



UnB
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE QUÍMICA

Gabriel Oliveira Brandão

**INDÚSTRIA CLORO-SODA – PROPOSTA DE TEXTO DE
DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA PARA O ENSINO MÉDIO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Brasília – DF

2.º/2022



UnB
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE QUÍMICA

Gabriel Oliveira Brandão

**INDÚSTRIA CLORO-SODA – PROPOSTA DE TEXTO DE
DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA PARA O ENSINO MÉDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso em Ensino de Química apresentado ao Instituto de Química da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Química.

Orientador: Paulo Anselmo Ziani Suarez

2.º/2022

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a mim mesmo, Gabriel Oliveira Brandão, que sei o quanto foi desafiador concluí-lo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço eternamente a todos que me ajudaram a concluir esse trabalho. Minha grande amiga Isadora Rios, meu orientador em TCC1 Ricardo Gauche, meu orientador Paulo Suarez e todos os outros amigos que não citarei nominalmente, mas que sei comigo que contribuíram nessa jornada. Foi difícil, mas o desafio foi concluído!

SUMÁRIO

Introdução	7
Divulgação Científica, do que se trata?	9
Indústria Cloro-Soda – Informações essenciais e gerais	12
Desastre da extração de sal-gema em Maceió	18
Elaborando um Texto de Divulgação Científica – Critérios e Possibilidades de Utilização ...	21
Considerações Finais	24
Referências	25
Apêndice – Texto de Divulgação Científica – Indústria Cloro-Soda.....	27

RESUMO

A partir da elaboração de um Texto de Divulgação Científica (TDC), este trabalho tem como objetivo apresentar as principais características da indústria cloro soda, sua relevância perante a indústria química e suas implicações sociais e ambientais através da exposição do desastre ocorrido em Maceió, capital de Alagoas, em que os bairros de Pinheiro, Bebedouro e Mutage foram severamente impactados pela extração de sal-gema na região, que causou e continua causando o afundamento do solo, infiltrações, terremotos, dentre outros efeitos adversos, e que levou a população a ter que evacuar a região, que agora se tornou uma área de risco. A população, em diversos momentos, não possui conhecimento sobre as indústrias que geram produtos que usamos no dia a dia. Consideramos que a elaboração de um Texto de Divulgação Científica possa tornar público para leigos como algumas das indústrias, nesse caso a de cloro-soda, conseguem impactar de forma direta ou indireta nossas vidas.

Palavras-chaves: Indústria soda-cloro, Indústria Química, Texto de Divulgação Científica.

INTRODUÇÃO

Existem diversos produtos provenientes da Indústria Química que não temos conhecimento de seus impactos e como são produzidos, podendo ser eles usados em atividades banais em nosso cotidiano. Este é o caso da soda cáustica (hidróxido de sódio - NaOH) e o gás cloro (Cl_2) produzidos a partir do cloreto de sódio (NaCl), conhecido popularmente como sal de cozinha, que como insumos intermediários desempenham papel fundamental para a indústria como um todo (ANDRADE; ZAPORSKI, 1994).

Como supracitado, a soda cáustica e o cloro, produzidos a partir da eletrólise da salmoura, possuem grande importância para a Indústria Química, isso se expressa pela participação deles em alguma das etapas dos meios de produção de cerca de 50% das vendas químicas mundiais (ANDRADE; ZAPORSKI, 1994). Esses dois produtos viabilizam a produção de papel, solventes, plásticos, pesticidas, sabões, dentre outros. O cloro, por ser um germicida, também faz parte do processo de tratamento de água, que é tão essencial para uma boa qualidade de vida de todos os seres humanos.

Outro aspecto a ser abordado no presente trabalho, relacionado ao cloreto de sódio e o processo de extração e seus impactos. Mais especificamente, vamos tratar do caso de mineração do sal-gema ocorrido em Maceió, capital de Alagoas. A população dos bairros de Pinheiro, Bebedouro e Mutage, estimada em mais de 31000 moradores, tiveram seus lares comprometidos pela extração de sal-gema utilizado pela indústria na região.

Tendo em mente o tema a Indústria de Cloro-Soda, esse trabalho tem por objetivo a criação de um texto de divulgação científica (TDC) que possa ser utilizado em sala de aula para informar os alunos do ensino médio e público geral acerca dos processos relacionados à produção de soda caustica e do cloro, a importância que esses dois produtos desempenham na Indústria Química e na sociedade, e informar como a indústria pode causar impactos socioambientais drásticos, como no caso de Maceió.

A partir do tema e objetivo proposto, no capítulo 1 – Divulgação Científica, do que se trata? – são apresentados os desafios e objetivos da divulgação científica, e quais os principais

pontos que devem ser levados em consideração para a elaboração de um texto de divulgação científica (TDC), trazendo também algumas questões acerca da Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) que devem ser levadas em consideração.

No capítulo 2 – Indústria soda-cloro – Informações essenciais e gerais – são apresentados os principais aspectos sobre essa indústria, abrangendo questões dos meios de produção e a relevância social e econômica na Indústria Química como um todo, indicando aspectos técnicos e onde essa indústria atua.

No capítulo 3 – Desastre da Extração de Sal-gema em Maceió – é apresentado ao leitor o ocorrido na cidade de Maceió, nos bairros de Pinheiro, Mutange, Bom Parto e Bebedouro, em que a extração de sal-gema na região acarretou na ocorrência de abalos sísmicos, afundamentos, desmoronamentos e outras consequências, levando a população a ter de abandonar a região afetada.

No capítulo 4 – Elaboração de um texto de divulgação científica – Critérios e possibilidades de utilização – são apresentadas as metodologias utilizadas para elaborar o texto em si e possibilidades de utilização desse em sala de aula.

DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA, DO QUE SE TRATA?

Para que se desenvolva uma sociedade democrática, com cidadãos sabedores dos seus direitos e deveres, e com pensamento crítico acerca dos diversos assuntos pertinentes ao individual e ao coletivo, o acesso ao conhecimento científico se faz de grande relevância. Logo, a divulgação científica, por objetivar a propagação dos conhecimentos científicos, desempenha papel importante para viabilizar mais uma forma de acesso ao conhecimento gerado no meio acadêmico e que, normalmente, não alcançaria o grande público.

Acho que os cientistas têm a responsabilidade de ensinar ciência às pessoas. A razão principal para fazer isso não é atrair mais pessoas para a química, por exemplo, mas informar o público geral. Quando as pessoas adquirem algum conhecimento científico, podem compreender melhor as decisões, o que é fundamental numa sociedade democrática. Caso contrário, poderão se tornar vítimas de demagogos e especialistas. (HOFFMAN, 1992)

Por que divulgar ciência? Esse é um questionamento trazido por Cássio Leite Vieira no livro “Pequeno Manual de Divulgação Científica: dicas para cientistas e divulgadores de ciência”, que traz como resposta alguns motivos principais. A divulgação científica (DC) se faz de grande valia para a própria comunidade científica porque ela aumenta a visibilidade social do fazer científico, podendo, com isso, atrair mais investimento para o segmento, por expor os trabalhos à iniciativa privada. Além disso, essa é uma forma de “prestar contas” à sociedade, mostrando de forma compreensível, não só por meio de relatórios financeiros, os resultados dos investimentos alocados no setor científico. Textos de divulgação científica (TDC) possuem potencial para serem utilizados como materiais complementares por professores, porque são boas ferramentas na luta contra a desinformação. Os TDC também promovem a valorização da produção dos conhecimentos, explicitando o fazer científico e tornando mais acessível os resultados de pesquisas especializadas não só ao público leigo, mas também aos próprios cientistas e seus pares de outras áreas do conhecimento que não a deles próprios (VIEIRA, 1999).

