáticas sobre os temas “*Vidros e Metais*”, ou seja, pela incompletude gerada pelos não-ditos.

## 8. Referências bibliográficas

ABREU, R. G.; LOPES, A. C. A Interdisciplinaridade e o Ensino de Química: Uma leitura a partir das políticas de currículo. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (orgs.). *Ensino de Química em foco*. Ijuí: Ed. Unijuí, 2011, p. 77-99.

ATKINS, P.; JONES, L. *Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*. ALENCASTRO, R. B. (trad.). 3 ed. Porto Alegre: Bookman, p. 836, 2006.

ALVES, O. L.; GIMENEZ, I. F.; MAZALI, I. O. Vidros. *Química Nova na Escola – Cadernos Temáticos – Novos materiais*. São Paulo, maio 2001.

AVELLANEDA, M. F. ; LINSINGEN, I. V. *Um olhar para a educação científica e tecnológica a partir dos estudos sociais da ciência e da tecnologia: abrindo novas janelas para a educação*. In: Pablo Kreimer; Hebe Vessuri; Léa Velho; Antonio Arellano. (Org.). *Perspectivas latino americana estudio social de la ciencia, la tecnologia y La sociedad*. 1ed. Buenos Aires: Siglo XXI editores, 2014, v. 1, p. 505-518.

BASTOS, F. História da ciência e pesquisa em Ensino de Ciências: breves considerações. In: NARDI, R. (Org.) *Questões atuais no Ensino de Ciências*. São Paulo: Escrituras, 1998. p. 43-52.

BASTOS, H. B.; MONTANO, P. F. *A indústria de vidro plano: conjuntura atual e perspectivas*. Rio de Janeiro: BNDES, n. 38, p. 265-290, set., 2013.

BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Ensino Médio e Tecnológico. PCNs + ensino médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília, 2002.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. *Orientações Curriculares para o Ensino Médio - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília, 2006a.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. *Orientações Curriculares para o Ensino Médio - Ciências Humanas e suas Tecnologias*. Brasília, 2006b.

\_\_\_\_\_. *Guia do livro didático*. Brasília: Ministério da Educação, 2004.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. Ciências: ensino fundamental. *Coleção Explorando o Ensino. Ciências*, v. 18, Cap. 3 - *O ensino de química nos anos iniciais*, p. 43-60, 2010.

\_\_\_\_\_. *Lei n° 9.795, de 27 de abril de 1999*. Brasília. Diário Oficial, 1999.

\_\_\_\_\_. Constituição da República Federativa do Brasil [recurso eletrônico]: texto constitucional promulgado em 5 de outubro de 1988, com as alterações adotadas pelas Emendas constitucionais n.s 1/1992 a 84/2014, pelo Decreto Legislativo n. 186/2008 e pelas Emendas constitucionais de revisão n.s 1 a 6/1994. – 43. ed. – Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2015.

\_\_\_\_\_. Guia de livros didáticos: PNLD 2015 -Química -Ensino Médio. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2014.

\_\_\_\_\_. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). *Relatórios de Acidentes Ambientais 2009*. Ed.jan., 2010.

BECK, U. *Sociedade de risco: rumo a outra modernidade*. Trad. Sebastião Nascimento, 2ª ed., São Paulo: Ed. 34, 2011.

BROOKE, J. H. *Textbooks and the history of science, Paradigm*, XXV (1998), p. 35-37.

CÂMARA, I. G. In: PENNA, C. G. *O Estado do Planeta: sociedade de consumo e degradação ambiental*. Rio de Janeiro, Record, 1999.

CANTO, E.L. *Minerais, minérios, metais: de onde vêm? Para onde vão?* São Paulo: Ed. Moderna, 1996.

CARNEVALLE, M. R. (Ed.) *Jornadas.cie – Ciências*, 9º ano/organizadora Editora Saraiva. 2. ed. – São Paulo: Saraiva, 2012.

CARSON, R. *Primavera silenciosa*. 1ª ed., São Paulo: Gaia, 2010.

CEREZO, J. L. Ciencia, tecnología y sociedad: el estado de La cuestión em Europa. *Revista Iberoamericana de Educación*, n. 18, 2000, p. 1.

