

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Flavia de Rezende Bittencourt

DRE: 103131665

ENXOFRE NOS COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS. USO DO CONHECIMENTO QUÍMICO NA
MELHORIA DO MEIO AMBIENTE COMO TEMA MOTIVADOR DO ENSINO DE
QUÍMICA

RIO DE JANEIRO

2018

Flavia de Rezende Bittencourt

ENXOFRE NOS COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS. USO DO CONHECIMENTO QUÍMICO NA
MELHORIA DO MEIO AMBIENTE COMO TEMA MOTIVADOR DO ENSINO DE
QUÍMICA

**Monografia apresentada como requisito
Parcial à obtenção do título de
Licenciadoem Química pelo Instituto de
Química doCentro de Ciências
Matemáticas e daNatureza da
Universidade Federal do Riode Janeiro.**

Orientador: Roberto de Barros Faria

Rio de Janeiro

2018

Enxofre nos Combustível Fossil Uso do Conhecimento Químico na Melhoria do Meio
Ambiente como Tema Motivador do Ensino de Química

FLAVIA DE REZENDE BITTENCOURT

Aprovada em ____ / ____ / ____

ORIENTADOR

Profº. Roberto de Barros Faria
Departamento de Química Inorgânica - UFRJ

BANCA EXAMINADORA:

Profº. Roberto Marchiori
Departamento de Química Inorgânica – UFRJ

Profº. João Augusto de Mello Gouveia Mattos
Departamento de Química Orgânica – UFRJ

Dedico este trabalho aos amores de minha vida, pois incondicionalmente me amam e por isso esperam o meu melhor sempre me incentivando, mesmo nas horas difíceis de desânimo. Meu eterno amor a vocês, minha mãe, meu marido, minha filha e meu irmão.

Primeiramente agradeço a Deus, pois com Ele tudo é possível, ao meu professor orientador pela presteza e direcionamento, a todos os professores que contribuíram de alguma forma e em especial ao meu marido pela compreensão, paciência e cumplicidade.

**“A educação é a arma mais poderosa
que você pode usar para mudar o
mundo”**

Nelson Mandela

RESUMO

A intenção deste trabalho é abordar o tema “enxofre nos combustíveis fósseis” sob a forma de um estudo interdisciplinar, buscando um maior entendimento de uma parte importante da química presente no nosso cotidiano e que afeta a qualidade do meio ambiente. O objetivo é mostrar que boa parte do conteúdo programático de química pode ser ensinado através de temas de grande importância para a sociedade, no âmbito químico, bioquímico, ecológico e econômico, fazendo-se a correlação com a química do enxofre. O uso de temas atuais permite que os alunos se sintam mais à vontade diante da disciplina de química, na medida em que percebem a importância desses conhecimentos para o bem estar da sociedade. Pelo fato da temática da química do enxofre permitir uma abordagem ao mesmo tempo conceitual e aplicada, entende-se que esta tem grande potencial de ser um mediador do processo de ensino-aprendizagem, desenvolvendo um maior interesse por parte dos alunos, diminuindo assim a distância entre o conhecimento e a vida cotidiana.

Este trabalho abordará, do ponto de vista químico, os seguintes tópicos:

- principais compostos de enxofre presentes no meio ambiente e ciclo do enxofre na natureza
- os aminoácidos que contêm enxofre e sua correlação com as emissões de compostos sulfurados através dos processos de digestão e degradação das proteínas
- efeitos causados pelos diferentes compostos de enxofre presentes na atmosfera de origem antropogênica; chuva ácida e outros fenômenos
- principais compostos de enxofre presentes no petróleo, carvão e gás natural e seus teores
- principais compostos de enxofre presentes nos combustíveis derivados de petróleo e seus teores
- evolução ao longo dos últimos anos da legislação brasileira e mundial sobre os limites máximos de enxofre nos combustíveis derivados de petróleo
- métodos empregados para a redução do teor de enxofre nos combustíveis derivados de petróleo.

A correlação da química do enxofre com o conteúdo programático de química será feita mostrando-se que os compostos de enxofre oferecem a oportunidade de discussão dos seguintes temas:

-estequiometria: cálculos estequiométricos empregando as reações de oxirredução dos compostos sulfurados inorgânicos, como H_2S , SO_2 , e orgânicos, como R-SH.

-funções da química orgânica: correlação entre os compostos oxigenados como alcoóis, éteres, cetonas e fenóis com os sulfurados como tio-álcoois, tio-éteres, tiocetonas e tiofenóis, dentre outros.

-fórmulas estruturais da química: apresentação das fórmulas estruturais dos compostos mais usuais de enxofre como H_2SO_4 , H_2SO_3 , SO_2 , SO_3 , H_2S , sulfatos, sulfitos, sulfetos, dentre outros.

-estrutura eletrônica de Lewis dos compostos mais usuais de enxofre como H_2SO_4 , H_2SO_3 , SO_2 , SO_3 , H_2S , sulfatos, sulfitos, sulfetos, dentre outros; incluindo-se a apresentação de ligações simples e duplas, do conceito de ressonância e o cálculo da carga formal nos átomos.

-apresentação das fórmulas estruturais dos aminoácidos contendo enxofre ou não e também da estrutura das proteínas.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVO	13
3 JUSTIFICATIVA	15
4 MODELO EDUCACIONAL SEGUNDO OS PARAMETROS CURRICULARES NACIONAIS E AS LEIS DE DIRETRIZES E BASES DA EDUCAÇÃO NACIONAL	19
5 O MAIOR PROBLEMA DO ENSINO MÉDIO NO BRASIL	21
6 METODOLOGIA	25
6.1 Sobre o enxofre	25
6.2 A química do enxofre e seus principais compostos	27
6.3 O ciclo do enxofre na natureza	31
6.4 Ocorrência do enxofre em combustíveis fósseis	36
6.5 Legislação	38
6.6 Processos de redução do teor de enxofre no petróleo	39
7 USO DA QUÍMICA DO ENXOFRE COMO TEMA MOTIVADOR DE CONTEÚDOS PROGRAMÁTICOS DE QUÍMICA.	41
7.1 Fórmulas Estruturais da Química	42
7.2 Estrutura Eletrônica de Lewis	44
7.3 Estequiometria	45
7.4 Funções da química orgânica	48

7.5 Apresentação das fórmulas estruturais dos aminoácidos contendo enxofre ou não e também da estrutura das proteínas	50
7.6 Análise crítica utilizando conceitos químicos e conscientização ambiental	52
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
9 REFERÊNCIAS	57
ANEXO	61

1 INTRODUÇÃO

O perfil da escola ideal de hoje é a escola que além expor os alunos a conceitos, é aquela que fornece informações e com elas trabalha a consciência do aluno a fim de formar cidadãos capazes de fornecer soluções e/ou alternativas a problemas da nossa sociedade e, porque não, da humanidade. Mas para isso é necessário que o aluno tenha acesso a uma educação de base profunda e sólida, que permita a associação do que é visto em sala de aula com a realidade do dia-a-dia. O melhor mecanismo para fazer com que o aluno construa a ponte entre o conhecimento e as possíveis aplicações é diminuir ou eliminar o distanciamento entre essas duas realidades, mas parece ser ainda mais difícil quando se trata do ensino da química. Levar autonomia intelectual a um indivíduo fazê-lo crítico e consciente nos âmbitos econômico, político, social, ambiental e principalmente indicar que a química pode e faz parte desses aspectos não é uma tarefa trivial, ainda mais por se tratar de uma cadeira que geralmente os alunos aprendem apenas o suficiente para obter uma boa nota nas provas, decorando fórmulas e definições de conceitos.

Por isso as Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, volume 2 – (Brasil, 2006) tem como proposta a capacitação de pessoas para que estas interajam com o mundo contemporâneo, pessoas que detectem porque, onde e quando será necessária a busca pelo conhecimento ou seu aperfeiçoamento:

O mundo atual exige que o estudante se posicione, julgue e tome decisões, e seja responsabilizado por isso. Essas são capacidades mentais construídas nas interações sociais vivenciadas na escola, em situações complexas que exigem novas formas de participação. Para isso, não servem componentes curriculares desenvolvidos com base em treinamento para respostas padrão. Um projeto pedagógico escolar adequado não é avaliado pelo número de exercícios propostos e resolvidos, mas pela qualidade das situações propostas, em que os estudantes e os professores, em interação, terão de produzir conhecimentos contextualizados. (p.106)

A reformulação do ensino no Brasil acaba por propor uma reorganização para facilitar o desenvolvimento dos conteúdos de forma contextualizada e interdisciplinar. Sendo possível uma articulação entre diversas áreas estimulando o aluno na busca pelo saber e mostrando que as disciplinas (neste caso a química) faz parte de uma

cultura geral que tanto como cidadão, ou como profissional, isto é cobrado de forma mais veemente a cada dia. Esta reformulação no ensino médio tenta suprir a necessidade da atualização na educação brasileira fazendo com que esta seja mais eficiente, sendo tratada de forma integrada e transversal, sem descaracterizar as disciplinas e os conteúdos. A intenção é fazer com que o aluno enxergue que os conteúdos não devem ser tratados de forma segmentada e sim parte de um todo.

Neste trabalho abordaremos o tema dos combustíveis fósseis, de grande importância para a sociedade, mas voltado especificamente para sua composição focando sempre no enxofre, que pode trazer questões interessantes à tona além do conhecimento químico, mas também no campo ambiental, bioquímico e econômico.

2 OBJETIVO

A intenção deste trabalho é abordar o tema “enxofre nos combustíveis fósseis” sob a forma de um estudo interdisciplinar, buscando um maior entendimento de uma parte importante da química, presente no nosso cotidiano e que afeta a qualidade do meio ambiente. O objetivo é mostrar que boa parte do conteúdo programático de química pode ser ensinado através de temas de grande importância para a sociedade, no âmbito químico, bioquímico, ecológico e econômico, fazendo-se a correlação com a química do enxofre. O uso de temas atuais permite que os alunos se sintam mais à vontade diante da disciplina de química, na medida em que percebem a importância desses conhecimentos para o bem estar da sociedade. Pelo fato da temática da química do enxofre permitir uma abordagem ao mesmo tempo conceitual e aplicada, entende-se que esta tem grande potencial de ser um mediador do processo de ensino-aprendizagem, desenvolvendo um maior interesse por parte dos alunos, diminuindo assim a distância entre o conhecimento e a vida cotidiana.

3 JUSTIFICATIVA

Os combustíveis fósseis exercem uma importante presença no mundo e geram polêmicas e discussões impactantes na sociedade e essas razões podem elucidar-se pelas seguintes considerações:

a. Vantagens dos combustíveis fósseis

- Nos Transportes – Movimentam carros, aviões, trens e outros veículos. Ainda que estejamos em um grande processo de procura, adaptação e geração de novas tecnologias na área de fontes alternativas de energia, os combustíveis fósseis ainda são necessários para fazer funcionar muitos veículos e equipamentos, nem que seja em um estágio inicial ou de maneira parcial. Até mesmo o processo de fabricação dos veículos precisa dos combustíveis fósseis para estes sejam fabricados.
- Na Economia – A pesquisa contínua e vários anos de aperfeiçoamento das técnicas para encontrar, explorar, transportar e refinar o petróleo, fez com que este se tornasse relativamente barato. As companhias de petróleo e refinarias de combustíveis fósseis têm uma grande responsabilidade no desenvolvimento econômico dos países. A grande utilização destes combustíveis e a sua produção e venda exercem uma enorme influência na economia, até mesmo pela geração de empregos no setor.
- Subprodutos – A modernização no processo de refino nos deu acesso fácil e barato a subprodutos como os plásticos, que hoje são amplamente utilizados desde a cozinha até a medicina moderna e em computadores cada vez menores e mais baratos.
- Na geração de Energia – O carvão continua sendo uma das formas mais abundantes de combustíveis fósseis e cerca de 50% de todas as usinas termoelétricas dos Estados Unidos usam este como fonte de combustível, sendo considerado uns dos métodos de produção de eletricidade mais baratos e confiáveis.

b. Desvantagens dos combustíveis fósseis

- São altamente poluentes, gerando CO₂ que é um gás de efeito estufa, além de outros gases residuais que poluem o ar, como o CO gerado pela queima incompleta. Estes gases causam problemas de saúde, principalmente respiratórios. Outras impurezas presentes nos combustíveis fósseis produzem a liberação de gases sulfurados e nitrogenados para a atmosfera, que são causadores da “chuva ácida”.
- Sua extração causa enormes danos ao meio ambiente poluindo e causando a deterioração das terras, rios e mares, causando severos danos à saúde dos trabalhadores além de ser uma atividade de alta periculosidade.
- No caso do petróleo, as jazidas são limitadas. As reservas de petróleo conhecidas estão se aproximando de suas capacidades máximas de exploração e com o aumento da demanda, estão se esgotando rapidamente. Com o aumento da procura e a diminuição da capacidade de produção haverá aumento de custo. Já para o carvão, ainda que haja uma previsão de exploração por centenas de anos (considerando apenas a demanda atual), ainda assim é um recurso limitado

c. O Enxofre

A abordagem do Enxofre neste contexto fundamenta-se pelas relevantes temáticas a seguir:

- Apresenta configuração eletrônica interessante para diversas discussões;
- Estima-se que o enxofre seja o décimo sexto elemento mais abundante na crosta terrestre. É encontrado, geralmente, na forma de sulfatos, sulfetos e também em sua forma elementar. Esta última ocorre mais comumente em depósitos vulcânicos ou sedimentares. Também é encontrado como uma impureza nos carvões, no petróleo e no gás natural, sob a forma de compostos orgânicos e inorgânicos.