Quando paramos para pensar em divulgação científica, é comum que, por falta de informação, haja uma eventual confusão entre dois conceitos, o de divulgação e de

comunicação científica, que apesar de muito semelhantes em alguns aspectos, diferem-se principalmente em seu objetivo e público-alvo (BUENO, 2010).

Haja vista o presente trabalho ter como objetivo tratar de divulgação e não comunicação científica, devemos ter em mente a distinção de ambos para que o objetivo fique claro para o leitor. Segundo Bueno (2009), a divulgação científica é compreendida como “[...] utilização de recursos, técnicas, processos e produtos (veículos ou canais) para a veiculação de informações científicas, tecnológicas ou associadas a inovações ao público leigo” (p. 162). Ao contrário da DC, a comunicação científica trata da “transferência de informações científicas, tecnológicas ou associadas a inovações e que se destinam aos especialistas em determinadas áreas do conhecimento.” (BUENO, 2010, p. 2).

Partindo dos dois conceitos apresentados por Bueno, fica perceptível que ambos possuem objetivos e públicos distintos, sendo a divulgação científica destinada ao público leigo, com objetivo de “democratizar o acesso ao conhecimento científico e estabelecer condições para a chamada alfabetização científica.” (BUENO, 2010, p. 5). Enquanto a comunicação científica, propõe-se ao público de especialistas e tem por objetivo a propagação de informações especializadas para que se tornem conhecidos pelos especialistas os avanços obtidos em determinadas áreas (BUENO, 2010).

Quanto ao discurso da DC, esse pode ser caracterizado a partir de três, são eles: o **tema**, que deve tratar ideias sobre a temática científica, o **estilo**, que trata da linguagem utilizada e deve ser simplificada para o público geral, e a **composição**, em que o autor deve procurar alcançar o interlocutor por meio de estratégias discursivas diversas para que a mensagem desejada seja passada de forma efetiva (FERREIRA; QUEIROZ, 2012).

Quando se trata do contexto de divulgação científica, um dos motivos que a justifica é que o público possa compreender verdadeiramente como a ciência, juntamente com a produção tecnológica, atua e funciona e, principalmente, as entendendo não apenas como motores do progresso da humanidade, visto que uma confiança excessiva na ciência e na tecnologia pode causar uma compreensão que as distancia dos interesses sociais, políticos, militares e econômicos que as impulsionam, assim como os riscos associados (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007).

Apesar de na sociedade atual os meios de comunicação tratarem e divulgarem assuntos controversos que são produtos do desenvolvimento científico-tecnológico – como a produção de alimentos transgênicos – parte da população possui dificuldade de perceber o porquê da necessidade de se discutir sobre esses temas e como eles podem, a curto ou a longo prazo,

influenciar nossa sociedade de forma negativa. É necessário que se trabalhe para que a população, de forma geral, tenha condições de acessar essas informações do fazer científico-tecnológico e a partir dessas, julgar, questionar e decidir, participando de decisões e influenciando o meio em que vivem, evitando a legitimação de atitudes e interesses que beneficiam apenas a pequenos grupos de pessoas (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007).

Dessa forma, se faz necessário que os cidadãos compreendam a ciência e a tecnologia não como algo a parte do social, mas como produtos desse meio, sendo influenciados por fatores culturais, políticos e econômicos. Conhecer melhor os processos de os produtos da ciência e da tecnologia possibilita uma participação mais ativa dos cidadãos e tira das mãos dos especialistas ou autoridades públicas, decidirem sozinhas sobre aspectos que dizem respeito a vida de todos, fortalecendo, assim, aspectos da democracia (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007).

Pensando na relevância da alfabetização científica e tecnológica associada a questões e contextos sociais, têm surgido movimentos como o denominado Ciência, Tecnologia e Sociedade, ou simplesmente, CTS. Este movimento visa proporcionar discussões, questionamento e críticas acerca do desenvolvimento científico-tecnológico, e vem ganhando, principalmente na área da educação (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007). O CTS, em trabalhos acadêmicos, objetiva perguntar acerca da “natureza social do conhecimento científico-tecnológico e suas incidências nos diferentes âmbitos econômicos, sociais, ambientais e culturais das sociedades” (CHRISPINO, 2008, p. 11)

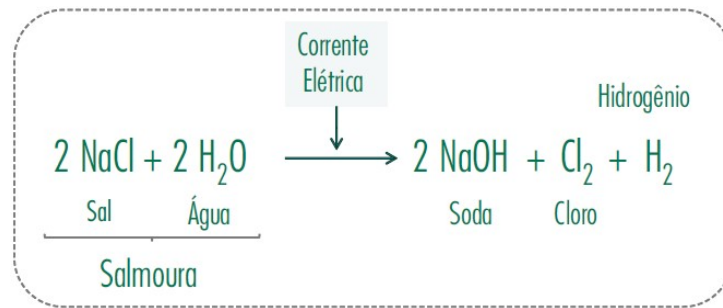
Materiais de divulgação científica, como textos, podem ser ferramentas desenvolvidas para contribuir com a educação CTS, sendo utilizados por professores no contexto escolar para fomentar discussões, que levem os alunos a compreenderem melhor as relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade e, como elas podem se impactar e contribuir com a melhoria da qualidade de vida no Planeta Terra.

INDÚSTRIA CLORO-SODA – INFORMAÇÕES ESSENCIAIS E GERAIS

Vários são os setores da Indústria Química que, em algum de seus processos produtivos utilizam de cloro, ou seus derivados, e soda cáustica (Hidróxido de Sódio), conhecida comumente pelo seu uso doméstico para desentupir ralos e limpar caixas de gordura. Mas o que esses dois compostos tão distintos quanto à função desempenhada na Indústria Química e às características gerais têm em comum para serem tratadas em conjunto? Ambos são produzidos a partir do cloreto de sódio, conhecido sal de cozinha e, por isso, quando tratados na indústria e no mercado, estão fortemente relacionados (ANDRADE; ZAPORSKI, 1994).

A indústria cloro-soda é uma indústria de base inorgânica e é a responsável pela produção do cloro e soda cáustica, e assim como colocado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), na “Revista do BNDES de 1994”, é “fornecedora de insumos intermediários para a indústria química e para vários outros setores industriais”, sendo alguns dos produtos derivados desse setor, de forma indireta e/ou direta, remédios, alumínio, produtos de higiene, tintas, tecidos, PVC, dentre outros mais (FERNANDES; GUIMARÃES; GLÓRIA, 2009).

O principal método utilizado para a produção de cloro e soda a níveis industriais é por meio da eletrólise (decomposição por corrente elétrica contínua) da salmoura (solução aquosa de cloreto de sódio), que dá origem a soda cáustica e ao cloro em uma proporção fixa de 1 tonelada de gás cloro para 1,12 tonelada de soda, como colocado pela BNDES setorial (2009). Esse processo de eletrólise da salmoura ocorre de forma que, quando a salmoura é submetida a uma corrente elétrica contínua, no lado do ânodo (polo negativo), há a dissociação dos íons de cloro (Cl^-) e sódio (Na^+) do cloreto de sódio (NaCl), gerando moléculas de gás cloro (Cl_2) na superfície do anodo, enquanto na direção do cátodo (polo positivo), ocorre a dissociação da água (H_2O), gerando íons de hidrogênio (H^+) que se associam a outros na superfície do cátodo formando gás hidrogênio (H_2), e hidroxilas (OH^-), que se unem a íons Na^+ presentes na solução, formando assim o hidróxido de sódio (NaOH) (JARDIN JÚNIOR, 2006).