CHOPPIN, A. *História dos livros e das edições didáticas: sobre o estado da arte*. Educação e Pesquisa, São Paulo, v.30, n.3, p. 549-566, set/dez, 2004.

COELHO, M. C. N. Impactos Ambientais da Estrada de Ferro Carajás no Sudeste do Pará PARTE IV. In: TEIXEIRA, J.B.G.; BEISIEGEL, V.R. (orgs.). *Carajás: Geologia e Ocupação Humana*. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, p. 403-470, 2006.

CORRÊA, V. M. S.; CARMO, R.L. Fronteira da Exploração Mineral na Amazônia: Um Estudo Sociodemográfico sobre o Garimpo, a Indústria de Extração e de Transformação Mineral no Estado do Pará. **V Encontro Nacional da Anppas – Florianópolis – SC – Brasil, 2010.**

CHOPPIN, A. *História dos livros e das edições didáticas: sobre o estado da arte*. Revista: Educação e Pesquisa, São Paulo, v.30, n.3, p. 549-566, set/dez, 2004.

DAGNINO, R.; LIMA, M. T.; NEVES, E. F. Popularização da ciência no Brasil: entrada na agenda política de que forma? In: DAGNINO, R. (Org.). *Estudos sociais da ciência e tecnologia e política de ciência e tecnologia: abordagens alternativas para uma nova América Latina*. Campina Grande: EDUEPB, p. 237-251, 2010a.

DAGNINO, R. Um dilema latino-americano: ciência e tecnologia para a sociedade ou adequação socio-técnica com o povo? In: DAGNINO, R. (Org.). *Estudos sociais da ciência e tecnologia e política de ciência e tecnologia: abordagens alternativas para uma nova América Latina*. Campina Grande: EDUEPB, p. 253-279, 2010b.

DAGNINO, R. (Org.). *Tecnologia social: ferramenta para construir outra sociedade*. 2. ed. rev. e ampl. -- Campinas, SP: Komedi, 2010c.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. *Ensino de ciências: fundamentos e métodos*. 3ª ed., São Paulo: Cortez, 2009.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. *Metodologia do Ensino de Ciências*. São Paulo: Cortez, 1991.



EDIÇÕES SM. *Ser Protagonista Química*. Ed. responsável: ANTUNES, M. T. 2ª ed. Edições SM, 2013a.

\_\_\_\_\_. *Ser Protagonista Química*. Ed. responsável: ANTUNES, M. T. 2ª ed. Edições SM, 2013b.

\_\_\_\_\_. *Ser Protagonista Química*. Ed. responsável: ANTUNES, M. T. 2ª ed. Edições SM, 2013c.

FIDH; JUSTIÇA GLOBAL; JUSTIÇA NOS TRILHOS. *Quanto valem os direitos humanos?* maio, 2011.

FLECK, L.; *Gênese e Desenvolvimento de um Fato Científico*. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010.

FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1970.

\_\_\_\_\_. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*, 15. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FREIRE, R. S.; PELEGRINI, R.; KUBOTA, L. T.; DURÁN, N.; ZAMORA, P. P. Novas tendências para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas. *Química Nova*, vol. 23(4), 2000, p. 504-511.

FONSECA, M. R. M. *Química*. 1 ed. – São Paulo, Ed. Ática, vol. 1, 2013a.

\_\_\_\_\_. *Química*. 1 ed. – São Paulo, Ed. Ática, vol. 2, 2013b.

\_\_\_\_\_. *Química*. 1 ed. – São Paulo, Ed. Ática, vol. 3, 2013c.

GARRIDO FILHA, I. Multinacionais, política mineral e o entreguismo. In: CARUSO, M. M. L. (org.); CARUSO, R. C. (org.). *Amazônia, a valsa da galáxia: o abc da grande planície*. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2000, p. 241-246.

GÉRARD, F. M; ROEGIERS, X. *Conceber e Avaliar Manuais Escolares*. Portugal: Ed. Porto, 1998.

GRASSI, M. T.; As Águas do Planeta Terra. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola – Química Ambiental*, maio, 2001, p. 31-40.