- Está presente em importantes discussões ambientais que podem servir para ilustrar importantes conceitos químicos.

4 MODELO EDUCACIONAL SEGUNDO OS PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS E AS LEIS DE DIRETRIZES E BASES DA EDUCAÇÃO NACIONAL

Contribuindo para a implementação das reformas educacionais definidas pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB, 1996), os Parâmetros Curriculares Nacionais Para o Ensino Médio – PCNEM reforçam a disseminação dos princípios da reforma do conteúdo curricular, orientando os professores e incentivando as escolas na construção deste novo modelo de educação. Nos termos da lei, o ensino médio deve ser uma oportunidade de desenvolver o indivíduo, estimulando seu raciocínio e principalmente a busca pelo conhecimento, fazendo com que haja capacitação para o aprendizado e levando o aluno a ser capaz de relacionar os conteúdos com as questões ao seu redor. Com isso, gera-se uma nova identidade ao ensino médio, onde o desenvolvimento do conteúdo deve ser feito de forma integrada e interdisciplinar, onde as seguintes competência e habilidades devem ser desenvolvidas:

- Representação e comunicação;
- Investigação e compreensão;
- Contextualização sociocultural;

Vale lembrar que o ensino de Química tem se reduzido à transmissão de informações, definições e leis isoladas, sem qualquer relação com a vida do aluno, exigindo deste quase sempre a pura memorização, restrita a baixos níveis cognitivos. Enfatizam-se muitos tipos de classificação, como tipos de reações, ácidos, soluções, que não representam aprendizagens significativas. Transforma-se, muitas vezes, a linguagem química, uma ferramenta, no fim último do conhecimento. Reduz-se o conhecimento químico a fórmulas matemáticas e à aplicação de “regrinhas”, que devem ser exaustivamente treinadas, supondo a mecanização e não o entendimento de uma situação-problema. Em outros momentos, o ensino atual privilegia aspectos teóricos, em níveis de abstração inadequados aos dos estudantes.

Como o ensino atualmente pressupõe um número muito grande de conteúdos a serem tratados, com detalhamento muitas vezes exagerado, alega-se falta de tempo e a necessidade de “correr coma matéria”, desconsiderando-se a participação efetiva do estudante no diálogo mediador da construção do conhecimento. Além de promover esse diálogo, é preciso objetivar um ensino de Química que possa contribuir para uma visão mais ampla do conhecimento, que possibilite melhor compreensão do mundo físico e para a construção da cidadania, colocando em pauta, na sala de aula, conhecimentos socialmente relevantes, que façam sentido e possam se integrar à vida do aluno. (PCNEN, 2000)

O PCNEN tem por embasamento a possibilidade de uma modificação educacional considerável, uma vez que existe demanda por uma nova tendência educacional que estaria mais adequada aos avanços metodológicos, inegavelmente o construtivismo. Não é uma imposição, pelo contrário, seria um direcionamento capaz de estabelecer uma orientação para os profissionais de educação em sua tarefa cotidiana.

Ainda que exista um bom direcionamento, contextualizar e transversalizar o ensino de Ciências da Natureza e Matemática não é tarefa fácil e muito menos óbvia, pois existem muitas dificuldades a serem vencidas neste campo que vai desde a formação do profissional de ensino até os conceitos e idéias equivocadas que permanecem nesta área. As competências a serem desenvolvidas dificilmente poderão ser alcançadas caso os professores não mudem suas atitudes e busquem maneiras diferenciadas e estratégicas para que o conteúdo a ser passado seja um conhecimento imprescindível e não apenas uma reprodução de dados e fórmulas. Apesar de todas as barreiras, todo o esforço para a adequação do ensino é válido, pois a sociedade exige cidadãos versáteis portadores de conhecimentos fundamentais e imprescindíveis para a execução de tarefas concomitantemente complexas, multidisciplinares e específicas, onde uma única disciplina não conseguiria proporcionar solução integral. O desafio é formar alunos capazes de compreender todas as variantes e buscar em áreas diversas a resposta para a formação de um todo.

5 O MAIOR PROBLEMA DO ENSINO MÉDIO NO BRASIL

No Brasil enfrenta-se um conjunto de problemas que culmina em uma grande evasão escolar no ensino médio. O Currículo com muitas disciplinas com pouco tempo para serem ministradas, ausência de um programa integrado de ensino técnico eficaz, a baixíssima remuneração dos professores e, fundamentalmente e principalmente, a inadequação do ensino médio à vida, às expectativas e às necessidades dos jovens compõem o retrato das dificuldades.

Além das questões práticas, como o volume de disciplinas e o tempo disponível para cumpri-las, uma preocupação mais subjetiva com o currículo, mas não menos importante, tem ganhado cada vez mais espaço. Trata-se da distância abissal entre o conteúdo das disciplinas apresentado aos jovens e a realidade da vida que eles levam. “A escola continua muito tradicional, engessada diante da vida mutante do adolescente contemporâneo”, afirma o educador Barbosa. A chamada “integração do currículo às tecnologias educacionais”, meta no relatório do Seade, é um dos maiores gargalos. Hoje, segundo pesquisa do Centro Brasileiro de Análise e Planejamento (Cebap), 84,4% dos brasileiros com idade entre 15 e 19 anos usam a internet para estudar. Outros 25,9% recorrem a *tablets* e celulares. Enquanto isso, poucas escolas no País fazem uma integração real de conteúdo e tecnologia, embora 73,8% delas já contem com computador e internet. Este descompasso entre expectativas dos alunos e realidade da escola é forte gerador de desinteresse, mas não é o único. A ausência de uma articulação mais eficiente entre ensino profissional e ensino médio também é tida como uma das razões para a evasão nesta fase. Reconhecer que nem todos, ao completar 18 anos, vão rumar para a universidade e oferecer a alternativa do aprendizado técnico durante o ensino médio pode ser um caminho para manter alunos na escola. (ISTOÉ, 2016)

Apesar dos diversos problemas a serem enfrentados, a diretora do Sindicato dos Professores de São Paulo (Sinpro-SP), Sílvia Barbara, afirma que “jovens adultos” com seus 16, 17 anos devem assumir suas obrigações. “Nas análises dos problemas na educação, a escola e os professores são sempre os mais criticados e pouca ou nenhuma responsabilidade é legada ao adolescente e à família”, diz. Sílvia diz ainda que a cruzada em favor de uma escola que privilegie ser agradável aos alunos antes de se preocupar em passar a eles o conhecimento acumulado da humanidade pode ter efeitos nocivos. “Vivemos em uma sociedade que valoriza demais o prazer e criminaliza demais o trabalho. E estudar sempre dará trabalho”, afirma.

Para minimizar os obstáculos enfrentados no dia-a-dia, provenientes de problemas econômicos e estruturais do ensino no Brasil, é importante privilegiar o ambiente sociocultural dos alunos e envolvê-los na sua própria realidade, minimizando a distância entre o conteúdo programático e a importância desse conhecimento na vida do estudante.

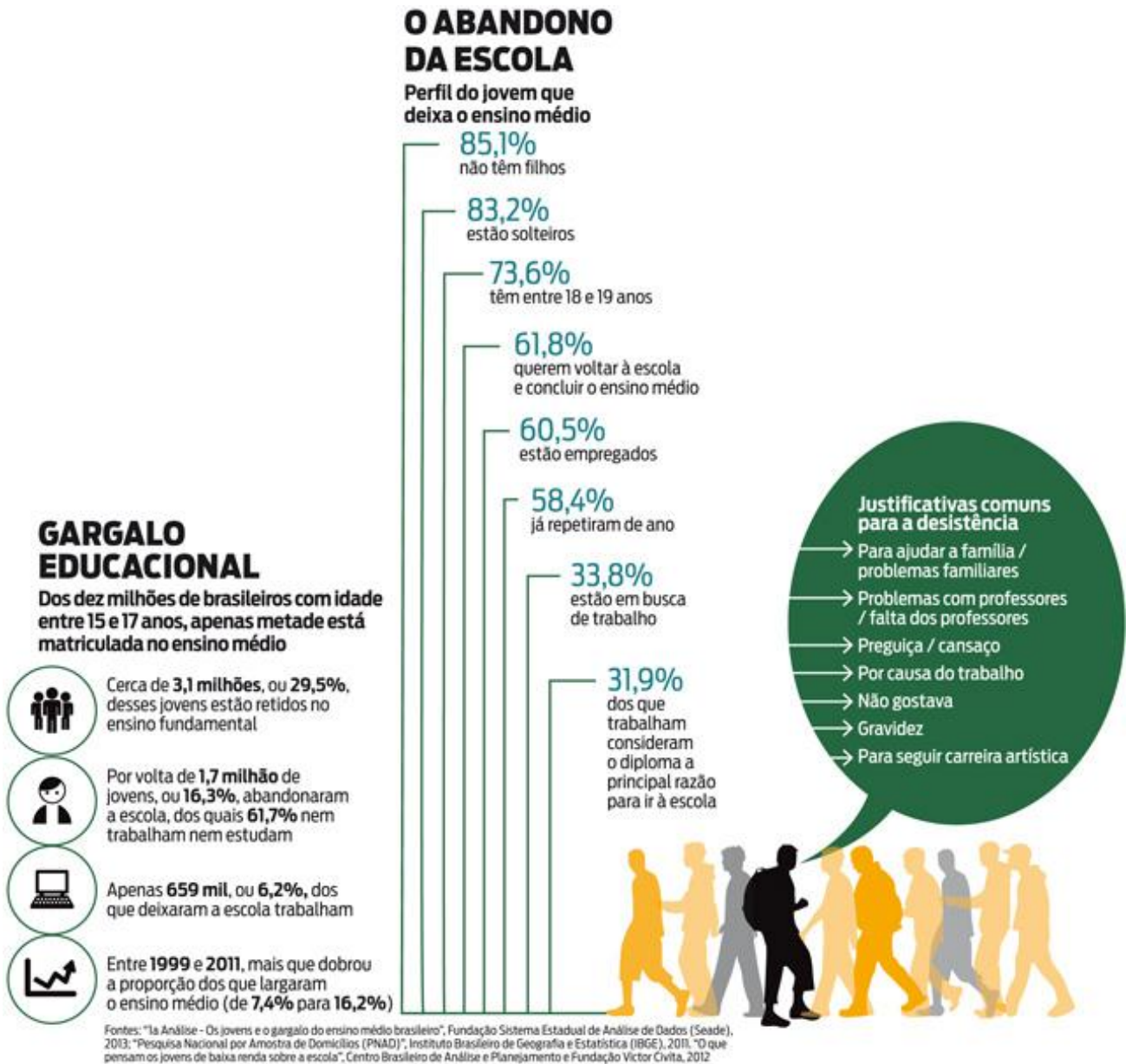


Figura 1: Os jovens e o gargalo do ensino médio brasileiro (Fonte: ISTOÉ, 2018)

6 METODOLOGIA

O trabalho aqui apresentado, do ponto de vista químico, abordará tópicos importantes para a sociedade, principalmente na área ambiental. A proposta maior desta monografia é que o tema enxofre seja explorado para auxiliar o processo ensino-aprendizado de maneira geral, para que a educação seja um bem amplo, autônomo e contínuo que atue para além da formação de futuros profissionais e também contribua na formação de cidadãos conscientes e responsáveis.

A metodologia escolhida foi a exposição de aspectos químicos, ambientais, econômicos e sociais relativos ao enxofre. Todo conteúdo apresentado poderá ser apresentado como atividades lúdicas, experimentais e em aulas tradicionais baseadas em artigos, pesquisas bibliográficas e, também, através de pesquisas na internet. Todos os conceitos mencionados serão referenciados no corpo da monografia.