Figura 1: Equação química da eletrólise da salmoura.

Fonte: Abiclor (2020)

O gás hidrogênio (H_2), que também é formado no processo da eletrólise da salmoura, pode ser recuperado para posterior utilização como combustível ou para participação na produção de ácido clorídrico (ABICLOR, 2020).

Para tratar dessa indústria, faz-se necessário falar também sobre a matéria prima necessária em seu processo produtivo, que é a salmoura obtida a partir da mistura de água e cloreto de sódio. Existem três processos principais para obtenção de cloreto de sódio para a salmoura, pela evaporação da água do mar, pela extração em salares (desertos de sal) naturais e a mais comum, que é por meio da extração em jazidas de sal-gema.

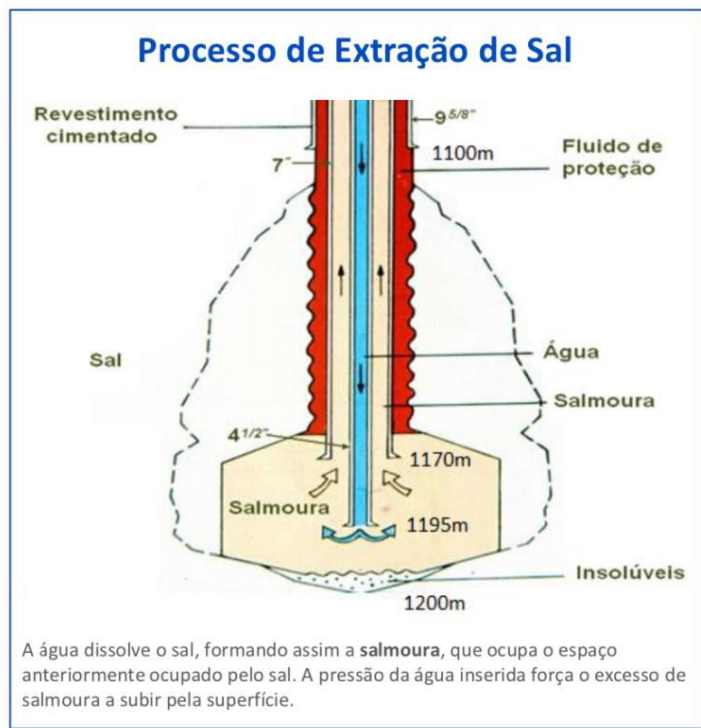
O processo de extração de cloreto de sódio por meio da evaporação de água do mar é limitado pelo índice de evaporação/precipitação, que deve ser de pelo menos 3/1 e depende da umidade do ar, da velocidade dos ventos e da quantidade de energia solar absorvida, por isso, esse método de obtenção é restrito a localidades que possuem essa característica. Nesse processo, é realizada uma cristalização fracionada nas salinas, em que os demais sais presentes na água do mar são dissolvidos e separados, proporcionando um cloreto de sódio com pureza elevada (SHREVE, 1997).

A extração do cloreto de sódio de salares naturais é limitada aos poucos locais que possuem esse tipo de ambiente, por isso, é um meio de obtenção bastante limitado, além de possuir um grande custo ambiental pelo impacto causado a esses ecossistemas no processo.

O último método de extração de cloreto de sódio, e o mais comum, é por meio da extração em jazidas de sal-gema representado pela Figura 2, em que é realizada uma injeção de água dentro da jazida que proporciona a dissolução do sal na água e, em seguida, é retirada a salmoura (mistura de água com cloreto de sódio), comumente utilizada na indústria soda-cloro. Uma consequência desse método é a formação de crateras nos locais em que o sal foi

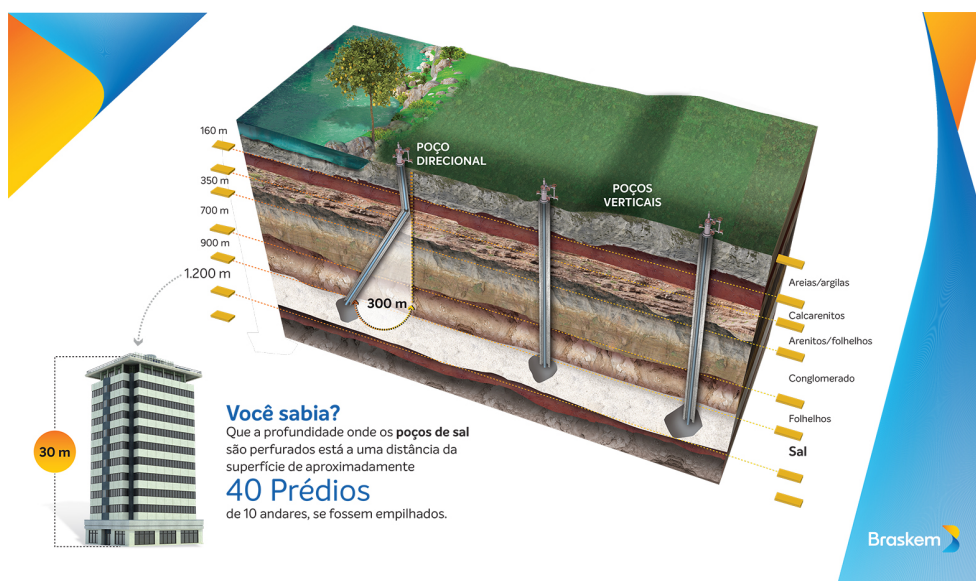
extraído, pois após sua extração, grandes espaços vazios são deixados, o que corrobora para o colapso do solo da superfície por falta dessa estrutura de sustentavam (SHREVE, 1997).

Figura 2: Processo de Extração de Sal-Gema por Diluição.



Fonte: CASE MACEIÓ. Braskem

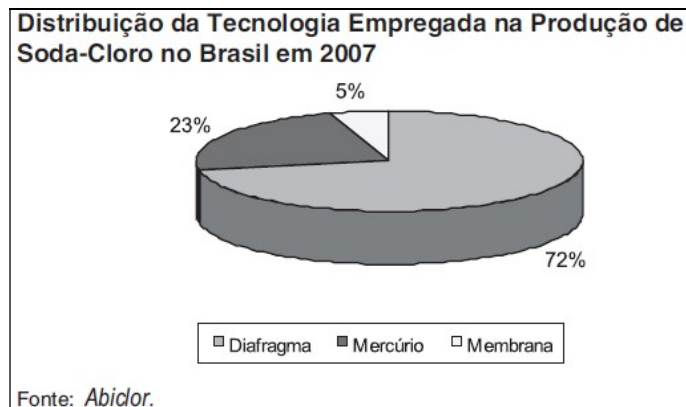
Figura 3: Poços de Extração de Sal-Gema.