HERRERA, A. O., *Catastrophe of New Society? A Latin American World Model*. International Development Research Centre, Ottawa, Canada, 1976.

JAFFE, B. *Crucibles; the history of Chemistry*. Nova York, Dover, 1976, p. 138.

KUHN, T.S. *A estrutura das revoluções científicas*. Trad. B. V. Boeira e N. Boeira. 12ª ed. São Paulo: Perspectiva, 2013.

LAYRARGUES, P.P. O cinismo da reciclagem: o significado ideológico da reciclagem da lata de alumínio e suas implicações para a educação ambiental. In: LOUREIRO, C. F. B.; LAYRARGUES, P. P.; CASTRO, R. S. (orgs.). *Educação ambiental: repensando o espaço da cidadania*. – 5. ed. – São Paulo: Cortez, 2011, p. 185-225.

LINSINGEN, I.V. *Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina*. Ciência & Ensino, vol. 1, número especial, nov. 2007.

\_\_\_\_\_. CTS na educação tecnológica: tensões e desafios. I Congresso Iberoamericano, Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación CTS+I, jun. 2006.

LOUREIRO, C. F. B. Educação ambiental e movimentos sociais na construção da cidadania ecológica e planetária. In: LOUREIRO, C. F. B.; LAYRARGUES, P. P.; CASTRO, R. S. (orgs.). *Educação ambiental: repensando o espaço da cidadania*. – 5. ed. – São Paulo: Cortez, 2011, p. 73-103.

MAIA, S.B. *Vidrado na história do vidro*. Ciência Hoje das crianças. Rio de Janeiro: SBPC, p. 20-21, n. 139, set., 2003a.

\_\_\_\_\_. *O vidro e sua fabricação*. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, p. 44, 48, 65, 146, 2003b.

MALDANER, O. A. A Pós-Graduação e a Formação do Educador Químico: tendências e perspectivas. In: ROSA, M. I. P. ; ROSSI, A. V. *Educação Química no Brasil: memórias, políticas e tendências*. 2ª ed. – Campinas: SP, Ed. Átomo, 2012, p. 269-288.

MÓL, G. S. (org.); *Ensino de Química: visões e reflexões*. Ijuí: Ed. Unijuí, 2012.

MORTIMER, E. F. *O ensino de estrutura atômica e de ligação química na escola de segundo grau; drama, tragédia ou comédia?* 1988. Belo Horizonte. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1988.

MORTIMER, E. F.; SANTOS, W. L. P. Políticas e Práticas de Livros Didáticos de Química: o processo de constituição da inovação X redundância nos livros didáticos de Química de 1833 a 1987. In: ROSA, M.I.P.; ROSSI, A.V. *Educação Química no Brasil; memórias, políticas e tendências*. 2ª ed. – Campinas, SP: Editora Átomo, 2012, p. 85-103.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. *Química- Ensino Médio*. v.1. São Paulo: Scipione, 2013a.

\_\_\_\_\_. *Química- Ensino Médio*. v.2. São Paulo: Scipione, 2013b.

\_\_\_\_\_. *Química- Ensino Médio*. v.3. São Paulo: Scipione, 2013c.

MORAES, R.; RAMOS, M. G. *O ensino de química nos anos iniciais*. Coleção Explorando o Ensino v. 18, p. 43-60, 2010. Ciência: ensino fundamental / Coordenação Antônio Carlos Pavão. Secretaria de Educação Básica, Brasília, Brasil.

MORAIS, C. A.; ALBUQUERQUE, R. O.; LADEIRA, A. C. Q. Processos Físicos e Químicos utilizados na Indústria Mineral. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, n 8, p. 9-17, maio, 2014.

MOURA, A. R. S. et al. Processo de obtenção de alumínio. Belém (PA), maio, 2008.

NASCIMENTO, T. G.; LINSINGEN I. V. *Articulações entre o enfoque CTS e a pedagogia de Paulo Freire como base para o Ensino de Ciências*. Toluca, México. v. 13, n. 42, pp. 95-116, 2006.