6.1 Sobre o enxofre

O enxofre é conhecido desde a antiguidade, onde era usado como pigmento na pintura das cavernas. Em eras remotas foi usado em tônicos especiais e em ritos religiosos do Egito. Talvez um de seus primeiros usos industriais foi no clareamento do algodão, em 1600 A.C, pelos egípcios e também em explosivos pelos chineses.

Súlfur é o nome latino dado ao enxofre. Já conhecido de épocas remotas, é citado no livro Gênesis e no Ayurveda. No entanto, só foi classificado como elemento em 1777, pelo químico francês Antoine Lavoisier. Curiosamente, foram os químicos franceses Joseph Gay-Lussac e Louis Thenard que mostraram ser ele uma substância simples (PEIXOTO, 2002).

É um sólido amarelo pálido, insípido, inodoro, insolúvel em água, quebradiço e mal condutor de calor e de eletricidade. Em todos os estados físicos (sólido, líquido e gasoso) possui mais de uma forma alotrópica. As estruturas cristalinas mais comuns são o octaedro ortorrômbico (enxofre α) e o prisma monoclinico (enxofre β). A temperatura de transição entre essas formas é de 95,5 °C. Em ambos os casos o enxofre encontra-se sob a forma de moléculas cíclicas S_8 .



Figura 2: Aspecto físico do enxofre (Fonte: INFO ESCOLA, 2013).

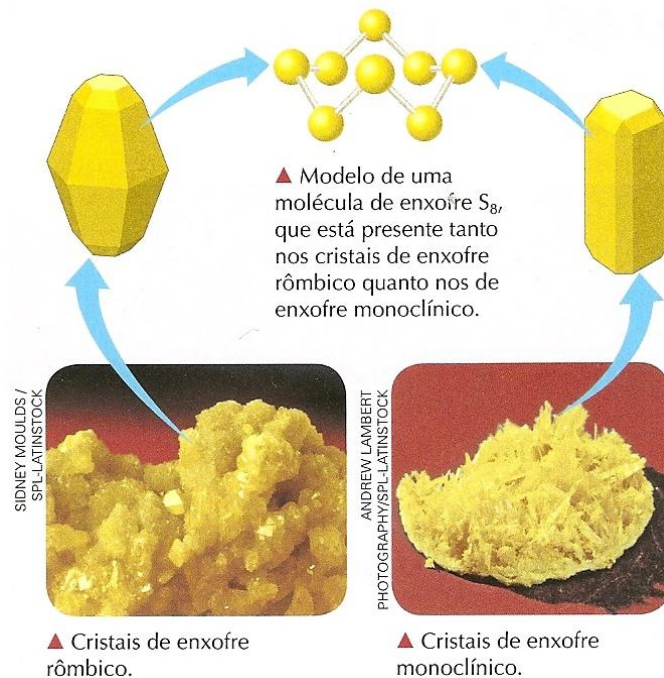


Figura 3: Formas alotrópicas do enxofre (Fonte: A GRAÇA DA QUÍMICA, 2013).

O enxofre é o décimo sexto elemento mais abundante na crosta terrestre, com um teor médio de 340 ppm. É encontrado, frequentemente, sob a forma de sulfetos, sulfatos e em sua forma elementar. É o terceiro constituinte mais abundante dos minerais depois do oxigênio e do silício. Comumente, sua forma elementar ocorre em depósitos vulcânicos ou sedimentares. Encontra-se também nos compostos orgânicos, nos carvões, petróleos e gás natural. O enxofre tem grande importância em nossas vidas e essa importância pode ser facilmente exemplificada:

- No processo de vulcanização, melhora drasticamente a qualidade da borracha;
- Como dióxido ou sob a forma de sulfitos é usado como conservante de sucos e vinhos;
- No organismo humano participa da composição de alguns aminoácidos;
- Na indústria farmacêutica é usado na composição de bactericidas, antibióticos, e até o *Viagra* é um composto de enxofre;
- Na agroindústria é utilizado na fabricação de adubos e defensivos;

A produção de enxofre, hoje em dia, é superior a sessenta milhões de toneladas por ano e os principais produtores são Canadá, EUA, Rússia, China, Polônia e Japão. No Brasil, há uma produção muito baixa, sendo o Brasil deficitário na produção de enxofre, em face das suas condições geológicas desfavoráveis.

6.2 A química do enxofre e seus principais compostos

O enxofre pertence à família do oxigênio, que é chamada de família dos calcogênios, e todos os elementos do grupo são considerados metalóides. A configuração eletrônica de valência destes elementos é ns^2np^4 , faltando dois elétrons para atingir a configuração de um gás nobre. O nome calcogênio vem do grego “gerador de latão”, uma vez que os elementos deste grupo são encontrados em minérios de cobre, que é o componente majoritário do latão (ATKINS e JONES, p.744).



Figura 04: Colecção de minérios de sulfeto (Fonte: Atkins, 2001)

A química do enxofre é muito rica, sendo um aspecto relevante a presença de pares de elétrons isolados, fazendo com que o enxofre possa assumir papel de ligante terminal ou em ponte.

A possibilidade de fazer ligações coordenadas faz com que a química deste elemento além de ser variada também tenha grande importância biológica. O enxofre forma cadeias facilmente e, por isso, ele aparece sob a forma de anéis S_8 e forma ligações $-S-S-$ que conectam partes das cadeias de aminoácidos nas proteínas.

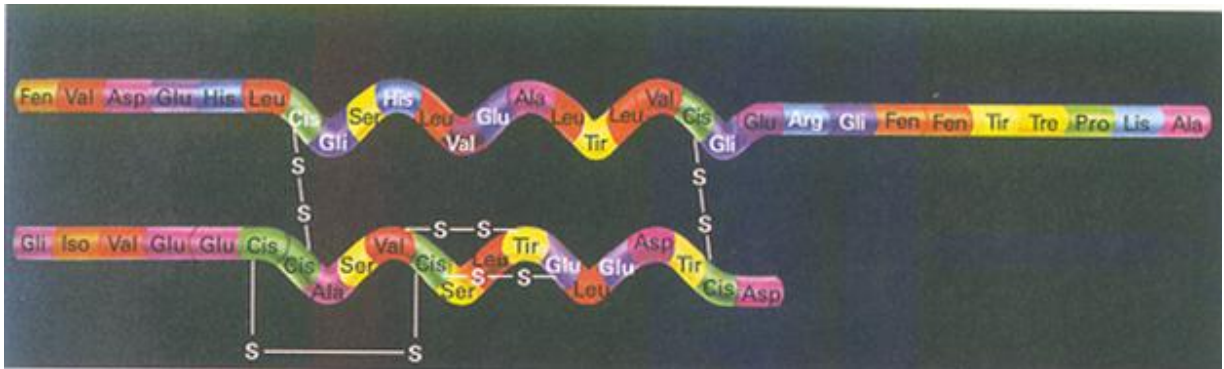


Figura 5: Sequência dos aminoácidos na albumina e os lugares das pontes de enxofre.

(Fonte: DAANVANALTEN, 2013).

Pelo fato do enxofre ter um estado de oxidação que varia de -2 a $+6$, ele forma um grande número de espécies.

Tabela 1: Estados de Oxidação do Enxofre (Fonte: Martins, C. R.e Andrade, J. B., 2002)

Estado de Oxidação	Espécie
+6	H ₂ SO ₄ , SO ₃
	↑
+4	SO ₂
	↑
+2	SO
	↑
+1	HSO
	↑
0	S
	↑
-1	SH
	↑
-2	H ₂ S, COS, CS ₂

Um dos principais compostos de enxofre é o ácido sulfúrico. Este composto é amplamente produzido e utilizado principalmente na fabricação de fosfatos (usados como fertilizantes), na remoção de óxidos indesejáveis em metais oxidados antes de serem pintados, na fabricação de explosivos, combustíveis, celofane, tintas, papéis, detergentes, em agentes anticongelantes e inseticidas. Por sua vez, o íon sulfato também é importante nos sistemas biológicos. O dióxido de enxofre é produzido juntamente com o ácido sulfúrico, no seu processo de fabricação, e como subproduto da queima de combustíveis fósseis, e acarreta uma grande preocupação como poluente.

O gás sulfídrico (H₂S) é um gás tóxico de odor muito forte e também uma das fontes primárias de enxofre elementar, sendo que a queima do petróleo contendo compostos sulfurados leva à geração deste gás.

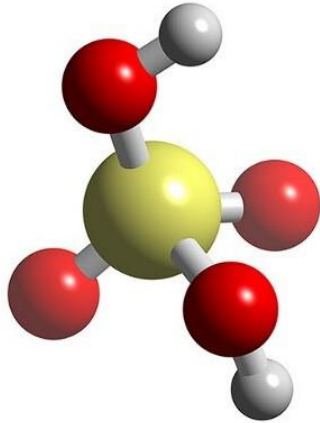


Figura 6: Representação da molécula de ácido sulfúrico em 3D(Fonte: 3DCHEM, 2013)

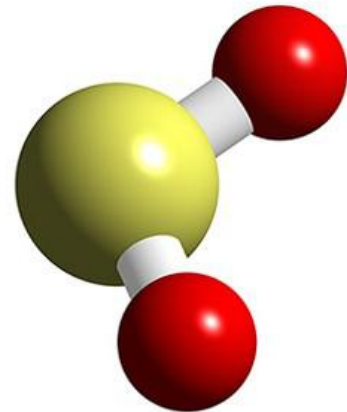


Figura 7: Representação da molécula de dióxido de enxofre em 3D (Fonte: 3DCHEM, 2013)

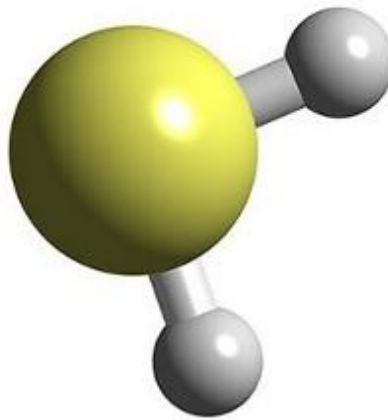
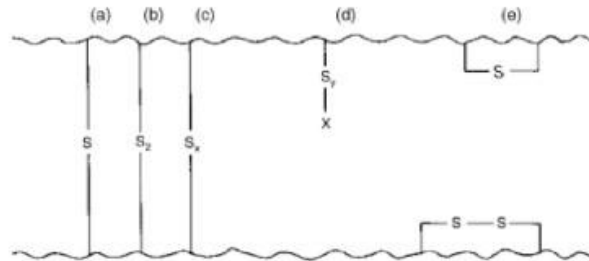


Figura 8: Representação da molécula de gás sulfídrico em 3D. (Fonte: 3DCHEM, 2013)

Compostos de enxofre S_2Cl_2 e SCl_2 são usados nas vulcanizações a frio de borrachas. O processo de vulcanização consiste em tornar uma borracha ou elastômero mais resistentes ao calor e à abrasão pela formação de ligações cruzadas entre os átomos de carbono de diferentes cadeias do polímero ou da mesma cadeia. As ligações podem ser monossulfídicas (-C-S-C-), dissulfídicas (-C-S₂-C-) e polissulfídicas(-C-S_x-C-)

O processo de vulcanização também é feito com enxofre a quente e aceleradores propícios para este processo.



- (a) ligações monossulfídicas
- (b) ligações dissulfídicas
- (c) ligações polissulfídicas ($x > 2$)
- (d) grupos sulfídios pendentes terminados pelo acelerador
- (e) ligações mono e dissulfídicas cíclicas

Figura 9: Ligações cruzadas efetuadas pelo enxofre em borrachas. (Fonte: Ray, Ray, 2006)

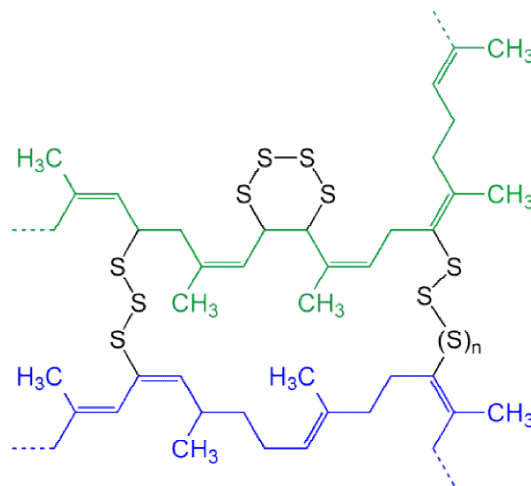


Figura 10: Vulcanização de poli-isopreno. (Fonte: Jü, 2011)

6.3. O ciclo do enxofre na natureza

O enxofre é um elemento essencial à vida na Terra, fazendo parte das moléculas de proteínas vitais para o nosso corpo e por isso, do ponto de vista biológico, possui grande importância. Na natureza, ocorre a reciclagem deste elemento sempre que um animal ou planta morre, levando ao apodrecimento. Os sulfatos (SO_4^{2-}) solubilizados em

água são absorvidos pelas raízes das plantas, já os animais os obtêm comendo vegetais ou outros animais.