Fonte: CASE MACEIÓ. Braskem

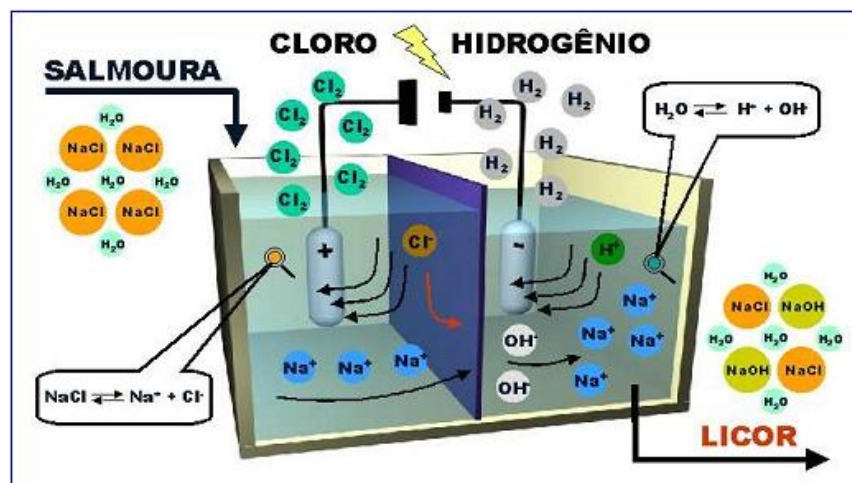
Na indústria, há a predominância de três tecnologias para se obter os produtos derivados do sal, a partir de três células eletrolíticas diferentes, utilizadas na produção de soda-cloro, de mercúrio, de diafragma e de membrana. A mais utilizada no Brasil tem sido a de Diafragma. Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Álcalis, Cloro e Derivados (Abiclor) em 2007, como indicado na figura 4.

Figura 4: Distribuição da tecnologia empregada na produção soda-cloro no Brasil em 2007.



Fonte: Abiclor (2020)

Figura 5: Tecnologia de célula de diafragma.



Fonte: Universidade Federal de Alagoas - UFAL

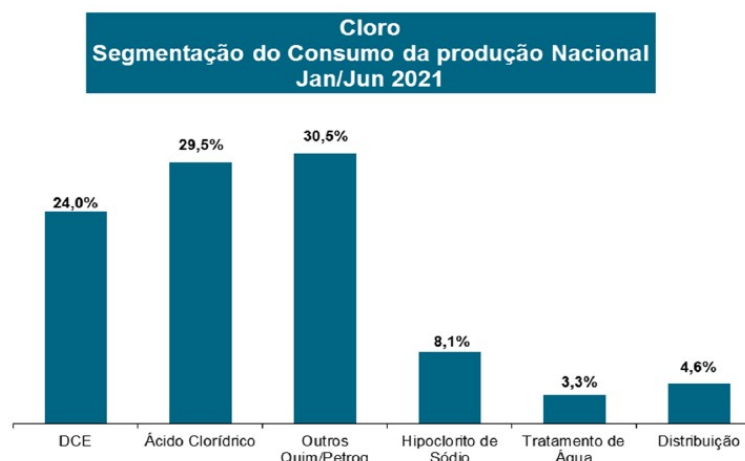
Partindo do processo de obtenção de cloro e soda supracitado (Figura 5), cabe ressaltar que, como indicado pela BNDES (2009), são necessários três insumos: água, sal e energia elétrica. Porém, apesar dos insumos serem relativamente simples, “A indústria de soda-cloro constitui uma das maiores tecnologias eletroquímicas do mundo. É um processo eletrointensivo, classificado como o segundo maior consumidor de eletricidade com utilização

anual de 2.400 bilhões de kWh, em 2006.”, fato esse que implica em grandes impactos ambientais.

O fato de a indústria de soda-cloro consumir elevadas quantidades de energia a faz ser considerada eletrointensiva, assim como a indústria do alumínio. Logo, é comum que ocorra o subsídio de energia utilizada nos processos por parte do governo. Isso é alvo de crítica por alguns setores da economia nacional, visto que esse auxílio financeiro é pago com dinheiro público.

Pensando nos insumos produzidos pela referida indústria, o cloro apresenta vital importância para diversos setores. De acordo com a Abiclor (2021), através do “Relatório Estatístico Abiclor Janeiro-Junho”, a principal utilização do gás cloro se dá nos segmentos da indústria Química e Petroquímica, na produção de Ácido Clorídrico e na produção de 1,2-Dicloroetano (DCE), como indicado no gráfico da figura 6.

Figura 6: Cloro – consumo setorial da produção nacional.



Fonte: Relatório Estatístico Janeiro/June 2021

O reagente 1,2-Dicloroetano, terceiro insumo que mais demanda consumo da produção nacional de cloro, é matéria-prima utilizada para a produção da resina plástica policloreto de vinila (PVC). Como é sabido, os canos, juntas, conexões de PVC exercem grande importância na construção civil na estruturação da rede de água e de esgoto e também na fabricação de outros produtos (FERNANDES; GUIMARÃES; GLÓRIA, 2009). Além do uso industrial, vale ressaltar que o gás cloro atua muito bem como germicida e, por isso, é utilizado amplamente no tratamento de água potável, o que contribui diretamente para o

controle de disseminação de doenças e foi um dos fatores que possibilitou a vida comunitária em grande escala (ANDRADE; ZAPORSKI, 1994).

A soda, por sua vez, também é um insumo essencial para diversos setores, porém, seu papel ocorre de forma diferente do cloro, em que sua principal função na indústria química a neutralização e digestão de sólidos, estando dificilmente incorporada no produto final da cadeia produtiva (ANDRADE; ZAPORSKI, 1994). De acordo com a Abiclor (2021), através do Relatório supracitado, observa-se que sua principal utilização está nos segmentos da indústria Química e Petroquímica, na distribuição (revenda) e na de papel e celulose, como indicado no gráfico da figura 7.

Figura 7: Soda cáustica – consumo setorial da produção nacional. Fonte: Relatório Estatístico



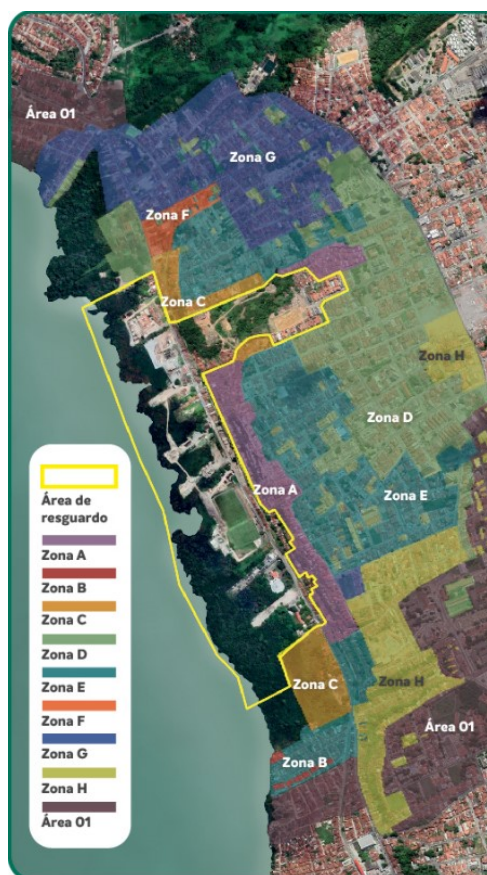
Tendo em vista que, “A soda cáustica e o cloro constituem um dos pontos de partida, como matérias-primas básicas, para a indústria química mundial. Mais de 50% das vendas químicas mundiais dependem, em alguma etapa do seu processo produtivo, da química do cloro” (ANDRADE; ZAPORSKI, 1994). Fica evidente a importância que essa indústria desempenha não só na economia, comercializando cerca de 443 mil toneladas de cloro e 452 mil toneladas de soda no período de janeiro a junho de 2021 (ABICLOR, 2021). Esses números expressivos apontam como a sociedade usufrui de tantos produtos que dependem de alguma forma desses insumos em suas cadeias produtivas. Apesar disso, pouco se sabe sobre os impactos que essa indústria produz, desde o processo de extração do cloreto de sódio, seu principal insumo. Por isso, no próximo item nos dedicamos a falar um pouco sobre o impacto.