NOVAES, H. T.; FRAGA, L. Por um novo desenvolvimento na América Latina. In: DAGNINO, R. (Org.). *Estudos sociais da ciência e tecnologia e política de ciência e tecnologia: abordagens alternativas para uma nova América Latina*. Campina Grande: EDUEPB, 2010.

ORLANDI, E. P. *Análise de discurso: princípios e procedimentos*. 11ª Edição, Campinas, SP, Pontes Editores, 2013.

\_\_\_\_\_. *As formas do silêncio: no movimento dos sentidos*. 6ª ed. – Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2007.

PAOLI, M. A. *Introdução à Química de Materiais*. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola, maio, 2001, p. 3-4.

PASSET, R. *Elogio da globalização: por um contestador assumido*. Rio de Janeiro: Record, 2003.

PEREIRA, S. F. et al. *Estudo químico ambiental do rio Murucupi – Barcarena, PA, Brasil, área impactada pela produção de alumínio*. Revista Ambiente & Água – Interdisciplinary Journal of Applied Science: v. 2, n. 3, 2007.

PENNA, C.G. *O Estado do Planeta: sociedade de consumo e degradação ambiental*. Rio de Janeiro, Record, 1999.

PITOMBO, L. R. M.; MARCONDES, M. E. R. *Interações e Transformações IV: Química: Ensino Médio: Livro do Professor: Química e a Sobrevivência: Hidrosfera: Fonte de Materiais*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005.

PORTO, P. A. História e Filosofia da Ciência no Ensino de Química: Em busca dos objetivos educacionais da atualidade. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (orgs.). *Ensino de Química em foco*. Ijuí: Ed. Unijuí, 2011, p. 159-180.

REIS, B. J. et al. A influência das cavas de extração de areia no balanço hídrico do vale do Paraíba do Sul. REM: R. Escola de Minas, Ouro Preto, out./dez. 2006, p. 391-396.

SACKS, O. W. *Tio Tungstênio: memórias de uma infância química*. São Paulo: Companhia das Letras, 2011.

SANTOS, W. L. P. (coord.); MÓL, G. S. (coord.). *Química cidadã*. v. 1. São Paulo: Ed. AJS, 2013a.

\_\_\_\_\_. *Química cidadã*. v. 2. São Paulo: Ed. AJS, 2013b.

\_\_\_\_\_. *Química cidadã*. v.3. São Paulo: Ed. AJS, 2013c.

SANTOS, M. *Por uma outra globalização: do pensamento único à consciência universal*. 23ª ed. – Rio de Janeiro: Record, 2013.

\_\_\_\_\_. *A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção*. - 4. ed. 2. reimpr. - São Paulo: Editora Universidade de São Paulo, 2006.

SANTOS, W. L. P. et al. O Enfoque CTS e a Educação Ambiental: Possibilidade de “ambientalização” da sala de aula de Ciências. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (orgs.). *Ensino de Química em foco*. Ijuí: Ed. Unijuí, 2011, p. 131-157.

SANTOS, P. **Ciência e tecnologia de argilas**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, vol. 1. 1989.

SANTOS, L. D. T. et al. “Intoxicação de espécies de eucalipto submetidas à deriva do glyphosate”. *Revista Planta daninha*, vol.24,no.2, Viçosa Apr./June 2006.

SAVIANI, D. Formação de professores: aspectos históricos e teóricos do problema no contexto brasileiro. *Revista Brasileira de Educação* v. 14, n. 40, jan./abr., 2009, p. 143-155.

SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL. *Nas profundezas do mar*. Edição Especial nº 3, dezembro 2003, p. 28-35.

SNYDERS, G. *A alegria na escola*. São Paulo: Manole, 1988.

SHRIVER, D. F.; [et al.]. *Química Inorgânica*. FARIA, R. B. (trad.). 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

SILVA, K. S.. *Integração regional e exclusão social na América Latina*. Curitiba: Juruá. 2009, p. 117-148.

TUNDISI, J. G. et al. Recursos Minerais, Água e Biodiversidade. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, nº8 – Recursos Minerais, Água e Meio Ambiente, maio, 2014, p. 39-45.

VANIN, J. A. *Alquimistas e químicos: o passado, o presente e o futuro*. São Paulo: Moderna, 1994.