Não é por acaso que o enxofre faz parte do grupo dos elementos químicos cujas ligações covalentes compõem a grande maioria das moléculas biológicas da vida na Terra, os CHONPS (os seis elementos fundamentais para a vida na Terra). Os aminoácidos cisteína, metionina, homocisteína e taurina contém enxofre, formando pontes de dissulfeto entre os polipeptídeos, ligação de grande importância para a formação das estruturas terciárias das proteínas. O enxofre é também parte constituinte das moléculas biotina e tiamina (também conhecida como vitamina B1). Ambas as moléculas são coenzimas com importantes funções no metabolismo energético humano. A falta de vitamina B1 pode causar a doença beribéri, caracterizada pela acumulação de fluidos corporais, inchaços, dor, paralisia e, no pior dos casos, morte.

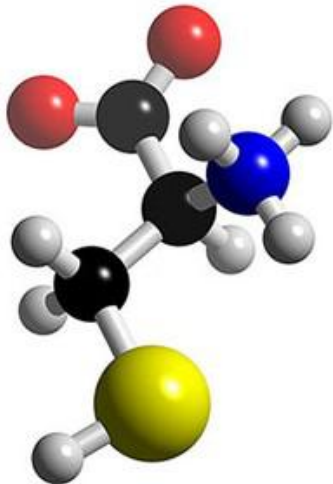


Figura 11: Representação da molécula de Cisteína
(Fonte:3DCHEM, 2013).

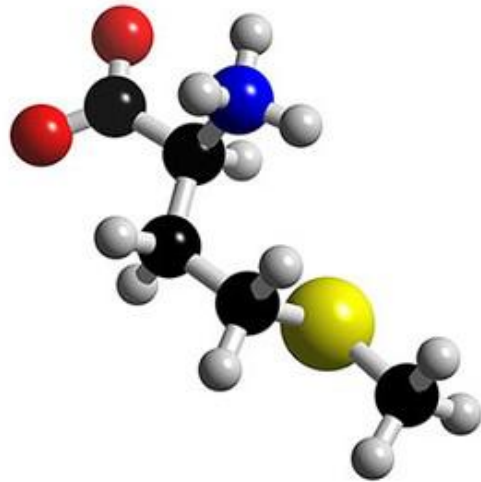


Figura 12: Representação da molécula de metionina (Fonte:3DCHEM, 2013).

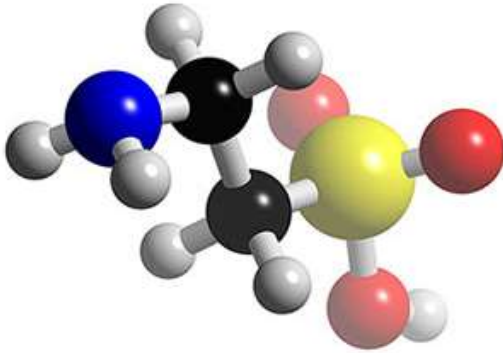


Figura 13: Representação da molécula de Taurina
(Fonte:3DCHEM, 2013).

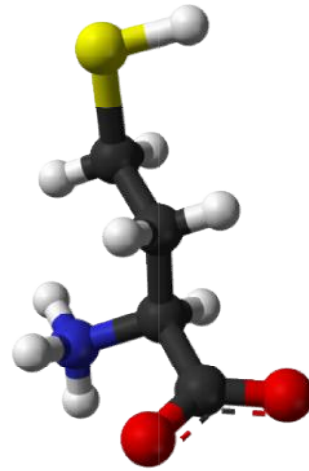


Figura 14: Representação da molécula de dehomocisteína
(Fonte:3DCHEM, 2013).

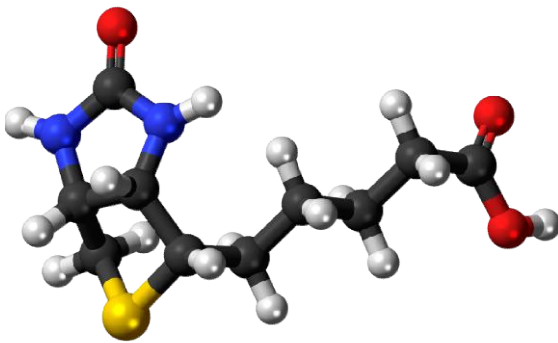


Figura 15: Representação da molécula de biotina
(Fonte:3DCHEM, 2013).

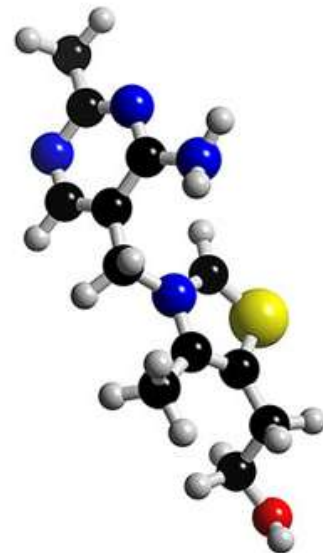


Figura 16: Representação da molécula de Tiamina
(Fonte:3DCHEM, 2013).

O ciclo global do enxofre engloba um grupo de transformações entre as espécies de enxofre presentes na litosfera, hidrosfera, biosfera e atmosfera. Devido ao grande número de estados de oxidação que o enxofre pode assumir em diferentes íons e compostos, incluindo o gás sulfídrico (H_2S), dióxido de enxofre (SO_2), sulfato (SO_4^{2-}) e ácido sulfúrico (H_2SO_4), entre outros, o ciclo do enxofre é um ciclo bastante complexo:

No Solo

Cerca de 90% do enxofre encontrado no solo, encontra-se na forma orgânica. Alguns microrganismos oxidam formas reduzidas de enxofre com a redução de nitrato (NO_3^-) a nitrogênio (N_2). O processo de mineralização é de extrema importância para gerar disponibilidade para as plantas. Muitas espécies de fungos, bactérias e actinomicetos (grupo bastante heterogêneo com características de fungos e bactérias) atuam nesse processo que ocorre em condições de aerobiose e anaerobiose, sendo os produtos finais SO_4^{2-} e H_2S , respectivamente.

No Ar

As formas mais comuns do enxofre encontradas no ar são combinadas, como SO_2 , H_2S e SO_2 . Essas formas gasosas também podem ser uma fonte de suprimento de enxofre para as plantas. A atividade vulcânica e a decomposição de plantas liberam uma quantidade ínfima de (SO_2) na atmosfera que por se neutralizar ao entrar em contato com substâncias alcalinas da água e do solo, não causam dano ecológico algum. A bactéria *Desulfovibrio alexigens* é uma das espécies que tornam o enxofre disponível para a biosfera. Ela metaboliza os sulfatos da água do mar e libera o enxofre como gás sulfídrico, que na atmosfera é utilizado por outras formas de vida, sendo oxidado à (SO_2) e solubilizando-se na água formando SO_3^{2-} .

Na Água

As fontes de enxofre para o ciclo aquático são três: decomposição de rochas arraste das substâncias da atmosfera pelas chuvas e arraste dos adubos contendo enxofre. O enxofre pode apresentar-se de diversas formas, tais como íon sulfato (SO_4^{2-}), íon sulfito (SO_3^{2-}), íon sulfeto (S^{2-}), gás sulfídrico (H_2S), dióxido de enxofre

(SO_2), ácido sulfúrico (H_2SO_4), , etc. O íon sulfato e o gás sulfídrico são as formas mais frequentes, sendo que íon sulfato assume maior importância na produtividade do ecossistema, por constituir a principal fonte de enxofre para os produtos primários.

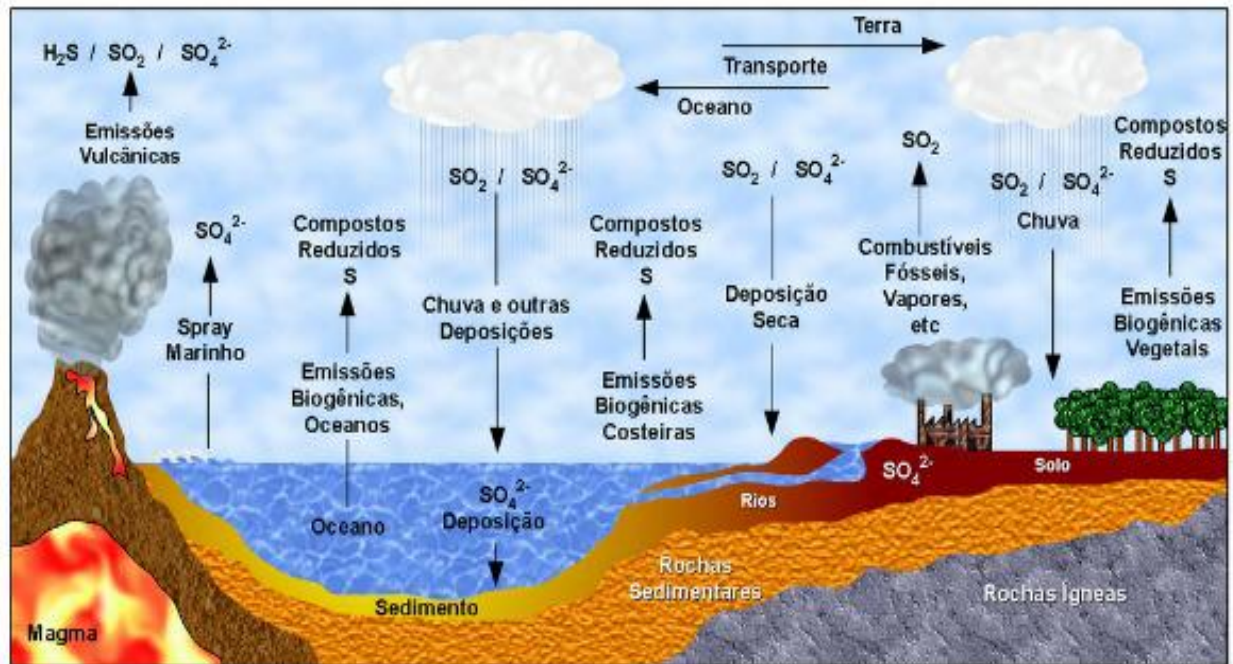


Figura 17: Ciclo global do enxofre (Fonte: RARFIX, 2018)

Origem antropogênica

A influência humana na emissão de compostos sulfurados no meio ambiente causa um enorme desequilíbrio através da poluição do ar, em função da queima de combustíveis fósseis, como carvão e petróleo, ainda que existam processos de remoção de enxofre dos combustíveis. Como estes combustíveis são usados para mover veículos e em centrais termoelétricas para produzir energia, os gases formados são lançados na atmosfera. Quando o combustível é queimado, além da energia, ele libera diversos compostos químicos contendo enxofre e nitrogênio, formados a partir destes elementos contidos no material orgânico. Essas substâncias são dois dos principais componentes da chuva ácida. Na queima dos combustíveis fósseis, o enxofre presente, como impureza, converte-se rapidamente em dióxido de enxofre, que pode ser considerado prejudicial ao meio ambiente.

“As quantidades lançadas na atmosfera são espantosas: cerca de 24 milhões de toneladas de dióxido de enxofre por ano na América do Norte e 44 milhões de toneladas na Europa. A maior parte do enxofre vem das fábricas e usinas termelétricas.” (LESSA, 2007)

Com a participação do ozônio, presente nas camadas atmosféricas menos elevadas, o material poluente oxida-se em presença da umidade da chuva, transformando-se em ácidos que contaminam terras, águas, árvores e plantações. Isso causa uma série de transtornos como a perda de fertilidade do solo, a perda da vegetação natural e o deslocamento dos animais da terra. Uma chuva é considerada ácida quando o seu pH é menor que 5,5, pois uma pequena quantidade de dióxido de carbono (CO_2) dissolvido na atmosfera faz com que a chuva já tenha esse pH médio. Geralmente a chuva ácida apresenta um pH de 5,0 a 2,2. Além de poder cair a grandes distâncias de onde se formou, a chuva ácida tem efeito corrosivo para os metais, o calcário e o papel, além de ser perigosa à saúde dos seres humanos, podendo também liberar metais tóxicos como cádmio e mercúrio, comumente presentes no solo sob a forma de compostos insolúveis.