DESASTRE DA EXTRAÇÃO DE SAL-GEMA EM MACEIÓ

Uma característica da indústria cloro-soda que não deve ser ignorada é quanto a suas implicações ambientais. Devido a isso, destacamos um caso que está ocorrendo no estado de Alagoas, pois evidencia bem tais impactos socioambiental.

Na cidade de Maceió, capital de Alagoas, os bairros de Pinheiro, Bebedouro e Mutage, com população estimada de 31.797 pessoas segundo o relatório técnico divulgado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) do Serviço Geológico do Brasil (2019), sofrem consequências diretas do processo de extração do mineral halita, ou sal-gema, como é coloquialmente conhecido (TEIXEIRA *et al.*, 2020).

Figura 8: Regiões afetadas pela extração de sal-gema.



Fonte: CASE MACEIÓ. Braskem

As principais consequências observadas nesses bairros, decorrentes da extração do sal-gema, desde 2018, são: aumento da frequência de abalos sísmicos e de entulhos (resíduos de construção, domésticos e vegetais); afundamentos; infiltrações; surgimento de crateras e rachaduras em prédios comerciais, apartamentos e residências dentre outros (TEIXEIRA et al., 2020).



Figura 9: Consequências da extração de sal-gema em Maceió

Por conta dessas consequências na região, houve a necessidade de realojamento da população, devido à insegurança estrutural das moradias. Há uma diminuição constante no fluxo cotidiano de pessoas nessas localidades, o que caracteriza um processo de êxodo nos bairros em questão, o que expõe as propriedades a situações de violação por furto e arrombamento (TEIXEIRA et al., 2020).

Por conta desses acontecimentos na região, foram realizadas análises considerando características geológicas e geomorfológicas, ocupação do solo e a presença de extração mineral na região. Das investigações realizadas pela CPRM, em duas foram confirmadas a

presença de espaços vazios no solo causados pela extração de sal-gema, evidenciando deformações nas cavernas de mineração. Tais deformações influenciam diretamente os fenômenos observados na região demarcada na figura 8, além de provocar a ativação das estruturas tectônicas abaixo das zonas de risco (TEIXEIRA et al., 2020). Como citado, os fenômenos ocorrem pelos espaços vazios deixados no processo de extração do mineral halita que desestabiliza a superfície por falta do mineral que servia de base para o solo. As crateras formadas na mina deixa o solo propício a tremores e desabamentos, inviabilizando a ocupação urbana da região.

Em um primeiro momento, a empresa Braskem decidiu encerrar a exploração de sal-gema em Maceió, porém, negou responsabilidade do ocorrido por alegar inconsistências nas metodologias utilizadas na pesquisa do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), que apontou sua extração de sal-gema na região como causa do desastre. No início de 2020, um acordo foi firmado entre a prefeitura de Maceió e a Braskem, ficando acordado que a empresa pagará R\$ 1,7 bilhão para realocar 17 mil pessoas dos bairros afetados e mais R\$ 1 bilhão para o fechamento dos poços de exploração de sal-gema em Maceió (MAPA DE CONFLITOS, 2020).

Figura 10: Poços de extração de sal-gema a serem fechados.



Fonte: CASE MACEIÓ. Braskem

ELABORANDO UM TEXTO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA – CRITÉRIOS E POSSIBILIDADES DE UTILIZAÇÃO

O presente trabalho propõe a elaboração de um texto de divulgação científica, logo, esse capítulo visa ressaltar os critérios utilizados para a elaboração do TDC decorrente deste TCC. Utilizamos como base o mapeamento de TDC realizado por Ferreira e Queiroz (2011), e as possíveis contribuições que sua utilização pode ter no ambiente escolar e ensino de ciências.

No processo de produção de um TDC, a partir das ferramentas de análise apresentadas no mapeamento de Ferreira e Queiroz (2011), deve-se atentar a questões de conteúdo e forma do texto, assim como apresentado no esquema da figura 11, a fim de, assim, desenvolver seu potencial didático.

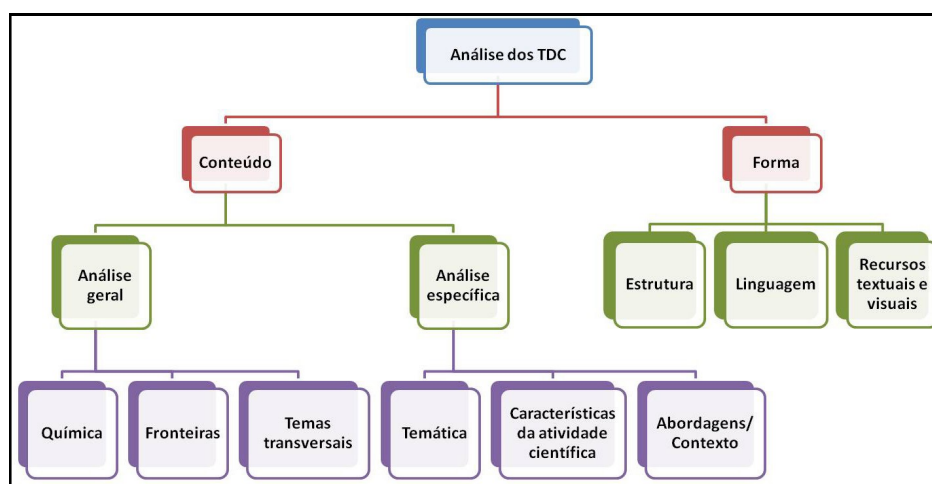


Figura 11: Esquema de análise de TDC proposto por Ferreira e Queiroz (2011).

Fonte: Fatareli et al. (2015, p. 12).

O **conteúdo** diz respeito aos temas presentes no texto, que devem ser próprios da temática científica, englobando questões acerca da ciência e da tecnologia. Ainda com relação aos conteúdos, podemos realizar duas análises, uma geral e uma específica. A análise geral objetiva compreender como os conteúdos formais, sendo da química ou não, são abordados no

texto. A análise específica tem como propósito entender a relação entre os conteúdos, natureza da ciência, e contextos político, social e econômico com o tema do TDC (FERREIRA; QUEIROZ, 2011).

Quanto à **forma**, essa trata de pontos acerca da estrutura, linguagem e recursos visuais do texto. A estrutura diz respeito a forma como os textos são construídos e as informações distribuídas. A linguagem, por possuir o público leigo como alvo, que está alheio ao vocabulário científico, deve-se utilizar um vocabulário acessível, dispensando termos que sejam de difícil acesso e utilizando simplificações e exemplos do cotidiano, caso necessário. Quanto aos recursos textuais e visuais, diz respeito a forma que as informações são distribuídas espacialmente e aos recursos visuais utilizados, lembrando que devem levar o leitor a se interessar mais acerca do assunto tratado no texto (FERREIRA; QUEIROZ, 2011).