## Entrevistas:

MARTINS, F. Depoimento sobre a mineração e a Floresta Nacional de Carajás. Parauapebas, 18 de mar. 2013. Entrevista concedida à Relatoria do Direito Humano ao Meio Ambiente.

## Sites consultados:

[www.youtube.com/watch?v=BsaHnZeM7oQ](http://www.youtube.com/watch?v=BsaHnZeM7oQ)

<<http://www.ecodebate.com.br/2008/03/05/vazamento-de-caulim-em-barcarena-pa-acao-quer-interditar-bacias-da-imerys/>> Acesso em: 08. jan. 2015.

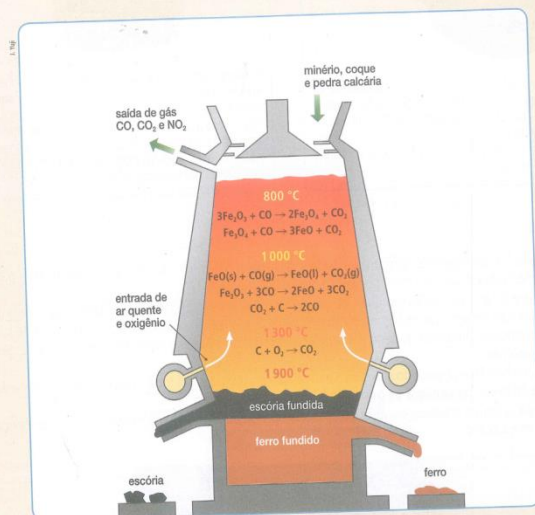
[www.abep.nepo.unicamp.br/encontro2010/docs.../abep2010\\_2213.pdf](http://www.abep.nepo.unicamp.br/encontro2010/docs.../abep2010_2213.pdf)

NASCIMENTO, C. A Autogestão e o “novo cooperativismo”. Disponível em: <[http://www.mte.gov.br/ecosolidaria/prog\\_autogestao-cooperativismo.pdf](http://www.mte.gov.br/ecosolidaria/prog_autogestao-cooperativismo.pdf)>. Acesso em: 13 mai. 2008.

VACCAREZZA, L. Ciencia, tecnología y sociedad: Estado de lacuestiónen América Latina. **Revista Iberoamericana de Educación**, n. 18, ano 1998. Disponível em: <<http://www.oei.org.co/oeivirt/rie18a01.pdf>>. Acesso em: 24 jul. 2010.

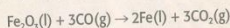
# ANEXO I – ALTO FORNO – LIVRO QUÍMICA CIDADÃ

O carvão tem duas funções: combustível, que permite alcançar altas temperaturas, necessárias à fusão do minério, e agente redutor, que transforma o minério em ferro metálico. Em função da temperatura, ocorrem diferentes reações em diferentes alturas do alto-forno. A figura abaixo representa o funcionamento desses altos-fornos.



O alto-forno é alimentado com minério de ferro, carvão, calcário e ar. O calor da combustão do carvão favorece outras reações químicas. Como produtos, são obtidos gás carbônico, ferro fundido e escória (resíduo).

Do ponto de vista de nosso estudo, a reação mais importante é a representada pela equação:



Nessa reação, o íon ferro ( $\text{Nox} = 3$ ) ganha três elétrons e é reduzido a ferro metálico ( $\text{Nox} = 0$ ). Simultaneamente, o carbono é oxidado, passando o seu número de oxidação de  $2+$  a  $4+$ . Após o balanceamento da equação, a mesma quantidade de átomos cedida pelos átomos de carbono será recebida pelos átomos de ferro.

O ferro produzido no alto-forno é chamado de ferro-gusa, e o resíduo dessa produção, rico em calcário, sílica e outras impurezas, chamado escória, serve de matéria-prima para a fabricação de cimento.

A seguir, o ferro-gusa fundido é levado à aciaria, onde é refinado e transformado em aço para ser laminado, dando origem a chapas grossas e finas, bobinas, vergalhões, arames, perfilados, barras etc.

No atual estágio de desenvolvimento tecnológico, é impossível imaginar o mundo sem o ferro fundido e o aço.