Tabela 2: Reações que participam do ciclo do enxofre

Reações Químicas Formadoras da Chuva Ácida	
Chuva naturalmente ácida	$\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$
Queima do enxofre (combustíveis):	$\text{S}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{SO}_2(\text{g})$
Transformação do SO_2 em SO_3 :	$\text{SO}_2(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{SO}_3(\text{g})$
Reações dos óxidos com água	$\text{SO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3(\text{aq})$
	$\text{SO}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$

6.4. Ocorrência do enxofre em combustíveis fósseis

Os compostos de enxofre são os mais importantes compostos hetero atômicos presentes no petróleo. Eles podem contaminar os catalisadores dos processos de refino e transformação do petróleo. Eles formam gomas que entopem partes dos motores e diminuem a estabilidade dos combustíveis. Eles são tóxicos e poluidores atmosféricos, pois na sua combustão formam os óxidos de enxofre. Alguns compostos

organosulfurados são instáveis termicamente e por craqueamento formam gás sulfídrico, mercaptanas e hidrocarbonetos mais leves.

No gás natural, o enxofre pode estar presente na forma de H_2S . No carvão mineral ocorre na forma de sulfetos, sulfatos, compostos orgânicos e na forma elementar.

Tabela 3: Teor de enxofre no petróleo, carvão e gás natural. Esses valores podem variar conforme a região e a profundidade de exploração.




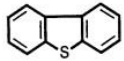
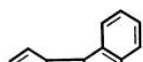
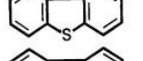
Teor de enxofre		
	%em peso	% em volume
Petróleo	0,05 a 8	-
Carvão	1,3 a 4,7	-
Gás	-	Traços

Tabela 4: Classificação do petróleo segundo o teor de enxofre no óleo bruto. (Fonte:

INFOESCOLA, 2018)

Classificação do Petróleo	
	%em peso
Petróleo doce	>0,5
Petróleo Ácido	< 0,5

Tabela 5: Compostos orgânicos de enxofre mais comuns. (Fonte: SPEIGHT, 2001)

Tipo	Nomenclatura
RSH RSR'	Tiois (Mercaptan)
	Sulfeto
	Sulfeto cíclico
RSSR'	Dissulfetos
	Tiofeno
	Benzotiofeno
	Dibenzotiofeno
	Naftobenzotiofeno
	

6.5. Legislação

Tendo em vista a adequação aos novos tempos onde o aspecto ambiental/qualidade de vida está sendo cada vez mais considerado, investimentos estão sendo feitos para que o teor de enxofre dos combustíveis seja diminuído. Dessa forma, o Brasil já apresenta uma notável evolução na legislação, tentando seguir esta tendência internacional:

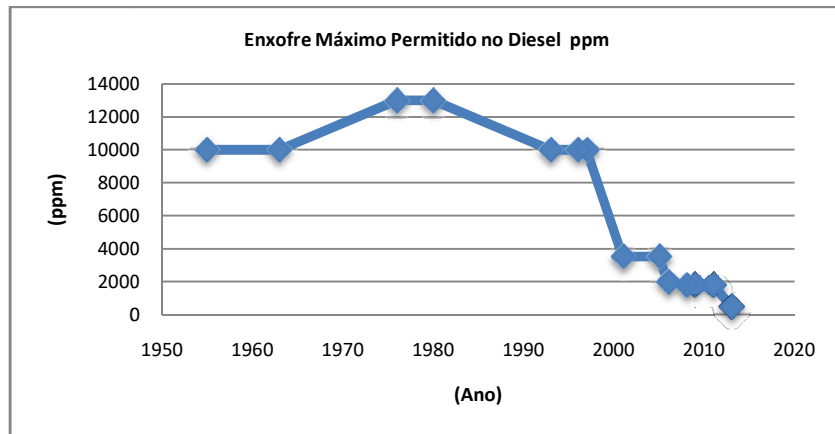


Figura 18: Evolução do teor máximo do enxofre permitido pela legislação no diesel brasileiro.

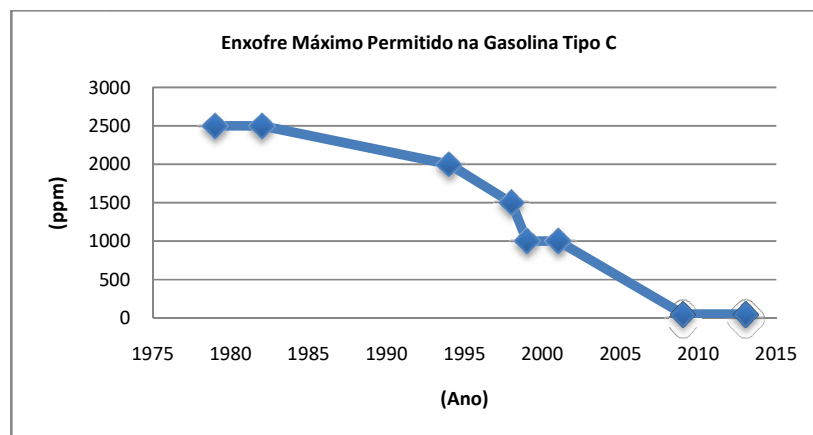


Figura 19: Evolução do teor máximo do enxofre permitido pela legislação na gasolina brasileira.

6.6 Processos de redução do teor de enxofre no petróleo

As Unidades de Recuperação de Enxofre (URE's) são projetadas para recuperar o enxofre contido nas correntes de gás ácido (H_2S), procedentes das Unidades de Tratamento com aminas (DEA – dietolamina) e Unidades de Tratamento de Águas Ácidas.

Justifica-se a recuperação de H_2S pelo benefício ambiental do tratamento do gás ácido, e a conseqüente redução das emissões de óxidos de enxofre (SO_x), que seriam produzidas com a queima dos mesmos, caso incinerado diretamente. A remoção destes compostos de enxofre também protege outros processos onde o H_2S envenenaria os catalisadores utilizados nas URE's, que são unidades importantes para a produção do enxofre, importante matéria-prima para as indústrias químicas em geral. O processo utilizado para a redução dos teores de enxofre com a transformação de gases residuais ou gás ácido natural em enxofre elementar é o Processo Claus, com algumas modificações. O Processo Claus original transforma o H_2S em enxofre elementar com auxílio de um catalisador aquecido a uma temperatura na faixa de 400 a 600°C, tendo sido patenteado na Inglaterra, em 1883, por Carl Friedrich Claus e Linde. Entretanto, este processo apresentava problemas no controle da temperatura, pela dificuldade de retirada do calor de reação, além de baixo rendimento. Hoje este processo incorpora modificações que visam o aumento do rendimento e a adequação do H_2S nos gases processados.

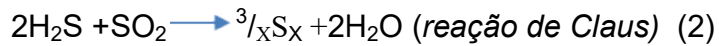
Fases do processo de Claus

1º Fase: Térmica

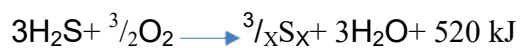
Combustão parcial do gás sulfídrico (H_2S)



Parte do H₂S não queimado reage com o SO₂



Reação do processo de Claus – Somatório da reação (1) com (2)



2º Fase: Catalítica

A fase térmica do Processo Claus é responsável por 60 a 70% da conversão total de enxofre. Esta ocorre numa fornalha, operando com temperatura acima de 900°C. Os gases efluentes da fornalha passam por uma caldeira, onde são resfriados antes de alimentar a etapa catalítica, gerando vapor d'água.

Na etapa catalítica, os gases oriundos da caldeira passam por um leito catalítico que promove a reação do restante do H₂S com o SO₂, em temperaturas na faixa de 210 a 340°C, produzindo enxofre elementar e água.

7 USO DA QUÍMICA DO ENXOFRE COMO TEMA MOTIVADOR DE CONTEÚDOS PROGRAMÁTICOS DE QUÍMICA.

Tendo como base o que se encontra explícito nos textos dos PCNEM, ou seja, uma metodologia que alerta tanto os alunos quanto os educadores para as questões sociais, políticas, econômicas e ambientais na tecnologia energética e na aplicação de produtos químicos e materiais, juntamente com o que está proposto na LDB, ou seja, que o professor seja um transmissor de conhecimentos e aplicador de técnicas bem definidas devemos considerar:

- Os conceitos prévios que os alunos têm sobre os fenômenos e os conceitos científicos;
- O ato de ensinar como parte complexa da formação de um cidadão, singular e impreciso, não cabendo ao professor a aplicação de receitas prontas;
- A aprendizagem como uma construção efetuada pelo aluno, na sua realidade, desejavelmente por uma abordagem interdisciplinar.
- A aprendizagem científica é mutável e dinâmica, resultado de uma construção e evolução humana, sendo desta forma afetada pela cultura e a época vivenciada.

Aprender ciências não é uma questão de simplesmente ampliar o conhecimento dos jovens sobre os fenômenos – uma prática talvez denominada mais apropriadamente como estudo da natureza – nem de desenvolver ou organizar o raciocínio do senso comum dos jovens. Aprender ciências requer mais do que desafiar as idéias anteriores dos alunos através de eventos discrepantes. Aprender ciências requer que crianças e adolescentes sejam introduzidos numa forma diferente de pensar sobre o mundo natural e de explicá-lo (SCHNETZLER, 2004 apud DRIVER *et al.* 1999, p. 36).

Com isso, podemos admitir uma proposta pedagógica com abordagem temática, seguida dos conceitos químicos, assim estimulando os alunos a buscarem respostas para as questões cotidianas. Alguns conceitos que podem ser trabalhados desta forma serão discriminados a seguir.

7.1 Fórmulas Estruturais da Química:

Primeiramente será feita a apresentação das fórmulas estruturais dos compostos mais usuais de enxofre como H_2SO_4 , H_2SO_3 , SO_2 , SO_3 , H_2S , sulfatos, sulfitos, sulfetos, dentre outros:

- 1 Apresentação da fórmula estrutural dos compostos;
- 2 Posteriormente, serão apresentados modelos em 3D com rotação em 360° , através do uso de programas de computador. Estes estão disponíveis em sites na internet e podem ser encontrados facilmente, como no site chemeddl.org.
- 3 Já com o conhecimento da estrutura das moléculas pode-se trabalhar para reforçar o conceito de valência. É interessante o caso de uma menina americana de apenas 10 anos que descobriu uma molécula desconhecida durante um trabalho em sala de aula empregando modelos moleculares (NOSOWITZ, D., 2012). Esta é uma atividade lúdica e divertida onde se pode montar moléculas empregando modelos de bolinhas. Como exemplo, pode-se propor aos alunos montar três moléculas distintas contendo o enxofre. Caso a escola não possua este suporte, pode-se trabalhar com bolinhas de isopor coloridas e palitos de dente como no trabalho desenvolvido no 9º SIMPEQ, no tema Isomeria e Ação - uma estratégia para o ensino de estereo química, onde existia um kit para a montagem de modelos moleculares.



Figura 20: Kit para montagem de modelos moleculares (FONTE: ABQ)

Esse tipo de atividade é muito interessante, pois aguça a criatividade e a curiosidade dos alunos, o que aconteceu com uma aluna de 10 anos nos Estados Unidos onde o professor trabalhava possíveis moléculas com a turma. A menina, chamada Clara Lasen, perguntou ao professor se a molécula que ela tinha montado estava correta e o seu professor achou que era possível. Ele então entrou em contato com um amigo especialista em modelagem molecular que analisou e constatou que a molécula, embora teórica, poderia sim existir. Com isso uma menina de apenas 10 anos descobriu uma provável molécula brincando com modelo molecular.