De acordo com estas autoras, estratégias didáticas que utilizam TDC são de grande importância para o ensino de ciências, por trazer benefícios como o desenvolvimento da leitura, acesso a diversidade de informações e capacidade de argumentação. Isso é corroborado por outros autores ao afirmarem que:

De modo geral, o emprego de TDC em sala de aula propicia aos alunos um contato com informações atualizadas sobre ciência e tecnologia, com acontecimentos de seu cotidiano e pode estimular o desenvolvimento de habilidades de leitura, de espírito crítico e reflexivo. (FATARELI et al., 2014, p. 1).

Penso que o TDC produzido acerca do tema do presente trabalho, a indústria cloro-soda, pode ser utilizado para tratar o conteúdo de eletrólise em aulas para os alunos do ensino médio. O professor pode utilizar o texto para mostrar aplicações práticas desse conteúdo na indústria e mostrar também como produtos industriais impacta o cotidiano dos alunos direta, por meio do consumo de seus produtos e, indiretamente, por meio dos impactos sociais e ambientais, que a indústria gera na sociedade.

A partir de uma perspectiva diferente sobre a elaboração de um TDC, para Vieira (1999, p. 15 - 32) a linguagem deve ser empregada considerando alguns aspectos, essencialmente diferentes da utilizada na elaboração de periódicos científicos, visto que o público é diferente no nível de compreensão prévia do assunto abordado. Muitas são as pessoas que não dominam certos conceitos básicos de ciências. Portanto, a linguagem utilizada deve evitar ao máximo a utilização de linguagem específica do meio acadêmico para facilitar a compreensão plena dos leitores sobre a totalidade do texto, evitando barreiras linguísticas.

O primeiro parágrafo de um TDC tem papel crucial para despertar o interesse do leitor, por isso, deve ser escrito de forma a cativar e motivar o público à leitura do texto logo de início, sendo uma sugestão a apresentação de um fato de impacto sobre o tema logo de começo. Deve-se evitar fazer um primeiro parágrafo inicial longo e com informações complicadas, já que um começo difícil pode acabar espantando o leitor.

Para facilitar a compreensão do TDC, o autor defende o uso de analogias, pois sua utilização ajuda a tornar os conceitos que são abstratos em algo mais concreto e proporciona uma base de comparação, porém, deve-se ser lembrado que as analogias devem comparar coisas comparáveis, sendo também ilustrativas e não explanatórias. Não se deve negligenciar também a veracidade das informações, científicas ou não, apresentadas no texto. Todas as informações devem ser corretas e ter compromisso com o rigor científico, que não deve ser deixado de lado nesse aspecto.

Deve-se apresentar as ideias do TDC de forma clara, para que assim o maior número possível de leitores consiga entender o conteúdo apresentado, evitando o uso de jargões e priorizando o dinamismo da leitura por meio de uma linguagem simples, informal e não rebuscada. O TDC pode e deve ser uma leitura leve, descontraída e até bem humorada, caso esse artifício seja usado com bom senso, não algo cansativo e maçante. O texto deve ser “enxugado”, de forma a evitar redundâncias e ir direto ao ponto, pois assim mais informações relevantes podem ser apresentadas sem que o leitor se canse na leitura (VIEIRA, 1999).

Sempre que um conceito científico e/ou complicado for apresentado, esse deve ser explicado de forma simples e com poucas palavras, seja por glossário ou através do uso de parênteses, pois assim é evitado que o leitor fique sem entender algum ponto por falta de conhecimento prévio. Caso algum conceito mais complicado deva ser apresentado, é recomendada a utilização de boxes auxiliares separados do texto principal para sua explicação (VIEIRA, 1999).

Com relação a forma do TDC, é recomendado um título que seja interessante e instigador, haja vista que esse é normalmente o primeiro elemento do texto que o leitor vai ler. Os parágrafos não devem ser muito longos, pois esses desestimulam o leitor, as ilustrações utilizadas devem ser de fácil compreensão e é preferível que essas reforcem o que está escrito no texto e sejam, com suas legendas, autossuficientes para seu entendimento (VIEIRA, 1999).

Levando em consideração as informações supracitadas, segue no apêndice o TDC produzido no presente trabalho.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em síntese, o que se pode concluir é que a indústria cloro-soda desempenha papel fundamental para a indústria química e, conseqüentemente, sociedade como um todo, pois os insumos produzidos por essa, o gás cloro e a soda cáustica ou hidróxido de sódio, se fazem presente no processo produtivo de diversos outros produtos essenciais para a vida moderna. Para tratar dessa indústria, várias questões relevantes devem ser consideradas, principalmente com relação aos seus impactos socioambientais, pois essa é uma indústria eletrointensiva, que demanda grandes quantidades de energia, além de provocar desastres ambientais como vem ocorrendo em Maceió.

A criação do TDC sobre esse tema possui potencial para trazer informações sobre a indústria ao público, alunos do ensino médio, ao mesmo tempo que incita pensamentos acerca dos impactos científicos, tecnológicos, sociais e ambientais relacionados ao tema, contribuindo para a formação de uma linha de pensamento mais crítica pelos leitores.

As conseqüências da extração de sal-gema em Maceió foram diversas, tanto com relação ao desastre ocorrido quanto em relação aos ganhos econômicos da região, por isso, deve-se considerar todas as variáveis relacionadas para se pensar em soluções, mas também refletir sobre o que pode ser feito para evitar situações semelhantes. Até quanto os ganhos econômicos provenientes da extração do mineral halita justificam os impactos socioambientais causados.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, José Eduardo Pessoa de; ZAPORSKI, Janusz. A indústria de cloro-soda. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 2, p. 183-225, dez. 1994.

BALANÇO SOCIOECONÔMICO DA INDÚSTRIA DE CLORO-ÁLCALIS NO BRASIL 2020. Abiclor, nov. 2020.

BUENO, Wilson da C. B. Jornalismo científico: revisitando o conceito. In: VICTOR, C.; CALDAS, G.; BORTOLIERO, S. (Org.). *Jornalismo científico e desenvolvimento sustentável*. São Paulo: All Print, 2009. p.157-78.

BUENO, Wilson Costa. Comunicação científica e divulgação científica: aproximações e rupturas conceituais. **Informação & Informação**, [S.l.], v. 15, n. 1 esp, p. 1-12, dez. 2010. ISSN 1981-8920. Disponível em: <<https://www.uel.br/revistas/uel/index.php/informacao/article/view/6585/6761>>. Acesso em: 06 maio 2022.

FATARELI, Elton F.; MASSI, Luciana; FERREIRA, Luciana N. A.; QUEIROZ, Salette L. Mapeamento de textos de divulgação científica para planejamento de debates no ensino de química. **Química Nova na Escola**, v. 37, n. 1, p. 11-18, 2015.

FERNANDES, Eduardo; GUIMARÃES, Bruna de Almeida; GLÓRIA, Ana Maria da Silva. O setor de soda-cloro no Brasil e no mundo. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 29, p. 279-320, mar. 2009

FERREIRA, Luciana Nobre de Abreu; QUEIROZ, Salette Linhares. Artigos da revista *Ciência Hoje* como recurso didático no ensino de química. **Revista Química Nova**, v. 34, n. 2, p. 354-360, 2011.

FERREIRA, Luciana Nobre de Abreu; QUEIROZ, Salette Linhares. Textos de divulgação científica no ensino de ciências: uma revisão. **Alexandria: Revista de Educação em Ciências e Tecnologia**, v. 5, n. 1, p. 3-31, 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/37695>>. Acesso em: maio 2021.

HOFFMAN, Road. **Ciência Hoje**, da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, v. 14, n. 82, 1992, p.45.

JARDIN JÚNIOR, Roberto Nicolas. Modelagem matemática de um processo industrial de produção de cloro e soda por eletrólise de salmoura visando sua otimização. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. doi:10.11606/D.3.2006.tde-08122006-141824. Acesso em: 2022-05-04.

NASCIMENTO, Tatiana Galieta; REZENDE JUNIOR, Mikael Frank. A produção de textos de divulgação científica na formação inicial de licenciandos em ciências naturais. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 10, n. 1, 2010, 11 f.

RELATÓRIO ESTATÍSTICO Janeiro/Junho 2021. Abiclor. Disponível em <<http://www.abiclor.com.br/estatisticas/>>. Acesso em: 4 maio 2021.

SHREVE, Randolph Norris; BRINK JR., Joseph A. **Indústrias de Processos Químicos**, 4 edição, Editora Guanabara Koogan S. A., 1997.

TEIXEIRA, Arthur Felipe de M.; NASCIMENTO, Carlos Henrique de V.; SILVA, Clayton dos Santos; LIMA, Jessé Rafael Bento; FRAGOSO, Marília Lacerda Barbosa. A lógica do discurso ambientalista empresarial: da extração de sal-gema aos impactos no ambiente urbano. **Revista Movimentos Sociais e Dinâmicas Espaciais**. Disponível em <<https://doi.org/10.46802/rmsde.v9i1.243613>>. Acesso em 06 maio 2023.

VIEIRA, Cássio Leite. Pequeno Manual de Divulgação Científica: dicas para cientistas e divulgadores de Ciência. Rio de Janeiro: **Ciência Hoje/Faperj**, 1999.

PÁGINAS DA INTERNET

CASE MACEIÓ. <https://www.braskem.com.br/mapa-da-desocupacao>

CASE MACEIÓ. <https://www.braskem.com.br/fechamento-e-preenchimento-dos-pocos-de-sal>

MAPA DE CONFLITOS: injustiça ambiental e saúde no Brasil. Neepes/ENSP/Fiocruz. Disponível em: <https://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br/conflito/conflito-de-extrema-complexidade-entre-populacao-de-maceio-e-mina-de-sal-gema-da-braskem-envolve-danos-irreparaveis/#sintese>

APÊNDICE – TEXTO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA – INDÚSTRIA

CLORO-SODA

Indústria cloro-soda

Como o sal de cozinha, o PVC de canos, os sabonetes e pessoas desabrigadas em Maceió estão relacionados?

Para responder a essa pergunta, primeiro devemos falar sobre o que é a indústria cloro-soda.

A indústria cloro-soda é a responsável pela produção de soda cáustica, usada comumente para desentupir pias, e cloro, conhecido pelo uso em piscinas. Ambos fazem parte de algum dos processos produtivos de pelo menos 50% dos produtos da indústria química. Alguns dos produtos que possuem a soda e o cloro em sua produção são o PVC [1], papel, sabões, remédios, plásticos, tintas, tecidos, solventes, pesticidas, alumínio e vários outros.

É a partir dessa indústria que é possível, por exemplo, a construção de edifícios da forma que conhecemos, com a utilização do PVC nos encanamentos, e a vida em grandes cidades, pelo uso do cloro como germicida [2] no tratamento da água que utilizamos todos os dias.



Figura 1: tubos de PVC, que usam cloro



Figura 2: Sabonete, que usa soda

Parte importante dessa indústria é a produção, em que a soda e o cloro são feitos a partir da eletrólise (utilização de eletricidade para realizar uma reação química) da salmoura, que nada mais é que uma mistura de água com cloreto de sódio, conhecido sal de cozinha. A partir dessa reação química, são obtidos o gás cloro e a soda em água, como mostrado na reação química a seguir (figura 3).

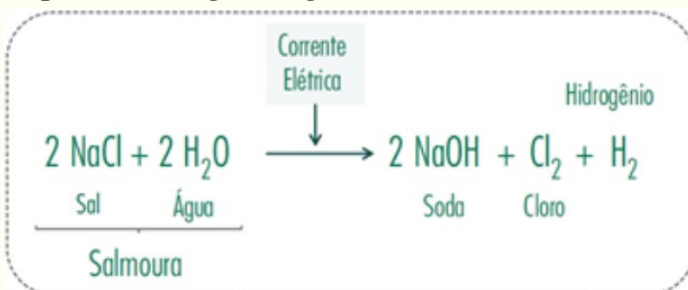


Figura 3: Reação de eletrólise da salmoura

Uma característica importante dessa indústria é que ela é considerada como eletrointensiva, que significa que ela usa grandes quantidades de energia na sua produção, o que cria grandes consequências ao meio ambiente, já que essa energia tem que vir de algum lugar.

Curiosidades

- Blocos de sal já foram usados como dinheiro na Etiópia, África e Tibete. O termo *salário* vem das porções de sal chamadas de *salarium* que soldados romanos recebiam como pagamento.
- O "sal de cozinha" não é puro, pois possui iodo em sua mistura.
- O PVC é usado também para produtos da área médica, embalagens de alimentos, calçados, brinquedos, fios, cabos, revestimentos e automóveis.

Glossário:

[1] O policloreto de vinila (PVC) é um plástico com características únicas muito usado em construções como material para encanamentos de água e esgoto ; [2] produto que mata germes.

Outra parte importante que precisamos discutir para responder à pergunta inicial é sobre a forma de conseguir o sal usado por essa indústria. São três os principais jeitos de conseguir esse sal: pela evaporação da água do mar com a luz do sol, pela retirada de salares naturais (desertos de sal) e pela retirada de jazidas de *sal gema* (figura 6).



Figura 4: Trabalhador em salina [4] em La Palma

A coleta de sal pela evaporação da água do mar é feita em salinas (figura 4) e é limitada por condições específicas de vento, quantidade de sol e humidade da região. As salinas são construídas normalmente próximas a mares, em que a água salgada é colocada em piscinas rasas para que a água evapore até o momento em que seja possível retirar o sal. Grande parte do sal usado para consumo humano é conseguido dessa forma.



Figura 5: Salar de Uyuni, na Bolívia

Outro jeito é pela retirada direta do sal de salares (figura 5), o que é limitado pela presença desses ambientes, que só existem em alguns lugares específicos do planeta, e que causa grande impacto ambiental por esses lugares serem ambientes frágeis.

Glossário:

[3] Sal de cozinha (cloreto de sódio) na forma de mineral, conhecido também como halita ; [4] Uma área de produção de sal pela evaporação da água do mar ou de lagos de água salgada ;



Figura 6: Halita [3] da mina de sal de Wieliczka

O último jeito é pela dissolução do sal das jazidas de sal-gema, em que é feita a retirada do sal dessas "minas de sal" injetando água para dissolve-lo e em seguida retirando a mistura de água com sal, como indicado na *figura 7* a seguir. Essa última forma é a mais comum na indústria e é a que explica a situação das pessoas que perderam suas casas em Maceió.

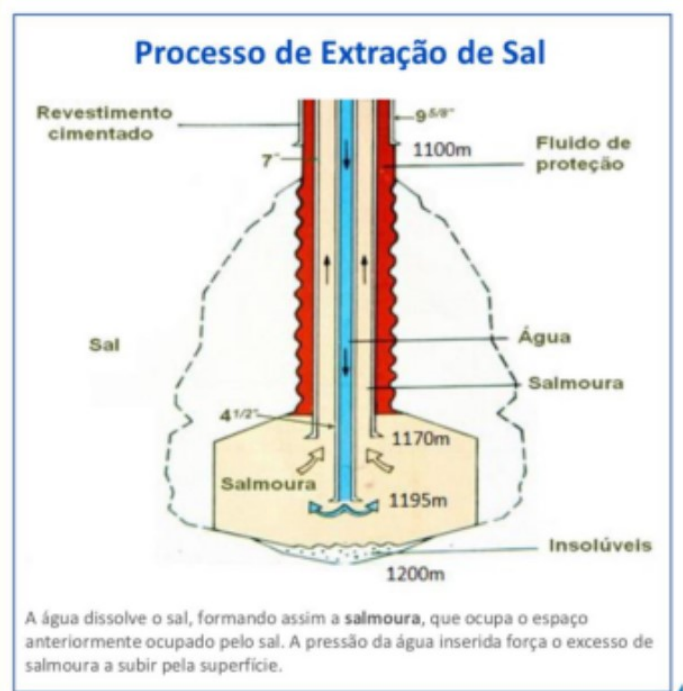


Figura 7: Processo de Extração de Sal-Gema por Diluição

Informação

A profundidade de um poço de sal-gema é por volta de 1200m, o que daria para colocar aproximadamente 40 prédios de 10 andares empilhados um em cima do outro.

Essa forma de conseguir o sal, das jazidas de sal-gema, é o usado pela BRASKEM, empresa responsável pela retirada de sal em Maceió, capital de Alagoas, na região dos bairros de Pinheiro, Bebedouro, Mutange e Bom Parto, com população estimada de mais de 31000 pessoas.

Essa retirada de sal causou consequências na região (figura 8), aumentando a quantidade de terremotos [5], afundamentos do chão, e surgimento de crateras e infiltrações (figura 9), fazendo as pessoas desses bairros terem que sair do local e abandonar seus lares, deixando esses bairros vazios. Isso aconteceu porque quando o sal é retirado do chão, grandes espaços vazios são deixados no lugar, sendo alguns maiores que campos de futebol, o que acaba tornando o solo acima favorável a desabamentos e demais problemas citados pelo motivo de o sal que o sustentava não estar mais lá.



Figura 8: Regiões afetadas pela extração de sal-gema



Figura 9: Efeitos da extração de sal-gema em Maceió

Em 2020, foi feito um acordo entre a prefeitura de Maceió e a BRASKEM, em que decidiram que a empresa deverá pagar R\$ 1,7 bilhão para realocar 17 mil das pessoas afetadas e mais R\$ 1 bilhão para fechar todos os buracos de extração de sal-gema da região. Porém, apesar desse acordo, ainda existem grupos como o *SOS Pinheiro* que pedem que mais moradores sejam compensados e que sejam considerados também os danos morais, sociais e emocionais causados pela extração.

Para Refletir

Qual o preço do seu lar? É possível dar preço para o local em que você cresceu e viveu várias histórias e lembranças? Uma indenização paga por esse lugar?

Pode-se pensar que a solução para essa situação seria simplesmente parar a retirada de sal gema e consequentemente a produção de cloro-soda da região, porém, a situação é mais complicada do que parece. Essa indústria é muito importante para a economia regional, pela geração de empregos para a população, e nacional, por meio da produção da soda e do cloro, que como já falado, servem como material para produção de tantos outros produtos que são essenciais para a sociedade.

Glossário:

[5] Tremor inesperado e repentino do terreno resultante de falhas no solo.

Porém, apesar da complexidade do problema, vale deixar claro que a partir de um planejamento, projeto e fiscalização adequada das atividades da empresa, todo esse desastre poderia ter sido evitado e uma extração mais sustentável poderia ter sido e continuar sendo feita.

Por fim, para responder à pergunta inicial, esses estão todos relacionados por serem resultados diretos ou indiretos da ação da indústria soda-cloro, seja pela matéria prima utilizada, como o sal de cozinha, por produtos que são resultados indiretos da indústria, como o PVC e os sabonetes, ou por consequências socioambientais causados pela extração do sal usado na indústria, como o que ocorreu na cidade de Maceió.

Materiais Complementares

- A BRASKEM PASSOU POR AQUI: A catástrofe de Maceió | Documentário completo de Carlos Pronzato (YouTube)

- Para entender melhor o caso de Maceió:
<<https://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br/conflito/conflito-de-extrema-complexidade-entre-populacao-de-maceio-e-mina-de-salgema-da-braskem-envolve-danos-irreparaveis/#sintese>>

- Para mais informações sobre a indústria:
<<https://www.abiclor.com.br>>

Referências

- SHREVE, Randolph Norris; BRINK JR., Joseph A. Indústrias de Processos Químicos, 4 edição, Editora Guanabara Koogan S. A., 1997.

- ANDRADE, José Eduardo Pessoa de; ZAPORSKI, Janusz. A indústria de cloro-soda. Revista do BNDES, Rio de Janeiro, v. 1, n. 2, p. 183-225, dez. 1994.

- FERNANDES, Eduardo; GUIMARÃES, Bruna de Almeida; GLÓRIA, Ana Maria da Silva. O setor de soda-cloro no Brasil e no mundo. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 29, p. 279-320, mar. 2009

<https://www.braskem.com.br/fechamento-e-preenchimento-dos-pocos-de-sal>

<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistamsu/article/view/243613/36200>

<https://www.braskem.com.br/alagoas>

<https://www.braskem.com.br/noticia-alagoas/extracao-em-infograficos>

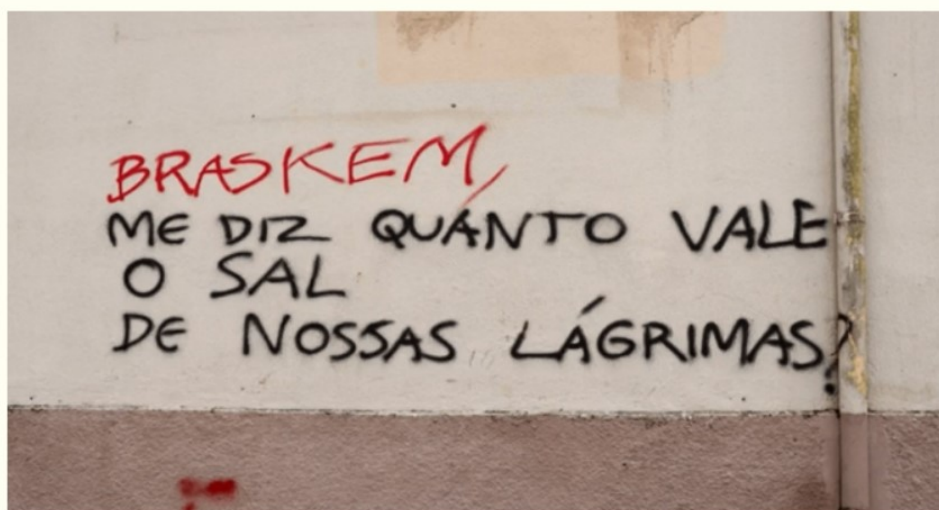


Figura 10: Frame do documentário "O Sal de Nossas Lágrimas"