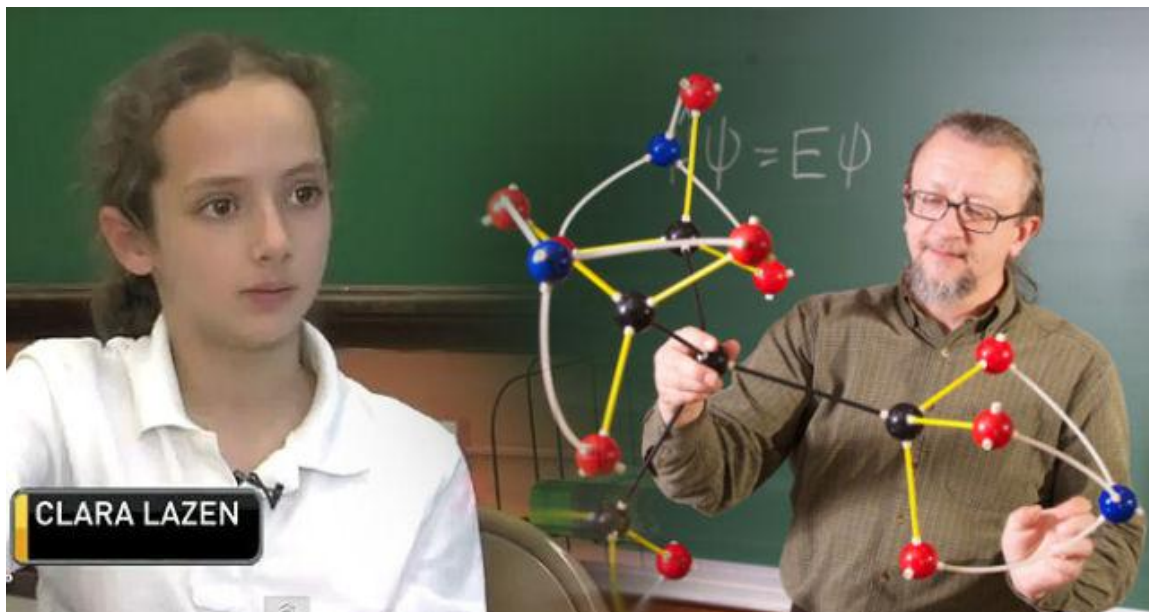


Figura 21: Professor e menina de 10 anos responsáveis pela descoberta de uma nova molécula.
(Fonte: TECNOLOGIAS DE ULTIMO GRITO, 2018)

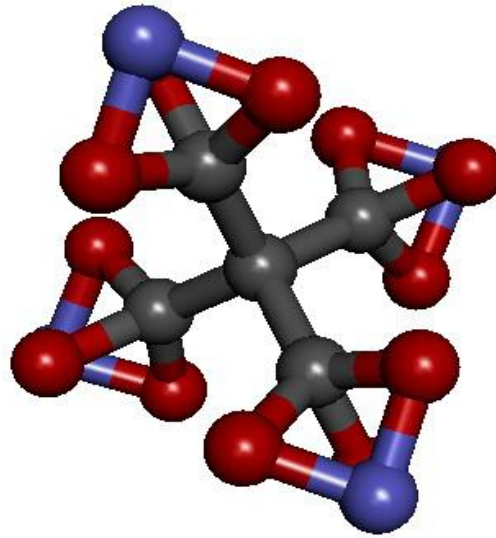


Figura 22: Molécula teórica descoberta por Clara Lasen, tetraquis(nitratocarbono)methano.
(Fonte:SCIENCE FOR BEGNNERS, 2018)

7.2 Estruturas Eletrônicas de Lewis:

- 1 Trabalhar com os alunos o histórico da implementação das estruturas eletrônicas de Lewis, correlacionando estrutura e o conceito de valência para os compostos mais usuais de enxofre como H_2SO_4 , H_2SO_3 , SO_2 , SO_3 , H_2S , sulfatos, sulfitos, sulfetos, dentre outros, incluindo-se a apresentação das ligações simples e duplas, do conceito de ressonância e o cálculo da carga formal nos átomos.
- 2 Como exercício extraclasse, pode-se apresentar a seguinte questão que está contida no site <http://www.brasilecola.com>:
Qual seria a estrutura eletrônica de Lewis para a molécula de SO_2 :

1ª Possibilidade:	2ª Possibilidade:

Tabela 05: Cálculo da carga formal dos átomos da molécula de SO₂

POSSIBILIDADE	ATOMO	$Cf(S) = V - (L + \frac{1}{2} S)$	$Cf(S) = 0$
1 ^a	Enxofre (S):	$Cf(S) = 6 - (2 + \frac{1}{2} 8)$	$Cf(S) = 0$
	Oxigênio (O):	$Cf(S) = 6 - (4 + \frac{1}{2} 4)$	$Cf(S) = 0$
	Oxigênio (O)	$Cf(S) = 6 - (4 + \frac{1}{2} 4)$	$Cf(S) = 0$
2 ^a	Enxofre (S):	$Cf(S) = 6 - (2 + \frac{1}{2} 6)$	$Cf(S) = +1$
	Oxigênio (O):	$Cf(S) = 6 - (6 + \frac{1}{2} 2)$	$Cf(S) = -1$
	Oxigênio (O)	$Cf(S) = 6 - (4 + \frac{1}{2} 4)$	$Cf(S) = 0$

V = quantidade de elétrons de valência do átomo livre;

L = quantidade de elétrons presentes nos pares isolados (não ligantes) do átomo na estrutura;

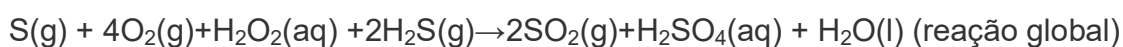
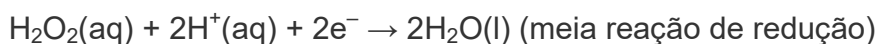
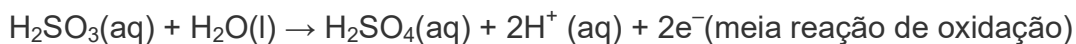
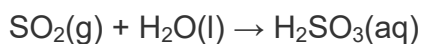
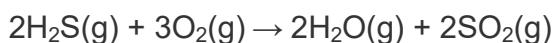
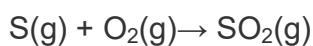
S = quantidade de elétrons compartilhados pelo átomo na estrutura.

Este é um exemplo importante, pois mostra que, para os elementos do terceiro período da tabela periódica, a regra do octeto nem sempre é seguida. Neste caso, o enxofre pode fazer a expansão da sua camada de valência, chegando a ter 10 elétrons. Embora se possa considerar a possibilidade 2, esta apresenta cargas formais com sinais opostos em átomos vizinhos. Como na possibilidade 1 todos os átomos possuem carga formal zero, esta é a preferida.

7.3 Estequiometria:

Muitos exemplos de cálculos estequiométricos podem ser apresentados empregando-se as reações de oxirredução do enxofre envolvendo compostos sulfurados inorgânicos como H₂S e SO₂, e compostos orgânicos sulfurados como as mercaptanas, R-SH. Uma boa introdução pode ser obtida de textos recentes como, por exemplo, a reportagem presente no site pensamento verde, 2013. Este texto discute onde ocorrem chuvas ácidas no Brasil.

- 1 Esta atividade pode ser feita em grupos para que a discussão seja mais rica. Apenas com o título da reportagem já se pode abrir a discussão perguntando quais seriam os estados onde mais ocorre este tipo de fenômeno. Após a leitura pode-se apresentar todas as reações, sem os produtos e fora de ordem, do ciclo do enxofre até a reação final que gera a causa discutida. Os alunos teriam então a tarefa de propor os produtos de cada reação, equilibrar as reações, colocá-las em ordem e somá-las adequadamente para obter a reação global. As reações abaixo já estão em ordem e balanceadas:



- 2 Também pode ser apresentada a questão da deterioração de monumentos pela reação da chuva ácida com os materiais à base de carbonatos, fornecendo juntamente com o texto a foto abaixo, pedindo que seja indicada a reação química:



Figura 23: Estátua de um anjo deteriorada pela chuva ácida (FONTE: ambiente.hsw.uol.com.br)



- 3 Uma forma de estimular os alunos é através da realização de experimentos. Um interessante assunto abordado na experimentação no ensino da química, publicado na Química Nova na Escola por Cardoso e Franco (2002), são os experimentos de formação de sulfato (Anexo 2) e simulação da chuva ácida. Existem também vários vídeos no Youtube, como o vídeo disponibilizado pela USP (GEPEQ, 2013). A abordagem prática é rica pela visualização e ajuda o aluno a consolidar o conhecimento adquirido. Por este motivo, o laboratório é um ótimo ambiente para tratar dos conceitos químicos e suas aplicações de maneira similar, a realização pelo professor de demonstrações em laboratório também podem contribuir para a consolidação dos conteúdos.

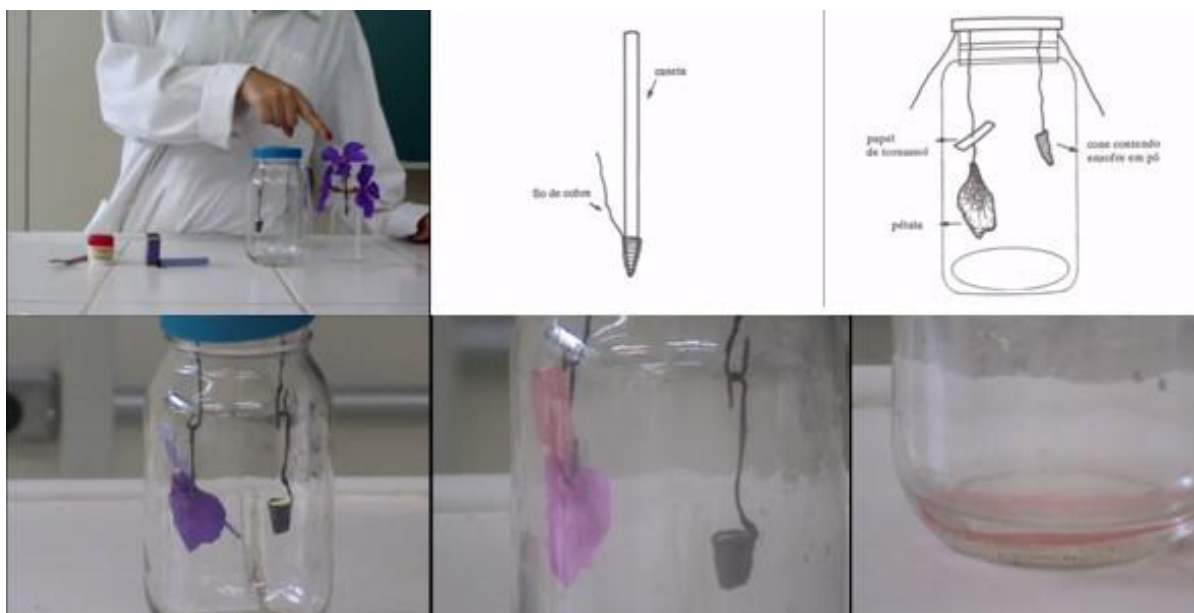


Figura 24: Passos do experimento proposto em sala de aula simulando a ação da chuva ácida. (FONTE: montagem do vídeo da GEPEQIQ-USP, 2013)

7.4 Funções da química orgânica:

Uma possibilidade interessante é correlacionar os compostos oxigenados como alcoóis, éteres, cetonas e fenóis com os tioálcoois, tioéteres, tiocetonas e tiofenóis, dentre outros. Esta comparação permite deixar claro para o aluno que os tiocompostos são formados por substituição do oxigênio por átomos de enxofre. Esta também é uma boa oportunidade para salientar que ambos têm seis elétrons na camada de valência e são da mesma família dos calcogênios da tabela periódica.

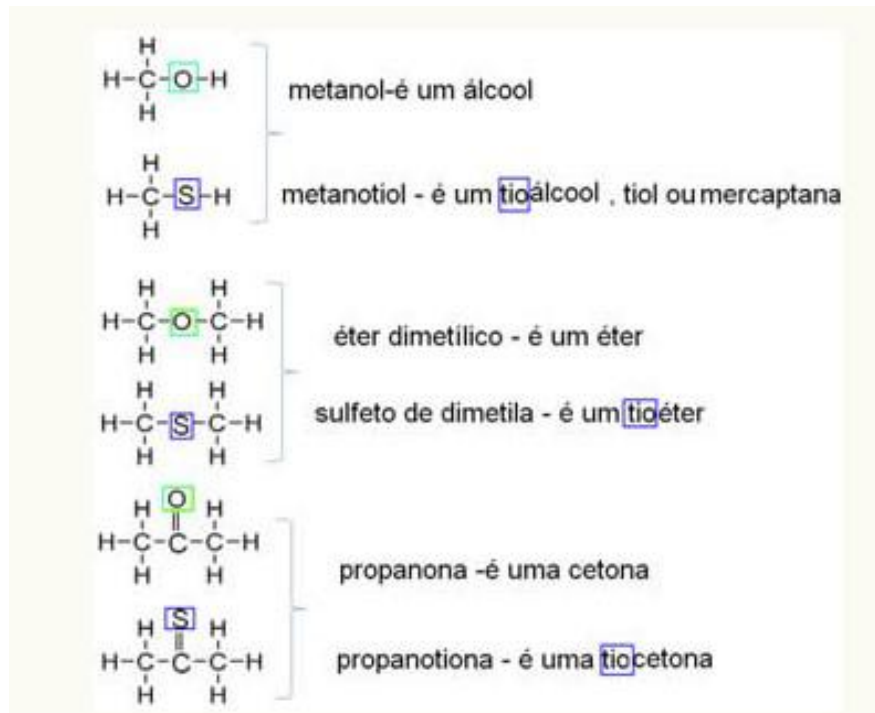
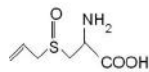
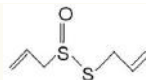


Figura 25: Correlação entre compostos orgânicos oxigenados e sulfurados (Fonte: ALUNOSONLINE, 2018)

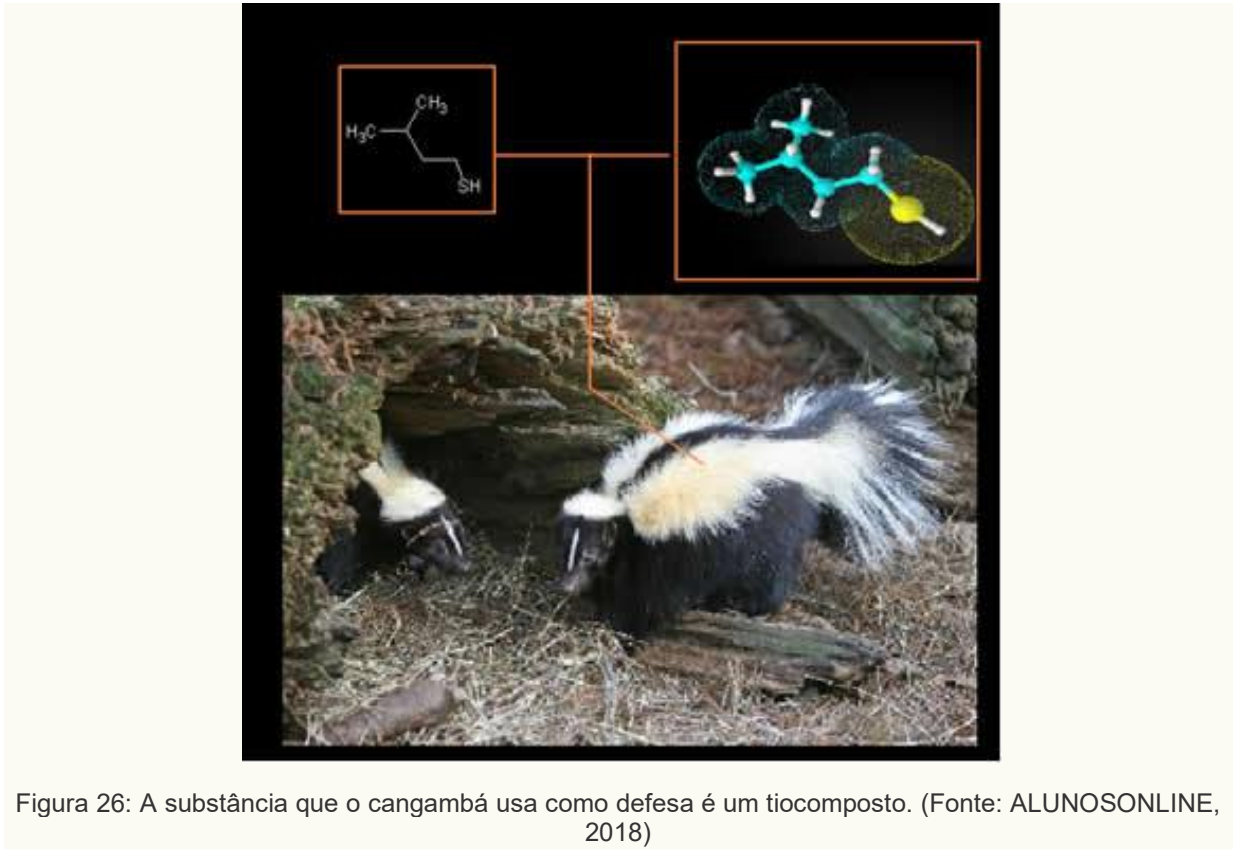
Como não se tratam de compostos de nomenclatura cotidiana, pode-se exemplificar onde esses são empregados no nosso dia-a-dia. Um desses exemplos é a adição no gás de cozinha da mercaptanobutan-1-tiol, que confere odor ao gás, denunciando quando há vazamentos e evitando possíveis explosões e acidentes. Na cozinha, pode-se citar que nas cebolas, cebolinhas e alho existe uma substância, cuja fórmula é:



Ao cortar ou amassar estes tubérculos, suas enzimas transformam esta substância na alicina (estrutura abaixo), que é responsável pelo odor característico deles.



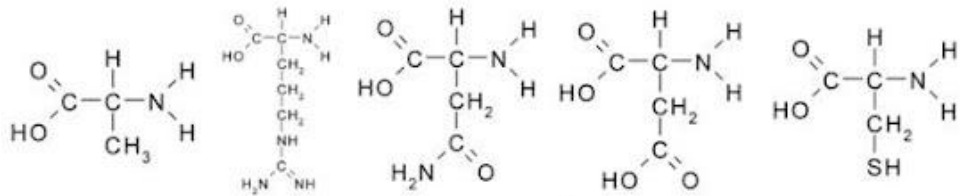
Na autodefesa dos animais temos o exemplo do 3-metilbutan-1-tiol, substância presente no líquido mal cheiroso que cangambás (*Mephitis mephitis*) utilizam como arma de defesa.



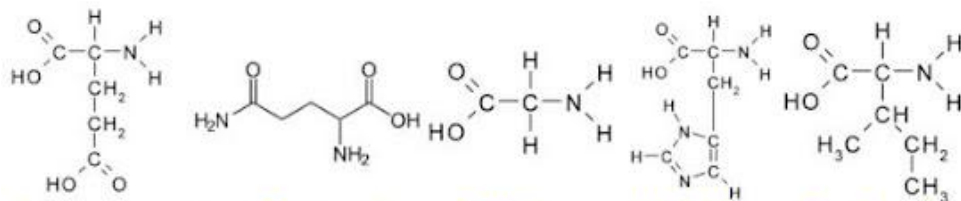
7.5 Apresentação das fórmulas estruturais das proteínas e dos aminoácidos contendo ou não enxofre.

- 1 É sempre útil usar analogias para melhorar o entendimento do aluno, por exemplo, comparando-se as proteínas em nosso corpo aos tijolos de uma construção. Muitos são os tijolos e de diferentes tipos que constituem nossos cabelos, unhas, músculos, hormônios, enzimas e anticorpos. Tudo em nosso organismo é composto basicamente por proteínas. Assim, é importante fazer o aluno compreender que as proteínas nada mais são do que um polímero de aminoácidos. No caso das proteínas humanas estas são formadas através da combinação de 20 aminoácidos diferentes. Estes aminoácidos podem então ser apresentados, enfatizando-se aqueles em que o enxofre faz parte da moléculas:

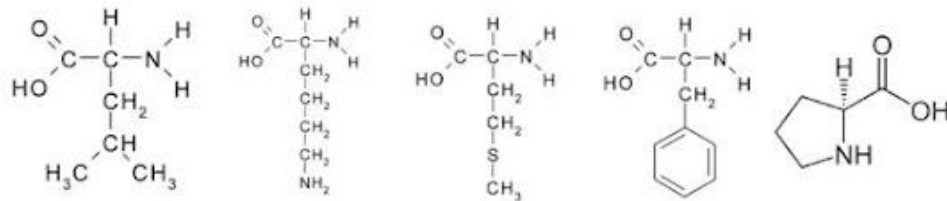
AMINOÁCIDOS



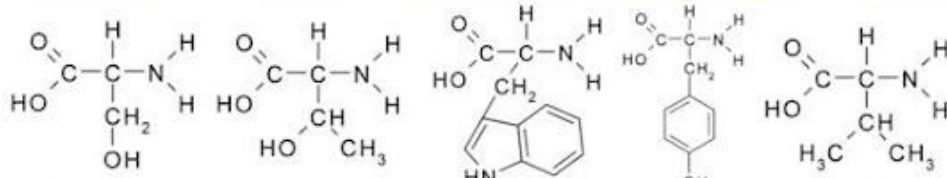
Alanina Arginina Asparagina Ácido aspártico Cisteína



Ácido glutâmico Glutamina Glicina Histidina Isoleucina



Leucina Lisina Metionina Fenilalanina Prolina



Serina Treonina Triptofano Tirosina Valina

Figura 27: Aminoácidos presentes nas proteínas humanas (Fonte: EMMERSON, 2018)

- 2 Apresentar um esquema de fácil entendimento aos alunos sobre as estruturas das proteínas, afim de que estes percebam a importância das interações entre as moléculas e mesmo dentro da mesma molécula, para a formação das macroestruturas das proteínas:

- Ligação hidrogênio
- Ligações dissulfeto

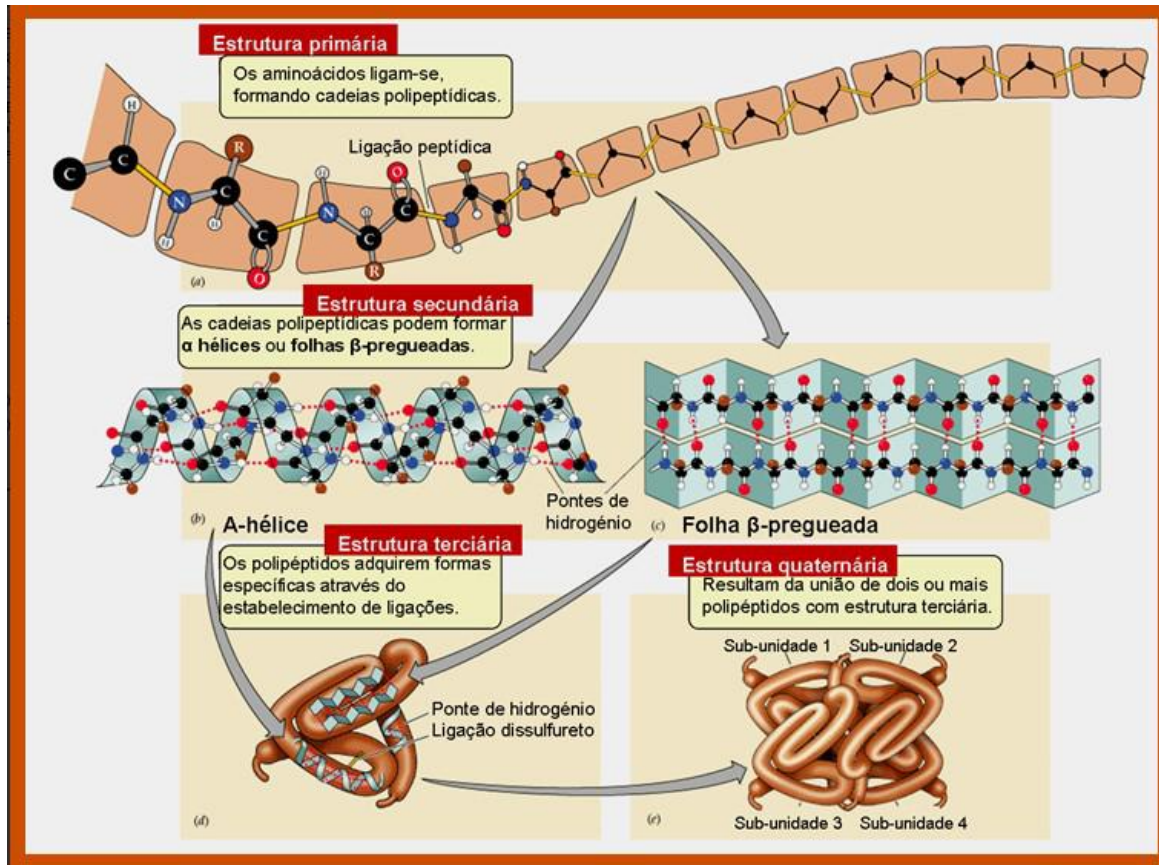


Figura 28: Esquema estrutural das proteínas (fonte: todo estudo. 2018)

7.6 Análise crítica utilizando conceitos químicos e conscientização ambiental

Na internet, mais precisamente no YouTube, existe uma série de reportagens sobre os mineradores de enxofre no leste de Java, Indonésia. Com as reportagens e imagens pode-se trabalhar as seguintes questões:

- Poder crítico sobre os problemas da mineração;
- Discussão sobre os vapores tóxicos;
- Porque a água do lago próximo é ácida;
- O que são as chamas azuis;



Figura 29: Trabalhador carregando em cestos de palha o enxofre no minério de enxofre.
(Fonte: MINILUA, 2018)



Figura 30: Chama azul no minério de enxofre a noite. (Fonte: MINILUA, 2018)



Figura 31: Lago ácido ao fundo no minério de enxofre. (Fonte: MINILUA, 2018)



Figura 32: Vapores tóxicos e mineradores no minério de enxofre. (Fonte: MINILUA, 2018)

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Utilizar o enxofre como tema gerador e motivador no ensino da química, possibilita que o indivíduo consolide sua própria experiência, porque o ensino contextualizado envolve o cotidiano, um conhecimento prévio, ainda que sem fundamentos, dos elementos e ocorrências da vida real. A correlação dentre os conteúdos leva à possibilidade de uma visão mais extensa da química pela constante comparação dos conceitos com as aplicações cotidianas.

É importante ressaltar que o pano de fundo deste tema são os combustíveis fósseis, indo de encontro à preservação do meio ambiente e que o educador pode utilizar não só o enxofre, mas outros elementos, como o nitrogênio ou os metais pesados, que muitas vezes parecem assuntos muito abstratos aos olhos dos alunos, mas que podem ter facilmente essa impressão revertida para aprimorar e complementar o processo de aprendizagem.

No entanto, é necessária uma boa organização, para que haja um bom aproveitamento da interdisciplinidade e principalmente para o resgate do processo de ensino-aprendizagem por parte do professor, pois se trata de uma relação dinâmica e de uma procura constante pela motivação dos alunos.

A educação para a cidadania deve ser o principal objetivo do ensino médio, uma vez que é seu papel ampliar a visão dos alunos para fora dos muros da escola. Por isso também se deve ressaltar o cenário brasileiro em comparação ao mundial no que diz respeito às pesquisas na área, legislação e, principalmente, dos aspectos positivos do conhecimento científico relacionados ao tema motivador, gerando discussões em sala de aula, problematizações, trocas de idéias e informações.

Vale ressaltar que os assuntos interdisciplinares, geradores de debates e experimentos, exigem uma demanda maior de tempo, por parte do professor, para o preparo desta malha de integração, principalmente com a junção dos problemas químicos com questões sociais.

A intenção deste trabalho é apresentar uma importante alternativa para se alcançar uma aprendizagem mais efetiva, empregando fatos mais familiares e cotidianos. Para que seja possível cumprir esta proposta é necessário que o

educador tenha embasamento teórico dos conteúdos e suas aplicabilidades na atualidade e que tenha uma boa relação com os educandos, além de acesso à recursos didáticos adequados.

9 REFERÊNCIAS

ALVES, L. **Enxofre**. Disponível em: <https://educacao.uol.com.br/planos-de-aula/medio/quimica-enxofre.htm>. Acesso disponível em 04 abr. 2013.

ASTM Journal of ASTM International, March 2005, Vol. 2, No. 3 Paper ID JAI12978.
Disponível em: www.astm.org

ATKINS, Peter; Jones, Loretta, **Princípio de Química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente**. – Porto Alegre: Bookman, 2001.

BIANCHI, J.C. A.; Albrecht, C. H; Daltarnir, J. M.; **Universo da Química**, Volume único, 1º edição – São Paulo: FTD, 2005.

BRASIL, Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias / Secretaria de Educação Básica. – Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006. 135 p. (**Orientações curriculares para o ensino médio; volume 2**).

BRASIL, Ministério da educação. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional - LDB nº 9394/96**.

CARDOSO, A. A., FRANCO, A. **Enxofre**. Disponível em:
<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc15/v15a08.pdf>. Acesso em 06 jun. 2017

CARDOSO, A. C.; FRANCO, A., **Algumas Reações do Enxofre de importância Ambiental**. Química Nova na Escola, vol. 15, p. 39-41, 2002.

EMMERSON, **O que são proteínas e aminoácidos?** Disponível em:
<http://www.dremerson.com.br/sem-categoria/o-que-sao-proteinas-e-aminoacidos/>.
Acesso em 04 abr. 2018

FOGAÇA, J. **Óxidos e Chuva Ácida**. Disponível em:

<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/Oxidos-chuva-Acida.htm>. Acesso em 04 abr. 2018.

FOGAÇA, J. R. V. **Compostos sulfurados ou tiocompostos**. Disponível em:

<https://alunosonline.uol.com.br/quimica/compostos-sulfurados-ou-tiocompostos.html>. Acesso em 21 maio 2018

FOGAÇA, J.R.V. **Compostos sulfurados ou tiocompostos**. Disponível em:

<http://www.alunosonline.com.br/quimica/compostos-sulfurados-ou-tiocompostos.html>. Acesso em 06 jun. 2017.

FONSECA, D. S.; Bacic, I. R. **Enxofre**. Disponível em:

https://sistemas.dnrm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=4005. Acesso em 04 abr. 2013.

ISTOÉ. **O Maior Problema da Educação no Brasil**. Disponível em

https://istoe.com.br/326686_O+MAIOR+PROBLEMA+DA+EDUCACAO+DO+BRASIL/
Acesso em 17 jul. 2018

MAIA, D. J.; GAZOTTI, W. A.; CANELA, M. C.; SIQUEIRA, A. E. **Chuva Ácida: Um Experimento para Introduzir Conceitos de Equilíbrio Químico e Acidez no Ensino Médio**. Química Nova na Escola, vol. 21, p 44-46, 2005

MARTINS, C. R.; ANDRADE, J. B., **Química Atmosférica do Enxofre (iv): Emissões, Reações em Fase Aquosa Impacto Ambiental**, Química Nova vol.25 no. 2, p. 259-272, 2002.

MINILUA. **Minério de enxofre na indonésia**. Disponível em:

<https://minilua.com/mineiros-enxofre-indonesia/>. Acesso em 17 jul.2018.

NOSOWITZ, D. **10-Year-Old Accidentally Creates New Molecule in Science Class.**

Disponível em: <https://www.popsci.com/science/article/2012-02/10-year-old-accidentally-creates-new-explosive-molecule-science-class>. Acesso em 21 mai. 2018.

PACHECO, J. **Esquema estrutural das proteínas.** Disponível em:

<https://www.todoestudo.com.br/biologia/proteinas>. Acesso em: 05 mar. 2018.

PEIXOTO, E. M. A., **Elemento químico: Enxofre**, Química Nova na Escola, volume 16, p. 51, 2002.

PENSAMENTO VERDE. **Onde ocorre chuva ácida no Brasil.** Disponível em:

<http://www.pensamentoverde.com.br/meio-ambiente/onde-ocorre-chuva-acida-no-brasil/>. Acesso em: 17 jun. 2018

PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L., **Química na Abordagem do Cotidiano**, Volume 1, 4ª edição, São Paulo Ed.: Moderna, 2006

POE, W. A.; MOKHATAB, S., **Processamento e Produção de Gás Natural**, 2ª ed., Série Engenharia de Petróleo, Ed. Elsevier Brasil, 2016

RAFIX. **Ciclo Global do Enxofre.** Disponível em: <https://rarfix.org/enxofre-o-elemento-quimico-enxofre-s-toda-materia>. Acesso em 17 de jul. 2018.

SACHDEV, R.L. (UNEB) ; MOREIRA, B. C. T. (UNEB) ; CARVALHO, M. F. A (UNEB) **.Isomeria e Ação - uma estratégia para o ensino de estereoquímica.** Disponível em: <http://www.abq.org.br/simpequi/2011/trabalhos/65-10298.htm>. Acesso em 06 jun. 2017.

SCIENCE FOR BEGINNERS. **Molécula de tetraquis (nitratocarbono) methano.**

Disponível em: <http://scienceforbeginners.blogspot.com/>. Acesso em 17 jul. 2018

TECNOLOGIAS DE ULTIMO GRITO. **Menina de 10 anos descobre nova molécula.**

Disponível em: <https://www.tecnologiasdeultimogrito.com/menina-10-anos-descobre-molecula/>. Acesso em 17 jul. 2018

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – USP, GEPEQIQ, **Experimentos de Química –**

Chuva Ácida – Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=9egpauSj0IA> – Acesso em 21 mai. 2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO. Sistema de Bibliotecas e Informação. Manual para Elaboração e Normalização de Trabalhos de Conclusão de Cursos. Rio de Janeiro 2011

Anexo – Proposta de plano de aula

1 OBJETIVO

Permitir aos alunos o contato com o enxofre. Embora o enxofre tenha grande importância comercial, é uma substância barata e de fácil aquisição, uma vez que para esta atividade não se necessita de um alto grau de pureza.

Com este contato pode-se introduzir todo o conteúdo já discutido como chuva ácida, reações com o enxofre e alotropia, por exemplo.

2 ESTRATÉGIAS

Esta aula pode ser aplicada em lugar arejado com boa ventilação, demonstrativamente, caso a escola não disponibilize laboratório com capela para os alunos.

1) Para facilitar a observação, colocar uma quantidade razoável de enxofre em uma placa de petri ou um pires de vidro comum e permitir que os alunos cheguem perto e discutam questões como as a seguir:

2) Qual o cheiro do enxofre? Ele cheira mal? Quase todo mundo acha isso, mas a verdade é que o odor do enxofre é muito suave. São os seus compostos, como H_2S , SO_2 , SO_3 e outros como mercaptanas, que são mal cheirosos. Sugira aos alunos que cheirem com cuidado o pó (se cheirarem com muita força, partículas de enxofre irão se alojar nas narinas e o cheirinho "suave" vai durar horas). Enfatizar que o enxofre sólido não é tóxico.

3) Enxofre queima? Sim, e isso foi usado por muitos séculos como desinfetante, porque a queima gera o SO_2 . Esse gás tem propriedades antissépticas, e gera um ácido fraco ao reagir com água. Embora raramente seja usado como desinfetante, ainda é um importante conservante em vinhos. Seu cheiro é desagradável e produz tosse intensa.

Peça aos alunos que escrevam a reação de combustão do enxofre. Por que se forma SO_2 e não SO_3 ? Para formar SO_3 , existe a necessidade da presença de um catalisador para que o SO_2 reaja com o oxigênio. Se houver boa ventilação ou uma capela, a queima pode ser feita e um papel tornassol úmido pode mostrar a reação ácida do SO_2 .

O SO_2 é o mesmo óxido gerado na queima de combustíveis com alto teor de enxofre, sendo um dos causadores de poluição atmosférica e chuvas ácidas.

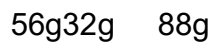
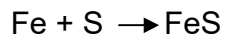
4) Enxofre funde? Sim, facilmente, a cerca de 112°C , dependendo da forma de cristalização. Isso pode ser feito em um tubo de ensaio com um algodão na ponta (evitando o escape de muito enxofre sob a forma de gás). Será possível observar também a condensação do vapor de enxofre na região mais fria do tubo. Aquecendo um pouco mais, ele escurece e fica mais viscoso (ao contrário de qualquer outra substância). É que as moléculas cíclicas S_8 do enxofre sólido se abrem, formando um emaranhado que faz com que a viscosidade aumente. Se o aquecimento for excessivo, pode haver queima de enxofre ou do algodão na ponta do tubo.

5) Alótropos do enxofre: no enxofre em pó, as moléculas cíclicas de S_8 estão cristalizadas de uma forma específica, a ortorrômbica. Ao fundir, a estrutura desorganiza-se e não volta rapidamente ao estado inicial: o enxofre ressublimado ou cristalizado a partir do enxofre líquido fica na forma monoclinica, voltando lentamente à ortorrômbica. Já o enxofre líquido, resfriado rapidamente (por exemplo, vertendo enxofre fundido em água fria) forma uma massa plástica, maleável, que demora a se converter novamente em enxofre ortorrômbico. Este é o enxofre plástico, com cadeias de mais de 6.000 átomos, em média. Isso pode ser feito em laboratório com facilidade, tomando cuidado para não aquecer demais o enxofre (para que não inflame espontaneamente).

6) Cristais de enxofre ortorrômbico podem ser obtidos pela cristalização de uma solução. O enxofre é uma molécula apolar, portanto, em que solvente ele se dissolve? Não em água, mas a solubilidade é razoável (cerca de 25g/L) em acetona. Outros solventes apolares podem ser usados: dissolva um pouco de enxofre no solvente, e deixe apenas o sobrenadante evaporando em um béquer, vidro de relógio, copo ou pires de vidro. Após algumas horas (ou de uma aula para outra) cristais de forma característica terão se formado.

7) Reação do enxofre com ferro: uma prática clássica consiste em misturar limalha de ferro e enxofre, separar o ferro com o uso de um ímã, refazer a mistura, aquecê-la (forma-se FeS) e mostrar que o ímã não separa mais a mistura. Embora a limalha de ferro nem sempre seja fácil de encontrar, a reação pode ser feita com um pedaço de lã

de aço. Dependendo do nível de conhecimento, os alunos podem calcular as quantidades teóricas de reagentes necessários:



8) Embora a substância simples S_8 não cheire mal, o enxofre é associado a maus odores com razão: a mistura do produto da reação do exemplo(7), FeS , reage com a maioria dos ácidos comuns, liberando H_2S , que é um ácido fraco, volátil e de cheiro extremamente desagradável:

