

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS:
QUÍMICA DA VIDA E SAÚDE**

**MÓDULOS DIDÁTICOS SOBRE TÓPICOS DE
EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA O
ENSINO MÉDIO**

TESE DE DOUTORADO

Eduardo Giuliani Koehler

**Santa Maria, RS, Brasil
2014**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Giuliani Koehler, Eduardo
Módulos Didáticos sobre Tópicos de Educação Ambiental
para o Ensino Médio / Eduardo Giuliani Koehler.-2014.
257 p.; 30cm

Orientador: Martha Bohrer Adaime
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de
Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e
Saúde, RS, 2014

1. Educação Ambiental 2. Meio Ambiente 3. Módulos
Didáticos 4. Química 5. Ensino Médio I. Bohrer Adaime,
Martha II. Título.

**MÓDULOS DIDÁTICOS SOBRE TÓPICOS DE EDUCAÇÃO
AMBIENTAL PARA O
ENSINO MÉDIO**

por

Eduardo Giuliani Koehler

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde da Universidade Federal de Santa Maria-RS como requisito parcial para obtenção do título de **Doutor em Educação em Ciências**

Orientador: Prof. Dr^a Martha Bohrer Adaime

**Santa Maria, RS, Brasil
2014**

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Naturais e Exatas**

**Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências:
Química da Vida e Saúde**

**MÓDULOS DIDÁTICOS SOBRE TÓPICOS DE EDUCAÇÃO
AMBIENTAL PARA O ENSINO MÉDIO**

Como requisito parcial para a obtenção do título de
Doutor em Educação em Ciências

Elaborada por
Eduardo Giuliani Koehler

COMISSÃO EXAMINADORA

Martha Bohrer Adaime, Dr^a. UFSM
(Presidente/Orientador)

Félix Alexandre Antunes Soares, Dr. UFSM
(Membro)

Cristiane Kohler Carpilovsky, Dr^a. UFSM
(Membro)

Solange Binotto Fagan, Dr^a. UNIFRA
(Membro)

Jussane Rossato, Dr^a. UNIFRA
(Membro)

Santa Maria, 30 de setembro de 2014.

Para Silvia, Leonardo e Lucas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar forças para seguir sempre em frente para alcançar meus objetivos, a minha esposa Silvia, por todo amor e paciência durante a realização deste trabalho de pesquisa. Aos meus mais preciosos bens, que são meus dois filhos: Leonardo e Lucas.

Agradeço à professora Dr^a. Martha Adaime pela orientação, por sempre estar a disposição para dúvidas e anseios, aos professores que participaram tanto do exame de qualificação quanto da defesa final: Prof. Dr. Félix Antunes, Prof^a. Dr^a. Lenira Sepel, Prof^a. Dr^a. Cristiane Carpilovsky, Prof^a. Dr^a Solange Fagan e Prof^a. Dr^a Jussane Rossato: muito obrigado pelas correções e sugestões, que certamente foram para melhorar este trabalho.

Agradeço aos colegas de Colégio Militar de Santa Maria, em especial aos da Seção de Cursos, que sempre se dispuseram a me ajudar para que pudesse cumprir os compromissos do doutorado.

Um agradecimento especial ao amigo e colega Mateus Granada, por se colocar a disposição e doar o seu tempo e conhecimento para ajudar no desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

Tese de Doutorado
Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências:
Química da Vida e Saúde
Universidade Federal de Santa Maria

MÓDULOS DIDÁTICOS SOBRE TÓPICOS DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA O ENSINO MÉDIO

AUTOR: EDUARDO GIULIANI KOEHLER
ORIENTADORA: PROF. DR^a. MARTHA BOHRER ADAIME

O presente trabalho consiste em uma proposta de inserção de temas de Educação Ambiental, relacionado ao uso de clorofluorcarbonetos e destruição da camada de ozônio, efeito estufa / aquecimento global, chuva ácida e água: poluição e tratamento como referência para professores de Química que atuam no Ensino Médio. Para atender a esse propósito foram desenvolvidos módulos didáticos que se adaptam aos currículos escolares e orientações sugeridas pelos Parâmetros Curriculares Nacionais e também, abordam pré-requisitos necessários para o melhor entendimento da temática ambiental. Logo o desenvolvimento dos módulos didáticos está amparado na aprendizagem significativa de Ausubel, no qual a informação deve interagir e apoiar-se nos conceitos relevantes já existentes na estrutura cognitiva do aluno. Com isso o material contribui para a apresentação de conceitos teóricos, experimentos quando possível e analogias a respeito dos efeitos gerados pelo problema ambiental, descrevendo o que está sendo realizado para minimizar os impactos observados no meio ambiente e na sociedade. Os módulos didáticos foram disponibilizados para um público de 14 professores de Química que atuam no Ensino Médio de escolas federais, estaduais e particulares de Santa Maria e de Porto Alegre, no Rio Grande do Sul. O material tem sua estrutura organizada no desenvolvimento da temática ambiental, contendo quatro módulos virtuais que contemplam principalmente textos explicativos com ilustrações e fotos. A pesquisa foi realizada a partir da coleta de dados de respostas obtidas por questionário aplicado aos professores que analisaram os módulos, é caracterizada como uma pesquisa aplicada com referencial teórico básico, quanto à abordagem é classificada como quantitativa com base na Análise de Conteúdo (AC) de BARDIN (2011). Os resultados desta análise foram considerados favoráveis à utilização dos módulos como referencial para docentes e discentes como uma oportunidade de inserção da temática ambiental.

Palavras-chave: Educação Ambiental; Meio Ambiente; Módulos Didáticos.

ABSTRACT

Doctoral Thesis
Education in Science Post Graduation Program:
Life Chemistry and Health
Federal University of Santa Maria

DIDACTIC MODULES ABOUT ENVIRONMENTAL EDUCATION TOPICS FOR HIGH SCHOOL

AUTHOR: EDUARDO GIULIANI KOEHLER
ADVISOR: PROF. DR^a. MARTHA BOHRER ADAIME

This work is a proposal for the insertion of Environmental Education themes related to the use of chlorofluorocarbons and the ozone layer destruction, greenhouse effect/global warming, acid rain and water: pollution and treatment as a reference for Chemistry teachers working in high school. In order to do so, didactic modules were developed and adapted to the school curricula and also to the recommendations suggested by the National Curricular Parameters, adopting necessary requirements for an improved understanding of the environmental thematic. Thus, the development of such didactic modules is based on the significant learning by Ausubel, in which the information must interact and be based on relevant concepts already existent in the cognitive structure of the learner. By doing this, the material contributes for the presentation of theoretical concepts, experiments (whenever possible), and analogies about the effects caused by the environmental problem, describing what is being done to minimize the impacts observed on the environment and on the society. The didactic modules were provided for a public of 14 Chemistry teachers working in the high school level of federal, state and private schools of Santa Maria and Porto Alegre, in Rio Grande do Sul. The material has its structure organized in the development of the environmental thematic and contains four virtual modules which bring mainly explicatory texts, as well as illustrations and photos. The research was carried out based on data from questionnaires answered by the teachers who analyzed the modules. This work is characterized as an applied research with basic theoretical reference. Its approach is quantitative based on the Content Analysis by BARDIN (2011). The results of this analysis were considered favorable to the usage of the modules as a reference for teachers and students as an opportunity for the insertion of environmental thematic.

Keywords: Environmental Education. Environment. Didactic Modules.

LISTA DE ABREVIATURAS

AC	Análise de Conteúdo
CFC	Clorofluorcarboneto
CMSM	Colégio Militar de Santa Maria
EA	Educação Ambiental
EB	Ensino Básico
EF	Ensino Fundamental
EM	Ensino Médio
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
LD	Livro Didático
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação
MEC	Ministério da Educação
MD	Módulos Didáticos
PCNs	Parâmetros Curriculares Nacionais
PNLD	Programa Nacional do Livro Didático
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Principais Eventos sobre EA	17
Quadro 2 -	Exemplos de algumas funções orgânicas e seus grupos funcionais.....	24
Quadro 3 -	Funções inorgânicas e reconhecimento.....	25
Quadro 4 -	Livros do PNLD – triênio 2012 – 2014.....	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 -	Representação do retículo cristalino do cloreto de sódio.....	21
Figura 02 -	Demonstração das diferentes orientações dos elétrons.....	22
Figura 03 -	Gráfico da energia de ativação.....	23

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A -	Utilização de Clorofluorcarbonos (CFC) e destruição da camada de ozônio (O ₃).....	79
Apêndice B -	Aquecimento Global e Efeito Estufa.....	117
Apêndice C -	Chuva ácida.....	158
Apêndice D -	Água, poluição e tratamento.....	198

LISTA DE ANEXOS

Anexo A - Objetivos da pesquisa.....	253
Anexo B - Questionário.....	254
Anexo C - Validações.....	255

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 EVOLUÇÃO DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL.....	17
1.2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
1.2.1 Educação Ambiental e o contexto escolar	19
1.2.2 Conceitos relevantes na disciplina de Química do EM aplicados a Temática Ambiental	20
1.2.2.1 <i>Ligações Interatômicas</i>	21
1.3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	25
1.3.1 Aprendizagem significativa	26
1.4 JUSTIFICATIVAS.....	27
1.5 OBJETIVO E QUESTÕES DE PESQUISA.....	29
2 METODOLOGIA	31
2.1 LIVROS DO PNLD.....	31
2.2 DESCREVENDO O PÚBLICO ALVO.....	33
2.3 O PRODUTO EDUCACIONAL COMO PESQUISA DOCENTE.....	34
2.3.1 Módulos didáticos	34
2.3.1.1 <i>Conteúdo teórico</i>	35
2.3.1.2 <i>Experimentações</i>	35
2.3.1.3 <i>Exercícios propostos</i>	36
2.3.1.4 <i>Módulo didático: Efeito estufa e alterações climáticas</i>	36
2.3.1.5 <i>Módulo didático: Utilização de clorofluorcarboneto (CFC) e destruição da camada de ozônio</i>	37
2.3.1.6 <i>Módulo didático: Chuva ácida</i>	37
2.3.1.7 <i>Módulo didático: Água – Poluição e tratamento</i>	37
2.4 ANÁLISE DE CONTEÚDO.....	38
3 RESULTADOS	40
3.1 ARTIGO DA REVISTA MONOGRAFIAS AMBIENTAIS REMOA/UFMS.....	41
3.2 ARTIGO DA REVISTA VIDYA (UNIFRA).....	51
4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	62
5 CONCLUSÃO	70
6 PERSPECTIVAS	72
7 REFERÊNCIAS	73
APÊNDICES	78
ANEXOS	252

1. INTRODUÇÃO

Atualmente os meios de comunicação mostram para a sociedade a problemática ambiental e passam à ideia de que a resolução de tais problemas é algo além do conhecimento comum. A ação do homem sobre a natureza trouxe muitas consequências para toda a humanidade, exigindo que a sociedade em geral repensasse tal problema. Esse repensar levou à inserção de uma Educação Ambiental (EA), que consiste na disseminação do conhecimento sobre o ambiente, com o objetivo de ajudar a sua preservação e a utilização sustentável de seus recursos.

De acordo com Jacobi (2003) a necessidade de um desenvolvimento sobre uma articulação referente à EA é consequência de uma reflexão social de um meio ambiente cada vez mais degradado, e esta evolução envolve diversos ramos do conhecimento e que este deve apresentar um caráter interdisciplinar, que, no entanto ainda se efetiva, na maioria das vezes, de forma ineficiente em todo o sistema educacional. Outro ponto detectado é uma visão antropocêntrica onde o meio ambiente serve apenas como fonte de recursos, Reigota (1995) em estudos sobre meio ambiente por professores identificou também uma percepção centrada nos aspectos biológicos da natureza, no qual raramente o caráter humano, bem como suas relações sociais, políticas, filosóficas e culturais são incluídas no conceito de meio ambiente.

Consequentemente esta visão sobre meio ambiente reflete a prática pedagógica sobre EA, que é vista como uma disciplina específica ou como um projeto conscientizador, na prática se verifica uma abordagem cultural ou social resultado da vivência do docente (REIGOTA 1995), de forma geral a EA é aplicada em um formato tradicional que não prepara adequadamente os indivíduos para lidar com a complexidade da realidade (GUIMARÃES, 1995). Este pensamento vai de acordo com a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) que em 1973 ressaltou a importância de pesquisas sobre percepção ambiental para o melhor planejamento sobre o meio ambiente, justamente devido à diferença de valores que os indivíduos, devido a questões econômicas, culturais e políticas têm sobre a preservação de recursos naturais.

De acordo com Rocha (2001) a EA é um processo de tomada de consciência política, institucional e comunitária da realidade ambiental, do homem e da sociedade, para analisar, em conjunto com a comunidade (através de mecanismos formais e não formais), as melhores alternativas de proteção da natureza e do desenvolvimento sócio-econômico do homem e da sociedade. Rocha (2001) ainda defende que a EA deve ser vista como uma ferramenta que atende ao coletivo, de acordo com seus interesses e necessidades e que esta deve ser realizada a partir de mudanças de atitudes resultado da sensibilização sobre os problemas ambientais.

Mello, Montes e De Lima (2009) ressaltam que todas as discussões sobre o assunto, convergem para a necessidade de políticas públicas de EA e de reflexões mais profundas no processo educativo através da interação de ideias, conteúdos, propostas metodológicas sobre a degradação ambiental, defendem também que a reversão deste quadro não deve parar apenas na sensibilização social, mas deve ter uma prática ambiental, o desenvolvimento destes pensamentos é atribuído à função social da escola.

De acordo com Lima (2004) a escola é um lugar privilegiado para estabelecer conexões e informações, como uma das possibilidades para criar condições e alternativas que estimulem os alunos a terem concepções e posturas cidadãs, cientes de suas responsabilidades e, principalmente, perceberem-se como integrantes do meio ambiente. A educação formal continua sendo um espaço importante para o desenvolvimento de valores e atitudes comprometidas com a sustentabilidade ecológica e social.

A educação formal se refere à recebida nas instituições de ensino, e a não formal a que é recebida em outros lugares, por exemplo, do lar do aluno. Esta ideia é compartilhada por muitos autores, que defendem que a educação deve ser um trabalho emergencial, que deve combater atitudes que venham a gerar uma degradação para o meio, atitudes geradas a partir a vontade desenfreada de consumir de forma desequilibrada os bens da natureza, gerando desperdícios, resultado de uma sociedade consumista (CARVALHO, 2006).

O cenário é muito preocupante e deve ser levado a sério, pois as consequências vão atingir a todos, sem distinção. Embora o direito à informação seja assegurado por lei, pois de acordo com a Constituição Federal / 88, no artigo 225, capítulo VI – DO MEIO AMBIENTE – Parágrafo 1º, dita a promoção da

“Educação Ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente”, isto é reforçado pela promulgação da Lei 9.795, de 27 de abril de 1999, que instituiu uma Política Nacional de Educação Ambiental e, por meio dela, foi estabelecida a obrigatoriedade da EA em todos os níveis do ensino formal da educação brasileira (BRASIL, 1999).

Além do caráter interdisciplinar, de acordo com a elaboração da Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), de 1996, foram definidos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), que por sua vez orientam para a aplicação da transversalidade, que consiste na possibilidade de se estabelecer dentro da prática educativa uma relação entre aprender conhecimentos sistematizados (dentro das áreas convencionais) e questões que permeiam a vida e o cotidiano da sociedade, alunos e professores. Na educação segundo Menezes (2002) a transversalidade é vista como uma forma de organizar o trabalho didático na qual alguns temas são integrados nas áreas convencionais de forma a estarem presentes em todas elas, em face disto os PCNs sugerem alguns temas transversais a serem abordados no decorrer do ano letivo, temas que abordam questões importantes e urgentes mediante vários aspectos da vida cotidiana, tais como Ética, Saúde, Orientação Sexual, Trabalho, Consumo e Pluralidade Cultural e o tema Meio Ambiente, que é o grande foco deste trabalho.

No que trata a interdisciplinaridade e transversalidade, existe a necessidade de uma integração entre as disciplinas.

Os temas transversais têm natureza diferente das áreas convencionais. Tratam de processos que estão sendo intensamente vividos pela sociedade, pelas comunidades, pelas famílias, pelos alunos e educadores em seu cotidiano. São debatidos em diferentes espaços sociais, em busca de soluções e alternativas, confrontando posicionamentos diversos tanto em relação à intervenção no âmbito social mais amplo quanto à atuação pessoal. São questões urgentes que interagem sobre a vida humana, sobre a realidade que está sendo construída e que demandam transformações macrossociais também de atitudes pessoais, exigindo, portanto, ensino e aprendizagem de conteúdos relativos a essas duas dimensões. (BRASIL, 1998, p.26).

De acordo com Cuba (2010), embora as leis favoreçam a inserção da EA nas instituições de ensino em todos os níveis, na prática muitas vezes acaba ocorrendo o contrário, devido ao fato de os educandos ficarem presos aos conteúdos que lhes são estabelecidos e que na maioria das vezes são tão extensos que o mesmo não

consegue concluí-los até o fim do ano letivo, e muitos professores não sentem a obrigação da aplicação de um tema transversal. Por essa razão Cuba (2010) defende a ideia de que a EA deixe de ser um tema transversal e passe a ser uma disciplina separada das outras, pois desta forma teria uma maior importância dentro do sistema educacional.

Na visão de Dias (2004), a EA na escola deve ser trabalhada não como uma disciplina convencional, mas de uma forma que implique uma profunda mudança de valores, em uma nova visão de mundo, uma educação que estimule o senso crítico, e discussões que despertem o interesse do aluno (CHALITA, 2002).

1.1 EVOLUÇÃO DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL

A Revolução Industrial, ao modificar o sistema de produção para aumentar a margem de lucro do capitalismo, promove uma enorme poluição do ar, dos rios, dos mares e dos solos, este é o ponto de partida de toda problemática ambiental nos dias atuais (BRAICK, 2007). Avanços foram possíveis devido à descoberta de novas tecnologias, a partir de 1960 os progressos obtidos passaram a ser questionados pela sociedade. O Quadro 1 a seguir mostra alguns eventos que ocorreram com o objetivo de discutir a EA.

ANO	EVENTO
1962	Publicação do Livro Primavera Silenciosa pela jornalista Rachel Carson, que através de uma linguagem simples retrata ao mundo uma sequência de desastres ambientais em várias partes do mundo, ocasionados por descuidos dos setores industriais.
1965	Conferência de Keele (Grã-Bretanha), na qual um grupo de educadores defendia a inserção imediata da Educação Ambiental na escola.
1968	Fundação do Clube de Roma que era composto por um grupo de 30 especialistas de várias áreas com o objetivo de discutir a crise atual e futura da humanidade, e analisar o crescimento econômico levando em conta o uso crescente de recursos naturais.
1969	Fundada na Grã-bretanha a Sociedade de Educação Ambiental.
1970	Publicação do livro A place to live (um lugar para viver), um manual para professores que incorpora a dimensão ambiental em várias atividades curriculares.

1972	Publicação do relatório The limits of growth (Os limites do crescimento econômico), pelo grupo fundado em 1968 (O Clube de Roma); documento que condenava a busca do crescimento econômico a qualquer custo.
1972	Conferência de Estocolmo, que reuniu representantes de 113 países para a conferência e gerou o documento: Declaração sobre o Ambiente Humano ; que continham orientações para os governos recomendando o desenvolvimento de um programa de Educação Ambiental.
1973	Criada no Brasil a Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA), com o objetivo de programar uma gestão orientada para o meio ambiente.
1975	Carta de Belgrado (Iugoslávia), encontro internacional sobre Educação Ambiental promovido pela UNESCO em resposta às recomendações da Conferência de Estocolmo.
1977	Organizada pela UNESCO a Conferência de Tbilise na Geórgia, considerada o evento mais importante para a evolução da EA em se definiu o estabelecimento de objetivos e metodologias para aplicação da EA (SOUZA 2000).
1987	Congresso de Moscou, onde foram avaliadas as conquistas e as dificuldades na área de EA.
1988	A Assembleia Geral das Nações Unidas aprovou uma Resolução determinando a realização, até 1992, de uma conferência sobre o meio ambiente e desenvolvimento que pudesse avaliar como os países haviam promovido a proteção ambiental desde a Conferência de Estocolmo de 1972.
1992	Brasil a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, que ficou conhecida como Eco-92 ou Rio-92. Definiu a EA como uma educação crítica que deve ter como objetivo o fortalecimento da cidadania (DIAS, 2004),
2002	Rio+10 em Johannesburgo (África do Sul) segundo Sato (2002) os resultados não foram animadores e defende a ideia de que pouco se evoluiu dentro do que era esperado.
2012	Rio+20 no Rio de Janeiro (Brasil) resultou em um documento final: "O futuro que queremos". Criticado por não atender a prazos (CASTRO, 2012). Diferente da Rio-92 houve maior manifestação popular e do setor industrial (DE PAULA, 2012).

Quadro 01- Principais Eventos sobre EA.

1.2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O produto desenvolvido por este trabalho e aplicado aos professores de Química do EM, participantes da pesquisa, propõe a análise da inserção de conhecimentos básicos da temáticas ambiental por meio de conteúdos da grade curricular de Química. Com o intuito de que essa análise seja proveitosa e novos conceitos sejam fixados na estrutura cognitiva do aluno, os MD foram fundamentados com base na aprendizagem com significado de Ausubel (2003).

Para uma melhor compreensão dos tópicos que alicerçam este trabalho, nas próximas subseções descreveremos: (i) de que forma a Educação Ambiental está associada ao contexto educacional? (ii) quais os principais conceitos na disciplina de Química do EM à temática ambiental? E por fim (iii) estrutura e organização dos MD.

1.2.1 Educação Ambiental e o contexto educacional

De acordo com Santos e Schnetzler (1997), alfabetizar os cidadãos em ciência e tecnologia é hoje uma necessidade do mundo contemporâneo. Essa alfabetização não deve ficar apenas na demonstração dos benefícios que a ciência acarreta, mas principalmente permitir ao cidadão a possibilidade de compreender e caso seja preciso, participar no discurso de especialistas.

Esta perspectiva de conscientização pode ser alcançada com currículos que enfatizam ciência, tecnologia e sociedade, pois a ciência é uma atividade que tenta sobrepor-se e controlar a sociedade que a rodeia, tornando essa sociedade operacional (GRANADA, 2011). A temática ambiental está relacionada diretamente com os avanços tecnológicos, em que há um impacto visto através da degradação ambiental.

Os rápidos avanços tecnológicos viabilizaram formas de produção de bens com consequências indesejáveis que se agravam com igual rapidez. A exploração dos recursos naturais passou a ser feita de forma demasiadamente intensa, a ponto de pôr em risco a sua renovabilidade. Sabe-se agora da necessidade de entender mais sobre os limites da renovabilidade de recursos tão básicos como a água, por exemplo. (Ministério da Educação PORTAL MEC).

É possível verificar que os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) orientam os professores a inserirem em seus conteúdos, assuntos que tratam das questões

ambientais e como visto, os avanços tecnológicos estão intrinsicamente ligados. Embora os PCNs atribuam ao EM a formação de cidadãos conscientes e preparados para os desafios que a sociedade apresenta.

Na prática se observa professores mais centrados nos conteúdos em detrimento de uma formação mais humana (CUBA, 2010). Se a inserção de temáticas ambientais vinculadas a conteúdos de Química, que devem ser trabalhados no currículo do EM, passarem a relacionar a vida na escola com a vida prática, serão melhores aproveitados, estimulando a curiosidade científica e o maior conhecimento de mundo, sem perder vista aos conteúdos básicos.

Alguns trabalhos já foram desenvolvidos associando a temática ambiental a conteúdos de Química do EM, como por exemplo:

- Rezzadori e Cunha (2005) produziram e aplicaram em um grupo de alunos do 2^a ano do EM, um MD intitulado: “Cinética Química numa abordagem ambiental”.
- Eichler e Del Pino (2010) escrevem um trabalho mostrando a importância para formação do professor à produção de um material didático.
- Calagrande e Farias (2013) apresentam uma proposta de associação entre Química e EA.

Estes trabalhos apontam os benefícios em produzir o próprio material didático para preencher ou organizar um LD. Possibilitando ao docente, direcionar o trabalho em sala de aula. Um material que atenda a possibilidade do professor ir além do conhecimento técnico, que possibilite uma melhor compreensão sobre as perspectivas e consequências para a sociedade. No momento em que houver uma integração com o cotidiano, com informações pré-existentes no cognitivo do aluno, poderemos chegar a um resultado mais positivo em aprendizagem.

1.2.2 Conceitos relevantes na disciplina de Química do EM aplicados à temática ambiental

A temática ambiental envolve vários conceitos químicos que são trabalhados na grade curricular do EM. Conteúdos que auxiliarão ao discente ao aplicar seus princípios e conceitos, a entender melhor assuntos que envolvem questões acerca do meio ambiente, poluição e formas de minimizar tais problemas.

Temos como conceitos fundamentais: (i) ligações interatômicas, (ii) catalisadores, (iii) funções orgânicas e inorgânicas, (iv) radicais livres e (v) ressonância e estabilidade.

1.2.2.1 Ligações Interatômicas

De acordo com Feltre, A (2008) ligações interatômicas são as que ocorrem entre átomos. Estas ligações se classificam quanto aos tipos de átomos que interagem e podem ser: (i) ligações iônicas, eletrovalentes ou heteropolares, (ii) ligações covalentes, moleculares ou homopolares e (iii) ligações metálicas.

As ligações iônicas ocorrem entre átomos que tenham uma grande diferença de eletronegatividade¹, característica entre elementos metálicos e não metálicos. Este tipo de ligação química, forma íons, um cátion (resultado da perda de elétrons) e um ânion (resultado do recebimento de elétrons).

Este tipo de ligação química resulta na formação de um retículo cristalino, em que os íons estão fortemente coesos por forças de natureza eletrostáticas (REIS, A, 2014) que estão representadas na Figura 1:

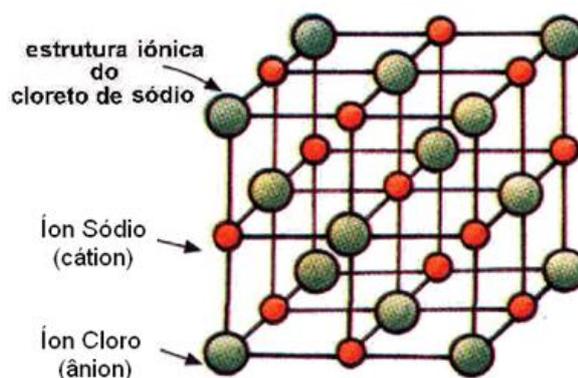


Figura 1: Representação do retículo cristalino do cloreto de sódio.
Fonte: <http://www.rv.educacao.mg.gov.br/sistema>.

No retículo cristalino, cada cátion atrai simultaneamente vários ânions, e cada ânion atrai simultaneamente vários cátions (USBERCO e SALVADOR, A, 2011), determinando as características de um composto iônico. A ligação covalente,

¹ Propriedade que mede a tendência de um elemento em atrair elétrons em uma ligação Química (RUSSEL, 1996).

molecular ou homopolar ao contrário da ligação iônica, ocorre quando a diferença de eletronegatividade entre os átomos é pequena, o que leva a um compartilhamento de elétrons.

Neste tipo de ligação, a força que mantém os átomos unidos, é resultado do movimento de rotação dos elétrons, gerando, uma força de natureza eletromagnética. A Figura 2 mostra as forças atrativas e repulsivas que ocorrem decorrentes de diferentes orientações dos elétrons.

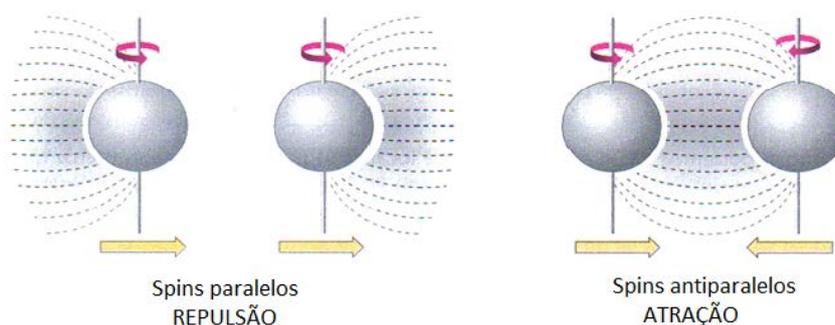


Figura 2: Demonstração das diferentes orientações dos elétrons.
Fonte: Feltre A, 2008.

A ligação covalente, devido às forças de natureza eletromagnéticas, são mais fracas que as ligações iônicas (forças de natureza eletrostáticas). Por esta razão, os compostos covalentes aparecem em diferentes estados físicos à temperatura ambiente (líquido e gasoso, além de sólidos).

A ligação metálica ocorre quando os átomos apresentam baixa eletronegatividade, esta ligação tal qual a ligação iônica, também forma retículo cristalino. O retículo que se forma, é resultado de forças atrativas de natureza eletrostática, entre cátions e elétrons livres².

Estes elétrons livres são responsáveis pelas propriedades dos metais, entre elas estão: (i) bons condutores de calor e eletricidade, (ii) brilho característico e (iii) maleabilidade e ductibilidade³.

Este conhecimento é importante para compreender a estabilidade de moléculas, em que os átomos buscam diminuir a energia através de ligações químicas, e que a quebra destas ligações envolve absorção de energia, levando a

² Elétrons livres, são formados pela ionização do metal, no momento em que estes perdem elétrons.

³ Maleabilidade é a capacidade de laminar o metal, enquanto a ductibilidade, em se fazer fios.

formação de radicais livres que são espécies químicas altamente reativas e instáveis (REIS, C, 2014). Esta instabilidade ocorre da quebra do par de elétrons compartilhado, de modo que os átomos ficam com elétrons desemparelhados.

Com a quebra da ligação química estas espécies apresentam alta energia, causando uma maior tendência em efetuar novas ligações químicas. Isto acontece na destruição da camada de ozônio, em que ocorre a quebra da ligação química entre cloro e carbono no CFC.

Este cloro radicalar, altamente instável, passa a atuar como catalisadores (substâncias que atuam na diminuição da energia de ativação⁴), alterando a velocidade em que uma reação ocorre. Não são consumidos durante o processo reacional. A Figura 3 mostra a influência de um catalisador em um meio de reação.

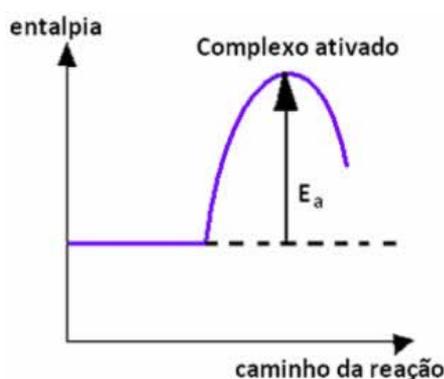


Figura 3: Gráfico da energia de ativação.

Fonte: <http://www.brasilecola.com/quimica/energia-ativacao.htm>

O complexo ativado que aparece na Figura 3 é altamente instável (REIS, B, 2014) e a partir dele se formam os produtos. Desta forma, se pode verificar que a energia de ativação é inversamente proporcional à cinética da reação. Existem catalisadores que diminuem a energia de ativação (chamados de catalisadores positivos) e catalisadores que aumentam a energia de ativação (chamados de inibidores).

Para entender as características de moléculas orgânicas e inorgânicas, bem como a forma como estas atuam no meio ambiente, é necessário saber a qual função estas moléculas pertencem. Os diferentes compostos orgânicos são

⁴ Energia de ativação representa a mínima energia que os reagentes devem absorver para reagir.

caracterizados por um átomo ou grupo de átomos, responsável pelas propriedades físicas e químicas. Este átomo ou grupo de átomos é denominado de grupo funcional.

Para Solomons, A (1996), o conhecimento do grupo funcional é de grande importância, pois é nele que ocorre a maioria das reações químicas. Tal conhecimento é fundamental para entender o comportamento de uma molécula orgânica. O Quadro 2 apresenta alguns exemplos de funções orgânicas com seus respectivos grupos funcionais.

FUNÇÃO ORGÂNICA	GRUPO FUNCIONAL
Álcool	R – OH em que a hidroxila ou oxidrila (- OH) está ligada diretamente em um carbono saturado.
Haleto orgânico	R – X em que X = halogênio e R pode ser qualquer radical orgânico (radical livre com elétron desemparelhado no carbono).
Éter	R – O – R o oxigênio é um átomo diferente de carbono (heteroátomo) localizado entre dois radicais orgânicos.
Amina	R – NH ₂ R = radical orgânico.
Aldeído	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\ \backslash \\ \text{H} \end{array}$ R = Radical orgânico ou hidrogênio.
Cetona	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{R} \end{array}$ R = Radicais orgânicos iguais ou diferentes.
Ácido carboxílico	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$ R = Radical orgânico ou hidrogênio.

Quadro 2: Exemplos de algumas funções orgânicas e seus grupos funcionais.
Fonte: Quadro adaptado, Solomons, B (2002).

Da mesma os compostos inorgânicos apresentam uma organização para a identificação, os compostos inorgânicos são caracterizados por propriedades. Estas

propriedades ajudam na melhor compreensão de alguns processos cotidianos, por exemplo: neutralização de substâncias ácidas ou básicas.

Para isto, é necessário reconhecer as diferentes funções inorgânicas. O Quadro 3, mostra estas funções bem como o reconhecimento.

FUNÇÃO INORGÂNICA	RECONHECIMENTO
Ácidos	Apresentam hidrogênio no início da fórmula. Exemplos: HCl, H ₂ SO ₄ , HNO ₃ e H ₃ PO ₄
Bases	Apresentam hidroxila (- OH) ligado a um cátion metálico ou grupo amônio (NH ₄ ⁺). Exemplos: NaOH, Ca(OH) ₂ e Al(OH) ₃
Sais	Resultam da reação entre um ácido e uma base (reação de neutralização). Apresentam na estrutura o cátion da base e o ânion do ácido. Exemplo: HCl + NaOH → Na ⁺ Cl ⁻ + H ₂ O
Óxidos	São compostos formados por dois elementos químicos, no qual o oxigênio é o de maior eletronegatividade. Exemplos: Na ₂ O, H ₂ O e CaO

Quadro 3: Funções inorgânicas e reconhecimento.

Fonte: Adaptado, Feltre, A (2008), Usberco e Salvador, A (2011) e Reis, A (2014).

1.3 REFERENCIAL TEÓRICO

É possível verificar que os livros didáticos de Química para o EM, quando apresentam uma abordagem relacionada à temática ambiental, desprezam o conhecimento existente na estrutura cognitiva do aluno. Sendo verificado que às ideias prévias e às experiências sociais dos estudantes não são consideradas como problematização.

Com isso o aluno passa a ser apenas um receptor do conhecimento, de maneira que os conceitos científicos cheguem até ele muitas vezes desconectados do contexto de sua realidade. De acordo com Schnetzler e Santos (2003) os materiais didáticos e aulas expositivas, na maioria das escolas de EM de nosso país,

adotam uma postura de completude, ou seja, crer que apenas o que está sendo trabalhado é suficiente para o aluno resolver as situações problemas que aparecem.

Tal postura não é natural aos processos científicos, já que um modelo ou teoria pode vir a ser temporal, ocultando a ideia de que a ciência também é passível de transformações. Rodrigues (2010) reforça este argumentando, de que a ciência é um conhecimento humano e está vinculado a uma época, é fruto de um momento histórico e possui suas limitações, tanto que teorias bem sucedidas em um dado momento podem ser substituídas por outras.

Em face destes fatores, optamos por realizar o desenvolvimento de uma proposta de trabalho em que os conteúdos de Química do EM, através das temáticas ambientais venham ao encontro da aprendizagem significativa de Ausubel, necessitando fazer algum sentido para o aluno. Neste processo a informação deverá interagir nos conceitos relevantes já existentes em sua estrutura cognitiva.

1.3.1 Aprendizagem com significado segundo Ausubel

David Ausubel é um psicólogo cognitivista⁵, desenvolveu a sua teoria buscando compreender os processos de aprendizagem. Sua teoria defende que a aprendizagem está subordinada a um esforço do aluno em ligar seus novos conhecimentos aos seus conhecimentos anteriores.

Em seus estudos, procurou demonstrar que o desenvolvimento da inteligência se relaciona de forma direta com os processos mentais, ou seja, ao processamento da informação de forma ativa e organizada em sua estrutura cognitiva (BESSA, 2008). Para que o trabalho em sala de aula seja proveitoso ao aluno, ele deve ligar os novos conhecimentos aos conhecimentos anteriores já presentes em suas estruturas mentais.

Para Ausubel a aprendizagem se torna mais efetiva no momento em que este novo conhecimento é incorporado ao conhecimento já existente no aluno, pois passará a ter significado para o mesmo (PELIZZARI et al, 2002). Também há em sua teoria uma relação entre os novos conceitos e os previamente conhecidos, em

⁵ Cognitivism: Sistema em que o sujeito adquire conhecimento através das experiências vividas em sociedade ou em instituições de ensino

que os novos conceitos são acomodados nas funções cognitivas dos alunos alterando o conhecimento anterior.

Esta relação é fundamental para o conceito de ancoragem (BESSA, 2008) que é o processo responsável por ligar novos conceitos aos já adquiridos. Para que isto ocorra, é importante a utilização de organizadores prévios, que ancoram a nova aprendizagem através do conhecimento subsunçor⁶ buscando uma maior interação entre os conhecimentos. Estes organizadores, nada mais são do que elementos facilitadores usados pelo professor, como uma introdução explanatória sobre um assunto.

Em seu livro “Aquisição e Redenção do Conhecimento: Uma perspectiva Cognitiva”, Ausubel (2003) descreve que somente se dará a verdadeira compreensão de conceitos e preposições por meio de duas condições essenciais: um material didático desenvolvido de forma a ter um significado claro e útil ao cotidiano do aluno juntamente com uma disposição por parte do aluno para realmente querer aprender. Os professores no momento em que tiverem um material atrativo associado à vontade do aluno de aprender tem todas as condições para gerar uma aprendizagem significativa.

1.4 JUSTIFICATIVAS

Mesmo existindo várias informações divulgadas nos meios de comunicação, o ensino da temática ambiental no Brasil ainda é muito deficiente. De acordo com Rocha (2001), a EA desde 1970 tem sido muito discutida e comentada, entretanto nenhuma medida concreta é tomada e a população é exposta cada vez mais a todos os tipos de poluições: esgoto a céu aberto, tratamento indevido com o lixo, o qual gera a proliferação de animais que são vetores de doenças, destruição da fauna e flora, todavia a comunidade de forma geral, não sabe “o que fazer” e “como fazer” para evitar ou até mesmo minimizar estes problemas.

Como mencionado anteriormente a EA no Brasil é trabalhada como um tema transversal, e por muitas vezes fica em segundo plano diante de outros conteúdos da grade curricular. Um fato que colabora muito para este cenário atual, segundo

⁶ Conhecimento subsunçor: conhecimento anterior que é acionado para agir no agenciamento de novas aprendizagens.

Farnesi e Melo (2002) é que os professores não se sentem preparados para atuar como educadores ambientais. Isto é atribuído a uma falha nas universidades quanto à formação de professores de EB, EF e EM. Esta hipótese é compartilhada por De Souza (2012), que considera os saberes e conhecimentos recebidos no meio acadêmico, fragmentados o que causam inseguranças e dificuldades ao docente.

Em face disto o professor fica incapacitado diante da prática de uma EA não tradicional (FURTADO, 2009), por isso a necessidade da inserção da EA nos cursos de licenciaturas das áreas de Ciências Naturais. Pires e Francischett (2014) concluem que a EA está presente na escola através de documentos oficiais que exigem formalmente a sua presença e por influência da mídia, também por alguns poucos docentes que apresentam a preocupação em inserir em suas aulas a temática ambiental.

Outro ponto que mostra a importância da inserção da temática ambiental no EB está no fato de conscientização da população, de que atitudes que venham a causar danos ambientais são passíveis de punição, amparadas pela Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, da política Nacional do Meio Ambiente, artigo 14 primeiro parágrafo:

“Sem obstar a aplicação das penalidades previstas neste artigo, é o poluidor obrigado, independente a existência de culpa, a indenizar ou reparar os danos causados ao meio ambiente e a terceiros, afetados por sua atividade. O Ministério Público da União e dos Estados terá legitimidade para propor ação de responsabilidade civil e criminal, por danos causados ao meio ambiente”. (BRASIL, 1981).

Esta lei retrata a importância do conhecimento sobre EA, tanto para a sociedade como os gestores de indústrias. Uma das ideologias da EA é a formação do cidadão, do senso crítico, de atitudes conscientes que se revertam em ações ambientalmente apropriadas (CARVALHO, 2006).

A sala de aula é o local ideal para iniciar estas mudanças, para isso é necessário que o aluno tenha real conhecimento dos problemas ambientais que o cercam. Deixe de ser um analfabeto ambiental e tenha noções básicas do que acontece e a razão que levou a tal acontecimento, que tenha base para discutir e argumentar sobre o que fazer. Uma dos objetivos da EA é formar cidadãos cientes de suas ações, sendo a escola o lugar ideal para esta prática (LIMA, 2004).

Através da EA o professor tem a possibilidade de desempenhar o verdadeiro papel de educador, da mediação de preceitos morais e éticos que os alunos trazem

como consequência da própria vivência. A possibilidade de estimular discussões acerca das consequências das transformações que estão ocorrendo no meio ambiente por meio da bioética (CASSOL e QUINTANA, 2012).

A EA tem também como objetivo discutir mudanças de atitudes da sociedade, tais como: estimular o consumo ético, responsável, e a prática de um desenvolvimento sustentável. A temática ambiental promove também a inserção da interdisciplinaridade, amparada nos PCNs, em que o professor tem o desafio de realizar um trabalho integrado as outras formas de conhecimento, aperfeiçoando sua prática pedagógica. Tal prática torna o professor mais integrado à realidade social e não apenas restrito a sua esfera de conhecimentos específicos.

1.5 OBJETIVO E QUESTÕES DE PESQUISA

A ideia da construção dos MD tendo como enfoque metodológico a temática ambiental surgiu a partir do trabalho de Carpes (2011) que em sua tese de doutorado pontuou alguns itens em que existem dúvidas sobre EA. Destes foram selecionados: (i) uso de clorofluorcarbonetos e destruição da camada de ozônio; (ii) efeito estufa e aquecimento global; (iii) chuva ácida e (iv) água: poluição e tratamento.

Para alcançar tal intento, o presente trabalho tem como objetivo, a elaboração de MD, com formato digital, que abordem a temática ambiental e suas aplicações no Ensino de Química, para professores do EM, por meio do estudo de ligações químicas, geometria molecular, características e reações de funções inorgânicas e orgânicas.

Para que este objetivo fosse satisfatoriamente atingido foram definidos os objetivos específicos abaixo citados:

- i. Analisar os livros de Química do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD).
- ii. Elaborar material didático em temáticas ambientais, voltado ao EM, que forneça aos professores de Química, textos que demonstrem o que as autoridades e comunidade científica estão fazendo para minimizar estes problemas.
- iii. Introduzir, por meios de textos expositivos, ilustrações e fotos, organizados para que possam ser usados como referencial teórico para professores do EM sobre temáticas ambientais.
- iv. Avaliar a aceitação dos MD pelos professores.

v. Analisar a aplicabilidade dos MD pelos professores nas aulas de Química para alunos do EM.

Uma vez definidos os objetivos nos deparamos com o seguinte problema de pesquisa:

Como produzir MD que compreendam textos expositivos, os quais possibilitem aos professores de Química do EM reflexões acerca da temática ambiental e sua aplicação em sala de aula e que, ao mesmo tempo, permitam a abordagem e estudo de conhecimentos químicos obrigatórios da grade curricular?

Tal problema é acompanhado das seguintes questões de pesquisa:

- i. De que forma fazer a relação entre os assuntos de temáticas ambientais por meio de MD, utilizando uma linguagem acessível sem perder o caráter científico?
- ii. De que forma os professores de Química do EM, poderão avaliar a eficiência dos MD como referencial teórico básico?

Os objetivos descritos, o problema de pesquisa citado e as questões de pesquisas apresentadas nortearam a estrutura e construção dos MD que serão apresentados nos próximos capítulos.

2. METODOLOGIA

A temática ambiental apresenta grande enfoque nos meios de comunicação, a problemática ambiental gera muitas preocupações tanto quanto a qualidade de vida das pessoas quanto à escassez de recursos naturais. A EA surge como uma forma de conscientizar e sensibilizar a sociedade, com o objetivo de gerar mudanças de atitudes.

O ensino formal é o local ideal para a aplicação de conhecimentos sobre questões ambientais, no entanto, a escola deixa seus aspectos da formação de cidadãos críticos para dar espaço a treinamento para concursos, preocupando-se com resultados sem qualquer tipo de análise do conteúdo. Isto se comprova pela escolha do material de apoio escolhido pelos professores de EM, onde a escolha é fundamentada na quantidade de exercícios e esquemas ao invés da ciência existente no cotidiano.

A proposta deste trabalho diverge com as observações supracitadas, pois tem o intuito de analisar uma forma de abordar a temática ambiental em sala de aula, inseridas no ensino de Química, através do conhecimento prévio dos conteúdos da grade curricular. Para cumprir este intento foram elaborados MD descritos no produto educacional.

2.1 LIVROS DO PNLD

O livro didático (LD), atualmente é uma ferramenta de grande importância dentro das escolas, pois apresenta o conteúdo de uma forma ordenada pelo grau de complexidade, seguindo um critério do autor. Nas escolas a utilização do LD deve ser feita de forma planejada e discutida entre docentes, pois o LD apresenta um caráter pedagógico, sendo um instrumento para o professor.

A escolha deste LD deve ser feita de em consenso com o que se espera em termos de conteúdo teórico, pois a maior parte dos alunos terá contato apenas com o LD no que refere aos assuntos da grade curricular, embora o professor possa fazer uso de outros materiais complementares como: revistas, filmes, etc.

Para auxiliar as escolas federais e estaduais, o governo federal, lança o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), o LD é de escolha dos professores das escolas cadastradas, e são alterados a cada 3 anos. A definição dos LD que farão

parte deste triênio, leva em consideração alguns fatores que estão especificados no GUIA DO LIVRO DIDÁTICO⁷ disponibilizado online através do sítio eletrônico do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE).

A partir deste guia, o docente pode acessar as informações sobre os LD disponibilizados pelo programa, ler resenhas e verificar o sumário. No momento em que a escolha é realizada, a escola recebe os LD que irão atuar no período de 3 anos. De acordo com Mantovani (2009), a reutilização do LD resulta na abolição do livro descartável, ou seja, durante o ano letivo o aluno é responsável pelos cuidados de seu livro, tendo que devolver ao final do ano letivo, para que possa ser reutilizado por outro aluno.

Na disciplina de Química foram disponibilizados cinco títulos, referentes ao triênio 2012 – 2014, um destes títulos deve ser escolhido pelo professor, para servir de LD no decorrer do ano letivo. Os livros de Química do PNLD do triênio 2012 – 2014 estão ilustrados no Quadro 4.

LD	Título	Autor(es)	Editora
1	Química na Abordagem do Cotidiano.	Eduardo Leite do Canto e Francisco Miragaia Peruzzo	Moderna 4ª edição, 2010
2	Química - Meio ambiente - Cidadania - Tecnologia	Martha Reis	FTD 1ª edição, 2010
3	Química	Andréa Horta Machado e Eduardo Fleury Mortimer	Scipione 1ª edição, 2011
4	Química Para a Nova Geração - Química Cidadã	Wildson Santos e Gerson Mól (Coordenadores)	Nova Geração 1ª edição, 2010
5	Ser Protagonista – Química	Júlio César Foschini Lisboa	Edições SM 1ª edição, 2010

Quadro 4: Livros do PNLD – triênio 2012 – 2014.

Através de uma análise realizada pelo pesquisador (mostrada no capítulo 3), constatou-se que os livros disponibilizados pelo programa sobre a temática ambiental, embora explanem o tema, ainda possuem falta de melhores aprofundamentos e resoluções que venham a auxiliar o professor na preparação de suas aulas. O pesquisador enquanto professor de Química há 15 anos, sempre

⁷ Sítio eletrônico: <http://www.fnnde.gov.br/programas/livro-didatico/guia-do-livro/item/2988-guia-pnld-2012-ensino-m%C3%A9dio>

sentiu a necessidade de um apoio didático mais completo sobre conhecimentos ambientais.

2.2 DESCRREVENDO O PÚBLICO ALVO

A pesquisa foi realizada com professores de Química que trabalham no EM com o objetivo de verificar a qualidade e aplicabilidade do material didático. O conhecimento adquirido pelo produto educacional da pesquisa por parte do público alvo poderá beneficiar sua prática pedagógica.

2.2.1 Público alvo da pesquisa

Os MD foram desenvolvidos e submetidos à análise de professores de Química que atuam no EM da cidade de Santa Maria e Porto Alegre no Rio Grande do Sul. A amostra que participou foi de quatorze professores, destes:

- oito professores de escolas federais, entre eles seis professores de três escolas de Santa Maria e dois professores de uma escola de Porto Alegre;
- quatro professores de duas escolas estaduais e dois professores de escolas privadas, ambas de Santa Maria.

Estas escolas foram escolhidas a partir dos seguintes critérios propostos pelo pesquisador:

(i) as escolas federais são consideradas pela sociedade, escolas que apresentam boa qualidade de ensino, fato comprovado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas (INEP⁸) através das notas obtidas no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) no período de 2009 até 2012.

(ii) das escolas estaduais e privadas, todas apresentam, em suas instalações, laboratório de Química equipado com reagentes, vidrarias e aparelhos para realização de técnicas propostas. As escolas oferecem também biblioteca com acervo de LD diversificado.

Todas as escolas participantes e oferecem aos alunos atividades de apoio pedagógico no contra turno. O professor mais experiente participante da pesquisa

⁸ Sítio eletrônico: <http://inep.gov.br/enemMediaEscola/>

tem trinta e dois anos de sala de aula e o menos experiente tem três anos de docência.

Nas escolas particulares, de acordo com a direção escolar, a escolha do docente é realizada através de entrevista seguida da apresentação de uma aula com tema pré-definido em sorteio.

2.3 O PRODUTO EDUCACIONAL COMO PESQUISA DOCENTE

O produto educacional desenvolvido pelo pesquisador a partir de seu trabalho de pesquisa é composto por MD abordando a temática EA. Os MD foram desenvolvidos de acordo com a seguinte sequência:

(i) Objetivo no qual é passado ao professor à importância do assunto e como ele será abordado dentro do módulo.

(ii) Utilização - É sugerido ao docente o momento do Ensino Médio em que se pode trabalhar o tema, com base em conhecimentos compatíveis com a série.

Portanto o produto educacional é dividido em módulos em que cada um deles define primeiramente o efeito ambiental, seu significado e a forma com que deve ser tratado.

2.3.1 Módulos didáticos

O material didático teve o objetivo básico de contribuir para a apresentação da temática ambiental, através da inserção de conteúdos básicos de Química. Para que o professor ao trabalhar tais temáticas, possa proporcionar aos alunos uma melhor compreensão.

Para alcançar este objetivo, os MD possuem uma organização com uma abordagem diversificada a respeito de um determinado tema, mostrando os principais assuntos de Química que podem ser trabalhados na temática ambiental e de que forma a sociedade científica pode minimizar o problema. Os MD foram organizados com a intenção de serem utilizados por professores de Química no EM, fazendo com que intensifiquem seus conhecimentos a respeito de temas que envolvem a EA.

Os MD podem ser utilizados por todo o EB e também contemplam conteúdos de Física, Biologia e Geografia. Dentro da construção deste material didático,

citamos analogias, experimentos (quando possível) e listas de exercícios com gabarito comentado.

2.3.1.1 Conteúdo pré-requisito

Os MD apresentam antes da inserção do tema ambiental, assuntos de Química que fazem parte da grade curricular, que irão auxiliar os alunos a realizarem as conexões com o assunto que segue. Estes conteúdos também têm por objetivo propor ao professor outra forma de abordagem, com ilustrações, esquemas práticos de fácil compreensão para os discentes.

2.3.1.2 Experimentações

Um dos grandes desafios dos educadores de Ciências, nas escolas de nível fundamental e médio é construir uma ligação entre o conhecimento ensinado e o cotidiano do aluno. Segundo Valadares (2001) esta ausência de ligação, gera apatia e distanciamento entre professores e alunos.

O uso de experimentos surge como uma forma de propiciar aos estudantes um melhor entendimento sobre conteúdo trabalhado. Oliveira (2010) destaca algumas vantagens para o uso de experimentos em sala de aula:

(i) Motivar e despertar o interesse dos alunos, principalmente os mais dispersos, através do envolvimento deste estudante na atividade para servir de estímulo a querer compreender o conteúdo trabalhado.

(ii) Desenvolver a capacidade de trabalhar em grupo, a experimentação é uma ótima ferramenta que o docente dispõe para viabilizar uma maior socialização, entre os discentes. Chrispino e Faria (2010, p.9) compactuam com esta ideia:

“O laboratório também é um local de convivência, de troca de ideias, de relacionamento e de discussão de conhecimento à luz de observações experimentais”.

(iii) Desenvolver a criatividade e a capacidade de observar e registrar informações.

(iv) Aprender conceitos científicos, no momento em que o experimento se torna um complemento da aula expositiva.

Entretanto é necessário um planejamento sobre a atividade, analisar os conceitos que serão trabalhados e o que será cobrado dos alunos após a atividade. A avaliação pode ser por meio de relatórios, apresentação dos resultados obtidos ou ainda uma prova escrita.

2.3.1.3 Exercícios propostos

A prática de um assunto teórico, trabalhado em sala de aula, pode ser desenvolvida através da realização de exercícios de fixação sobre o conteúdo. Esta atividade serve como reforço do tema abordado e também como uma revisão do assunto.

O professor ao disponibilizar esta prática, abre espaço para discussões sobre a melhor forma de resolução do exercício. Com isso o docente pode realizar uma análise mais diversificada, não se detendo apenas na resposta correta (caso as questões sejam objetivas), mas mostrando onde está o erro nas alternativas.

Nas questões discursivas, além do conteúdo pode ser desenvolvido um trabalho sobre a importância da escrita, no desenvolvimento do exercício, que o aluno deve justificar e não apenas colocar a resposta. Tal prática proporciona a interdisciplinaridade, ligando os assuntos de Química à redação de Português.

2.3.1.4 Módulo Didático: Efeito estufa e alterações climáticas

No módulo de Efeito estufa e alterações climáticas é tratado primeiramente o que é o efeito estufa, a diferença entre temperatura e calor e como o efeito ocorre. Como ocorre através da retenção da radiação infravermelha, logo, é descrito no módulo o que é a radiação infravermelha com os respectivos comprimentos de onda. Para compreender melhor como ocorre o efeito estufa, é feito um detalhamento de como ocorre à absorção deste tipo de radiação.

Na sequência é mostrado ações da comunidade científica para minimizar esse problema. Define-se Protocolo de Kyoto, mercado de carbono e o que representa o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Ao final do módulo são sugeridos

exercícios de vestibulares e do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) com o gabarito comentado.

2.3.1.5 Módulo Didático: Utilização de clorofluorcarbonos (CFC) e destruição da camada de ozônio

No módulo de Utilização de clorofluorcarbonos e destruição da camada de ozônio são mostrados os comprimentos de onda do ultravioleta, diferenciados pela subfaixas: UV-C, UV-B e UV-A, com os efeitos biológicos referentes a cada tipo de ultravioleta. É definido o que é a camada de ozônio, sua localização e importância, como ocorre a formação do ozônio na estratosfera e sua depleção através dos CFCs. No módulo são descritas as reações que geram o buraco na camada de ozônio na Antártida. São mostradas também algumas substâncias que estão sendo utilizadas como substitutas dos CFCs.

Neste módulo é explicado também a importância e a atuação dos filtros solares na absorção da radiação ultravioleta. Ao final do módulo são inseridas questões de vestibulares com gabarito comentado.

2.3.1.6 Módulo Didático: Chuva ácida

O módulo de chuva ácida inicia com as reações de óxidos ácidos com água, bem como a origem destes óxidos, justificando também que a chuva já é levemente ácida devido à reação do gás carbônico (CO_2) com água que leva a formação do ácido carbônico (H_2CO_3). Por essa razão a chuva apresenta um pH em torno de 5,6 e valores inferiores a 5,0 a chuva é considerada realmente ácida (DA ROCHA, 2001).

Os óxidos de nitrogênio e de enxofre, que também contribuem para a chuva ácida, são descritos no módulo, sendo explicado também que as reações que levam a formação destes óxidos no meio são devido à ação humana. O módulo relata os efeitos da chuva ácida para a sociedade. No final do MD, além de questões com gabarito comentado, são sugeridos dois experimentos para realização no laboratório da escola: um sobre óxido básico e o outro sobre a formação da chuva ácida.

2.3.1.7 Módulo Didático: Água- Poluição e tratamento

No módulo que trata dos problemas de poluição da água se define primeiramente a importância da água para a manutenção da vida a partir do ciclo da água, sendo citados e especificados os diferentes tipos de poluição que a água pode ter. A partir deste momento o módulo detalha o tratamento das águas para uso doméstico e dos esgotos para retorno a fonte. O MD ressalta também a importância para a saúde humana de uma água devidamente tratada.

A Companhia Riograndense de Saneamento Básico (CORSAN) foi a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) analisada, na cidade de Santa Maria – RS, no qual é descrita a sequência de tratamento com fotos do local para auxiliar na melhor compreensão e visualização dos processos. Ao final do módulo, além das questões com gabaritos comentados, são especificados quais são os parâmetros de qualidade da água de acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA).

Os quatro MD estão apresentados na íntegra pelos APÊNDICE A, B, C e D.

2.4 ANÁLISE DE CONTEÚDO

A verificação dos resultados obtidos pela pesquisa foi realizada através da perspectiva da Análise de Conteúdo (AC) de Laurence Bardin. A AC surgiu no início do século XX nos Estados Unidos, com o objetivo de trabalhar com materiais jornalísticos.

O grande impulso ocorreu entre 1940 e 1950, de 1950 até 1960 esta técnica passou a ser utilizada em diversas áreas (CAREGNATO e MUTTI, 2006). Para BARDIN (2011) a AC, representa um conjunto de técnicas de análise das comunicações com o objetivo de descrever o conteúdo presente em mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitem a inferência de conhecimentos relativos a produção e recepção destas mensagens.

A AC pode ser trabalhada a partir de duas formas: análise frequencial e por categorias. A frequencial consiste em verificar a ocorrência de uma mesma palavra ou característica que se repete no conteúdo do texto. Não ocorrendo a preocupação se tal palavra ou característica apresenta o mesmo sentido ou não, ou se aparenta diferentes significados em diferentes textos, esta análise termina com descrições numéricas a partir de tratamentos estatísticos.

Na análise por categorias, o analista tenta encontrar significações que são decodificadas por meio de indicadores⁹. A partir destas leituras partes do textos são agrupadas em unidades menores que são definidas como categorias temáticas. Segundo BARDIN (2011), para caracterizar os elementos é preciso analisar o que eles tem em comum, permitindo desta forma seu agrupamento.

O desenvolvimento da técnica da AC de acordo com a autora, é realizado em três momentos:

- **Pré-análise:** etapa existente na fase inicial, que envolve toda a organização que pode ser realizada a partir da leitura dos textos, denominada de *leitura flutuante*. Consiste em estabelecer contato com o material a ser analisado, verificar as primeiras impressões, aos poucos a leitura toma forma mais precisa, da construção das hipóteses e elaboração dos indicadores que irão fundamentar a análise. Os indicadores serão construídos em função das hipóteses, ou pode ocorrer o contrário, as hipóteses serão criadas em função de certos índices.
- **Exploração do material:** segundo momento em que o analista realiza a interpretação das informações contidas no texto. Se as organizações da pré-análise foram concluídas de forma conveniente, a fase de análise nada mais é do que a aplicação sistemática das decisões tomadas pelo pesquisador objetivando o processo de categorização.
- **Categorização:** etapa final do processo que é a codificação das informações para categorização. Consiste na classificação dos elementos de acordo com suas semelhanças e posterior agrupamento em função de características comuns.

⁹ Ideia, objetivo ou uma hipótese caso esteja determinada pelo pesquisador.

3. RESULTADOS

A partir da pesquisa sobre os MD como referência para professores de Química que atuam no EM, foram gerados dois artigos científicos. Estes artigos foram submetidos e aceitos para publicação.

O primeiro artigo, titulado: “Avaliação de Temas de Educação Ambiental nos Livros de Química do Plano Nacional do Livro Didático”, foi aceito pela Revista Monografias Ambientais REMOA/UFSM. Esta revista pertence ao Centro de Ciências Naturais e Exatas da Universidade Federal de Santa Maria.

O segundo artigo, titulado: “Módulos de Educação Ambiental para professores de Química do Ensino Médio”, foi aceito pela revista Vidya. Esta revista pertence ao Centro Universitário Franciscano (UNIFRA) localizado na cidade de Santa Maria, Rio Grande do Sul. As duas revistas apresentam qualis B3.

Os trabalhos supracitados estão apresentados a seguir.

3.1 ARTIGO DA REVISTA MONOGRAFIAS AMBIENTAIS *REMOA/UFSM*

AVALIAÇÃO DE TEMAS DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL NOS LIVROS DE QUÍMICA DO PLANO NACIONAL DO LIVRO DIDÁTICO (PNLD)

EDUARDO GIULIANI KOEHLER¹, MARTHA BOHRER ADAIME², MIGUEL ANTONIO CORREA FAVILA

RESUMO

A preocupação com questões ambientais, gera discussões nas diferentes esferas de ensino e nos meios de comunicação, os quais alertam constantemente para os problemas ambientais, mudanças climáticas e catástrofes. A Educação Ambiental (EA) deve ser trabalhada no Ensino Médio como um tema transversal contribuindo para que o estudante tenha uma maior compreensão sobre problemas ambientais tão difundidos no cotidiano atual. Dessa forma, este trabalho teve o objetivo de avaliar os livros didáticos de Química indicados pelo Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) do triênio 2012-2014, em relação à temática de EA e a sua pertinência no Ensino Médio. Os assuntos avaliados foram: (i) uso de clorofluorcarbonetos e camada de ozônio; (ii) efeito estufa e aquecimento global; (iii) chuva ácida e água: poluição e tratamento. Foram criadas três categorias de análise com o objetivo de direcionar a pesquisa nos pontos relevantes para o conhecimento químico a ser trabalhado em sala de aula. As três categorias são: (i) explicação teórica do assunto; (ii) compreensão do assunto e (iii) exercícios propostos. De acordo com a análise, observou-se que os livros de Química do PNLD se mostram adequados para a práticas de tais temáticas quando trabalhadas na sala de aula relacionadas aos conteúdos de Química.

Palavras-chave: Educação Ambiental, Análise de Livros Didáticos, Livros PNLD.

EVALUATION OF ENVIRONMENTAL EDUCATION THEMES IN CHEMISTRY BOOKS OF THE TEXTBOOK NATIONAL PLAN (PNLD)

ABSTRACT

The concern about environmental issues has generated discussions in different teaching levels and also on the media, which constantly alert for the environmental problems, climate change and catastrophies. Environmental Education (EE) must be worked with in high school as a transversal theme, helping the student to have a broader comprehension about the environmental problems which have been so much discussed nowadays. Thus, this work aims to evaluate the chemistry textbooks suggested by the Textbook National Plan (PNLD) of the period 2012-2014, in terms of the Environmental Education theme and its appropriateness in high school. The subjects evaluated were the following: (i) use of chlorofluorocarbons and ozone layer; (ii) greenhouse effect and global warming; (iii) acid rain and water: pollution and treatment. Three categories of analysis were devised, aiming to guide the research in the most relevant aspects for the chemistry knowledge to be studied in classroom. The three categories are: (i) theoretical explanation of the subject; (ii) comprehension of the subject and (iii) exercises suggested. According to the analysis, it was observed that the chemistry PNLD textbooks are adequate for the practice of such themes when studied in classroom in relation to the chemistry contents.

Keywords: Environmental Education, Textbooks Analysis, PNLD books.

1. INTRODUÇÃO

O livro didático (LD), atualmente é uma ferramenta de grande importância dentro das escolas, pois apresenta o conteúdo de uma forma ordenada pelo grau de complexidade, seguindo um critério do autor. Nas escolas a utilização do LD deve ser feita de forma planejada e discutida entre docentes, pois o LD apresenta um caráter pedagógico, sendo um instrumento para o professor (MIRANDA e LUCA, 2004), apresenta o conhecimento tanto para quem ensina, quanto para quem aprende, não é completo e não contém todas as respostas e o conteúdo apresentado serve para direcionar o trabalho do docente. O trabalho docente com base no LD apresenta importância diferenciada de acordo com o lugar, as condições e situações com que é produzido (FRIZON et al, 2009) ou seja, a escolha deve levar em consideração a abordagem dos assuntos, bem como a linguagem utilizada pelo autor, se esta é compatível com o nível dos discentes. Este fato se confirma ainda mais com base nos Parâmetros Curriculares Nacionais os PCNs, em que há a recomendação de que o professor utilize em sala de aula além do livro didático, materiais diversificados (jornais, revistas, computadores, filmes, etc), como fontes de informação, de forma a ampliar o tratamento dado aos conteúdos e fazer com que o aluno sintase inserido no mundo à sua volta. A importância desta escolha, também está fundamentada no fato de que para muitos brasileiros, o LD é o primeiro livro, que abre caminho para o gosto pela leitura e para o aprendizado (EDUCAÇÃO NA MÍDIA, 2013). Embora atualmente existam outras formas de acesso ao conteúdo teórico, decorrentes dos avanços tecnológicos, entre eles: mapas, enciclopédias, audiovisuais, softwares didáticos, CD-ROM, Internet, dentre outros, ainda assim o LD continua ocupando um papel central (RODRIGUES & FREITAS, 2008), se tornando para o aluno um dos elementos determinantes de sua relação e interação com a disciplina. Existem no Brasil, programas do governo federal para auxiliar as escolas na obtenção de LD, o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) criado a partir do decreto n. 91.542, de 19 de agosto de 1985, que propõe a indicação do livro didático pelo professor e a reutilização do livro, resultando na abolição do livro descartável (MANTOVANI, 2009). Esta escolha é realizada a partir do GUIA DO LIVRO DIDÁTICO, com o qual os professores podem selecionar os livros para serem trabalhados em um período de três anos (MAIA et al, 2009). A importância de se fazer uma análise eficiente é fundamental, pois de acordo com Cursino, et al (2008) :“a questão dos livros didáticos para o ensino de Química constitui uma preocupação constante de pesquisa, sendo que alguns estudos mostram como um processo acrítico repetitivo leva à transmissão de muitos erros conceituais de livros, deles para os professores e desses para os alunos”.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

De acordo com o Guia do Livro Didático das 19 coleções inscritas para o programa, apenas 5 foram classificadas e distribuídas nas escolas cadastradas a partir de 2012, que para melhor análise sobre os temas de Educação Ambiental (EA) , serão caracterizadas como A, B, C, D e E, ilustradas no Quadro 1.

Quadro 1: Livros do PNL D – triênio 2012 – 2014.

LD	Título	Autor(es)	Editora
A	Química na Abordagem do Cotidiano.	Eduardo Leite do Canto e Francisco Miragaia Peruzzo	Moderna 4ª edição, 2010
B	Química - Meio ambiente - Cidadania - Tecnologia	Martha Reis	FTD 1ª edição, 2010
C	Química	Andréa Horta Machado e Eduardo Fleury Mortimer	Scipione 1ª edição, 2011
D	Química Para a Nova Geração - Química Cidadã	Wildson Santos e Gerson Mól (Coordenadores)	Nova Geração 1ª edição, 2010
E	Ser Protagonista – Química	Júlio César Foschini Lisboa	Edições SM 1ª edição, 2010

A temática ambiental surge a partir de uma reflexão social de um meio cada vez mais degradado (JACOBI, 2003) tanto que a UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura) desde 1973, destaca a importância de pesquisas que venham a contribuir com o melhor planejamento sobre o meio ambiente. Embora amparada em leis que convergem para a prática ambiental nas escolas, muitas vezes, ocorre o contrário, educandos e professores ficam restritos aos conteúdos programáticos deixando assuntos ambientais em segundo plano (CUBA, 2010). Diante do exposto, a presente pesquisa objetivou identificar como alguns temas de EA são abordados nos livros do PNL D. O presente trabalho investigou se os assuntos: (i) utilização de clorofluorcarbonos (CFCs) e destruição da camada de ozônio; (ii) aquecimento global e efeito estufa; (iii) chuva ácida e (iv) água: poluição e tratamento atendem de forma satisfatória, ou seja, se irão na melhor compreensão destes assuntos. A escolha destes itens se justifica pelos conhecimentos químicos que eles envolvem bem como a quantidade de questões que aparecem em concursos públicos e no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). A elaboração do roteiro de análise foi à ficha de avaliação do GUIA DO LIVRO DIDÁTICO e a pesquisa seguiu referencial teórico de Bardin (2011) em que são criados pelo pesquisador, determinados parâmetros definidos como indicadores, que apresentam o objetivo de direcionar as ideias que serão analisadas. A partir destes indicadores, surgiram três categorias de análise que estão representadas no Quadro 2.

Quadro 2: Indicadores dos LDs associados à categoria de análise.

Indicadores	Categorias de análise
Apresenta o conteúdo de uma forma objetiva?	Explicação teórica do assunto
Mostra a origem do problema?	
Propõe exemplos, experimentos ou textos explicativos?	Compreensão do assunto
Apresenta o que está sendo feito para resolver ou minimizar o problema?	
Determina as principais consequências para a sociedade?	
O livro apresenta questões pertinentes com o conteúdo apresentado?	Exercícios propostos
Com base no conteúdo tratado no livro, o aluno terá condições de resolver os exercícios propostos pelo autor?	

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o objetivo de averiguar sobre a abordagem dos assuntos ambientais nos livros do PNLD, foi realizada uma análise de cada livro em frente às categorias. Para organizar os resultados o pesquisador utilizou legendas que aparecem nos Quadros 3, 4, 5, 6 e 7.

Quadro 3: Análise do Livro A

	Livro A			
Categoria	Utilização de clorofluorcarbonos (CFCs) e destruição da camada de ozônio.	Aquecimento global/ Efeito estufa	Chuva ácida	Água: Poluição e tratamento
Explicação teórica do assunto	AT	AT	AT	AP
Compreensão do assunto	AP	AP	AP	AP
Exercícios propostos	NA	AP	NA	NA

Legendas: AT = Atende Totalmente, AP = Atende Parcialmente, NA = Não Atende.

Quadro 4: Análise do Livro B

	Livro B			
Categoria	Utilização de clorofluorcarbonos (CFCs) e destruição da camada de ozônio	Aquecimento global/ Efeito estufa	Chuva ácida	Água: Poluição e tratamento
Explicação teórica do assunto	AT	AT	AT	AT
Compreensão do assunto	AP	AP	AT	AP
Exercícios propostos	NA	NA	AP	AP

Legendas: AT = Atende Totalmente, AP = Atende Parcialmente, NA = Não Atende.

Quadro 5: Análise do Livro C

	Livro C			
Categoria	Utilização de clorofluorcarbonos (CFCs) e destruição da camada de ozônio.	Aquecimento global/ Efeito estufa	Chuva ácida	Água: Poluição e tratamento
Explicação teórica do assunto	AT	AT	AP	AT
Compreensão do assunto	AP	AT	NA	AT
Exercícios propostos	AP	AP	NA	AP

Legendas: AT = Atende Totalmente, AP = Atende Parcialmente, NA = Não Atende.

Quadro 6: Análise do Livro D

	Livro D			
Categoria	Utilização de clorofluorcarbonos (CFCs) e destruição da camada de ozônio	Aquecimento global/ Efeito estufa	Chuva ácida	Água: Poluição e tratamento
Explicação teórica do assunto	AT	AT	AT	AT
Compreensão do assunto	AP	AP	AP	AT
Exercícios propostos	AP	AP	NA	AP

Legendas: AT = Atende Totalmente, AP = Atende Parcialmente, NA = Não Atende.

Quadro 7: Análise do Livro E

	Livro E			
Categoria	Utilização de clorofluorcarbonos (CFCs) e destruição da camada de ozônio	Aquecimento global/ Efeito estufa	Chuva ácida	Água: Poluição e tratamento
Explicação teórica do assunto	AT	AT	AT	AT
Compreensão do assunto	AP	AP	AP	AT
Exercícios propostos	NA	NA	NA	AP

Legendas: AT = Atende Totalmente, AP = Atende Parcialmente, NA = Não Atende.

De forma geral a análise mostra que os LDs apresentam uma sequência didática sobre os assuntos, desde a inserção do tema de acordo com o volume destinado à série do Ensino Médio. Por essa razão na categoria que analisa a explicação teórica do assunto, foram considerados satisfatórios e atendem totalmente à explicação tanto para o professor, quanto para o aluno. O livro C foi o único considerado nesta categoria como AP, no tema chuva ácida, pois as abordagens ao tema foram mais direcionadas ao aquecimento global do que à chuva ácida. O livro A recebe a mesma caracterização no tema água: poluição e tratamento, por não fazer uma relação dos processos físicos de separação aos processos de tratamento de águas como os outros fazem, importante relação por mostrar uma aplicação em algo tão importante para a vida que é a água.

De forma geral, os autores iniciam mostrando o fenômeno e fazendo uso de reações químicas para ilustrar a teoria, a diferença está no aprofundamento e nos meios escolhidos para iniciar a explanação sobre o tema.

Neste ponto os livros B, C e D, mostram diferentes formas de iniciar a abordagem, através do uso de reportagens de sites, jornais ou revistas na introdução do assunto, apresentando uma problematização que pode ser utilizada pelo docente como uma forma de despertar o interesse dos alunos. Na categoria compreensão do assunto, as diferenças quanto ao aprofundamento se tornam mais visíveis, pois os livros citam os problemas ambientais para a sociedade, por exemplo, sobre uso de CFC e destruição da camada de ozônio, todos falam que a radiação causa problemas à saúde humana, entretanto não especificam o que é a radiação ultravioleta. O único que sugere as diferenças entre estas radiações é o livro D, definindo o que é UV-A, UV-B e UV-C. Sobre substitutos aos CFCs, os que citam não justificam. O livro B, no tema chuva ácida, apresentou um diferencial em relação aos outros, na compreensão do assunto, por ir além das citações sobre os problemas gerados pela chuva ácida, mostrou as reações que ocorrem além de figuras ilustrativas, ao contrário do livro C, que em chuva ácida não apresenta nada além do básico inicial, origem e o que é o problema. Em contra partida o mesmo livro atende totalmente aos temas aquecimento global e água, sobre aquecimento global, é considerado o mais completo, além de apresentar analogias para visualização do efeito, busca mostrar justificativas para a razão pela qual uma molécula apresenta um potencial de aquecimento global. Relaciona as radiações infravermelhas com o cotidiano, e mostra como o ciclo do carbono pode interferir neste processo. No tema água: poluição e tratamento o livro C, livro D e o livro E, foram melhores classificados, por relacionar os processos de separação de misturas aos processos de tratamento de águas, apresentando sugestões de experimentos ao docente, embora a parte de tratamento de esgotos

seja mostrada de forma superficial em comparação ao tratamento que ocorre nas estações de tratamento de águas (ETA) para o consumo doméstico.

A categoria que apresentou maiores diferenças foi a de exercícios propostos onde os LDs que receberam a classificação NA, não apresentam questões que colaboram para um reforço do conteúdo trabalhado, pelo fato de que estão mais associadas a conteúdos pré-requisitos como, por exemplo: funções inorgânicas, processos físicos de separação de misturas do que ao problema ambiental.

Os que apresentaram a legenda AP apresentam questões que englobam o problema, embora em pequena quantidade. O livro D, sugere a resolução de questões discursivas através da denominação: PENSE, DEBATA, ENTENDA, além de realizar uma retomada de conceitos, propõe questões que sugerem a possibilidade de discussões sobre o tema.

3. CONCLUSÕES

Com base na análise realizada nos livros didáticos do PNLD, para assuntos da temática ambiental, observamos que existe uma preocupação por parte dos autores em inserir nas suas obras estes assuntos, embora alguns livros não apresentem uma abordagem completa em um determinado assunto, compensando mais em outro. Isto é compreensível, já que as obras são destinadas ao Ensino Médio, no qual o conteúdo deve ser abordado de uma forma objetiva e nenhum livro é totalmente completo em todos os conteúdos, mesmo quando classificado com a legenda AT. Esta denominação indica que o livro na visão do pesquisador atende de forma satisfatória, pode apresentar alguns pontos incompletos, entretanto estes podem ser mediados pelo professor, não prejudicarão o todo. Logo dos 5 livros disponibilizados pelo PNLD qualquer um atende ao professor, entretanto é importante salientar que a escolha dele levar em consideração a postura do docente. Se o professor tem maior interesse em carga de conteúdo teórico, os livros A e E são mais indicados, por apresentarem uma abordagem mais centrada nas teorias. Os livros C e B, apresentam um enfoque mais dinâmico, com muitos textos que incitam uma discussão, e por isso são mais indicados a professores que buscam uma maior interação com os discentes frente ao tema, para discutir e complementar ideias. O livro D, tem um enfoque mais voltado para a cidadania, onde as temáticas são amparadas por reflexões que convergem para o cotidiano dos alunos. É importante salientar que alguns assuntos que são pré-requisitos muitas vezes não estão no volume destinado à série (por exemplo, o livro A apresenta no volume 2, destinado ao 2º ano do Ensino Médio a reação do clorofluorcarboneto com o ozônio, embora clorofluorcarboneto, seja conteúdo do 3º ano do Ensino Médio), por isso é fundamental a presença do professor para a contextualização dos temas, e para que o conhecimento não seja visto como algo fragmentado, mas como algo contínuo.

4. REFERÊNCIAS

- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Edição Revista e Ampliada, Edições 70, 2011.
- CUBA, M. A. **Educação Ambiental nas escolas**. ECCOM, v. 1, nº 2, jul/dez, 2010.
- CURSINO, A. C T.; SOUZA, R. T.; HARACEMIV, S. M. C.; BARBOZA, L. M. V. **Análise do livro didático “Folhas” no Ensino de Química**. In: X VI Encontro de Química da Região Sul (16-SBQ Sul), Anais..., Blumenau, 2008.
- EDUCAÇÃO NA MÍDIA. **Opinião: o papel do livro didático**. Disponível em: <http://www.todospelaeducacao.org.br/comunicacao-e-midia/educacao-na-midia/26006/opinio-o-papel-do-livro-didatico/>. Em 27 de fevereiro de 2013. Acessado em 27/01/2014
- FRISON, M. D, et al. **Livro didático como instrumento de apoio para a construção de propostas de Ensino de Ciências Naturais**. Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Florianópolis, novembro de 2009.
- GUIA DO LIVRO DIDÁTICO: Disponível em: <http://www.fnde.gov.br/programas/livro-didatico/guia-do-livro/item/2988-guia-pnld-2012-ensino-m%C3%A9dio>.
- JACOBI, P. **Educação Ambiental, cidadania e sustentabilidade**, Cadernos de pesquisa, n. 118, p. 189 – 205, São Paulo, 2003.
- LISBOA, J. C. **Ser Protagonista – Química 1º ano – Ensino Médio**. Edições SM, volume 1, São Paulo, 2010.
- _____. **Ser Protagonista – Química 2º ano – Ensino Médio**. Edições SM, volume 2, São Paulo, 2010.
- _____. **Ser Protagonista – Química 3º ano – Ensino Médio**. Edições SM, volume 3, São Paulo, 2010.
- MAIA, J. de O, et al. **O Livro Didático de Química nas Concepções de Professores de Química do Ensino Médio da Região Sul da Bahia**. Química Nova na Escola, vol. 33, Nº 2, maio 2011.
- MANTOVANI, K. P. **O programa Nacional do Livro Didático – PNLD Impactos na Qualidade do Ensino público**. Dissertação de Mestrado, USP, 2009.
- MIRANDA, S. R; DE LUCA, T. R. **O livro de História hoje: um panorama a partir do PNLD**. Revista Brasileira de História, vol 24, nº 48, são Paulo, 2004.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Disponível em : www.protocolodemontreal.org.br/005/00502001.asp?ttCD_CHAVE=17525>.
- MORTIMER, E. F; MACHADO, A. H. **Química: Ensino Médio**. Editora Scipione, volume 1, São Paulo, 2011.
- _____. **Química: Ensino Médio**. Editora Scipione, volume 2, São Paulo, 2011.

_____. **Química: Ensino Médio.** Editora Scipione, volume 3, São Paulo, 2011.

SANTOS, W; MÓL, G. **Química Cidadã.** Editora nova geração, volume 1, São Paulo, 2010.

_____. **Química Cidadã.** Editora nova geração, volume 2, São Paulo, 2010.

_____. **Química Cidadã.** Editora nova geração, volume 3, São Paulo, 2010.

REIS, M. **Química – Meio ambiente, Cidadania, Tecnologia.** FTD, volume 1, São Paulo, 2010.

_____ **Química – Meio ambiente, Cidadania, Tecnologia.** FTD, volume 2, São Paulo, 2010.

_____ **Química – Meio ambiente, Cidadania, Tecnologia.** FTD, volume 3, São Paulo, 2010.

RODRIGUES, M.H. e FREITAS, N.K. **O livro didático ao longo do tempo: a forma do conteúdo.** *Pesquisa*, v. 3, p. 26-33, 2008.

PERUZZO, F. F; CANTO, E. L. **Química na abordagem do cotidiano – Química geral e Inorgânica.** Moderna, volume 1, 4ª edição, São Paulo, 2010.

_____. **Química na abordagem do cotidiano – Físico - Química.** Moderna, volume 2, 4ª edição, São Paulo, 2010.

_____. **Química na abordagem do cotidiano – Química Orgânica I.** Moderna, volume 3, 4ª edição, São Paulo, 2010.

3.2 ARTIGO REVISTA VIDYA (UNIFRA)

MÓDULOS DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA PROFESSORES DE QUÍMICA DO ENSINO MÉDIO

EDUARDO GIULIANI KOEHLER¹⁰

MARTHA BOHRER ADAIME¹¹

RESUMO

Muito se discute nos meios de comunicação como jornais, revistas, programas de televisão e até mesmo muitos documentários são gerados a partir da problemática ambiental, na qual se busca explicar para a sociedade e até mesmo encontrar justificativas que identifiquem a origem dos problemas. Visando a colaborar com esse processo, este trabalho tem por objetivo a inserção dos assuntos ambientais por meio de módulos didáticos (MD) para a abordagem dos conteúdos, auxiliando o professor que em decorrência da quantidade excessiva de aulas agregadas a outras atividades pedagógicas, não consegue tempo para se atualizar sobre tais assuntos. A pesquisa foi realizada a partir da coleta de dados de respostas obtidas por questionário aplicado aos professores que analisaram os módulos. É caracterizada como uma pesquisa aplicada, quanto à abordagem é classificada como quantitativa com base na Análise de Conteúdo (AC) de BARDIN (2011). Os resultados desta análise foram considerados favoráveis à utilização dos módulos como referencial teórico básico.

Palavras – chave: Educação Ambiental; Experimentação; Meio ambiente; Ensino de Química.

ENVIRONMENTAL EDUCATION MODULES FOR HIGH SCHOOL CHEMISTRY TEACHERS

ABSTRACT

A lot has been discussed in mass communication media such as newspapers, magazines, tv shows or even documentaries that are based on the environmental problematic, an issue which tries to explain to the society and even to find explanations that identify the origin of the problems. In an attempt to cooperate with this process, this work aims to insert the environmental issues through didactic modules(DM) for the approach of contents, thus helping the teacher, who due to a high number of classes, plus other pedagogical activities, cannot find the time to be updated about these topics. The research was carried out based on the data obtained through a questionnaire that was given to the teachers who analyzed the modules. It is an applied research, and its approach is classified as quantitative, based on Content Analysis (CA) by BARDIN (2011). The results of this analysis were considered favorable to the use of the modules as a basic theoretical reference.

Keywords: *Environmental Education; Experimentation; Environment; Chemistry teaching.*

¹⁰ Doutorando em Ensino de Ciências. Colégio Militar de Santa Maria. Email: edukoe@gmail.com

¹¹ Doutora em Química Analítica. Universidade Federal de Santa Maria. Email: adaimeccne@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

A Educação Ambiental (EA) consiste na disseminação do conhecimento sobre o ambiente, com o objetivo de ajudar a sua preservação e a utilização sustentável de seus recursos. De acordo com JACOBI (2003) a necessidade de um desenvolvimento sobre uma articulação referente à educação ambiental é consequência de uma reflexão social de um meio ambiente cada vez mais degradado. E essa evolução envolve diversos ramos do conhecimento, o qual deve apresentar um caráter interdisciplinar.

Além do caráter interdisciplinar, de acordo com a elaboração da Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), de 1996, foram definidos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), que orientam para a aplicação da transversalidade, fato que consiste na possibilidade de se estabelecer dentro da prática educativa uma relação entre aprender conhecimentos sistematizados (dentro das áreas convencionais) e questões que permeiam a vida e o cotidiano da sociedade, alunos e professores.

Na educação segundo MENEZES (2002) a transversalidade é vista como uma forma de organizar o trabalho didático, na qual alguns temas são integrados nas áreas convencionais de forma a estarem presentes em todas elas, em face disso os PCNs sugerem alguns temas transversais a serem abordados no decorrer do ano letivo, temas que abordam questões importantes e urgentes mediante vários aspectos da vida cotidiana, tais como Ética, Saúde, Orientação Sexual, Trabalho, Consumo e Pluralidade Cultural e o tema Meio Ambiente, que é o grande foco deste trabalho. No que tange à interdisciplinaridade e transversalidade, existe a necessidade de uma integração entre as disciplinas devido a complexidade do tema. A Lei 9.795, de 27 de abril de 1999, que institui a EA no Brasil, que é a base da resolução N° 2, de 15 de junho de 2012, que estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a EA ratifica a importância do trabalho em sala de aula em todos os níveis de ensino (ADAMS, 2012).

Os temas transversais têm natureza diferente das áreas convencionais. Tratam de processos que estão sendo intensamente vividos pela sociedade, pelas comunidades, pelas famílias, pelos alunos e educadores em seu cotidiano. São debatidos em diferentes espaços sociais, em busca de soluções e alternativas, confrontando posicionamentos diversos tanto em relação à intervenção no âmbito social mais amplo quanto à atuação pessoal. São questões urgentes que interagem sobre a vida humana, sobre a realidade que está sendo construída e que demandam transformações macrossociais também de atitudes pessoais, exigindo, portanto, ensino e aprendizagem de conteúdos relativos a essas duas dimensões. (BRASIL, 1998, p.26).

A abordagem desses temas transversais e interdisciplinares são decorrentes de problemas contemporâneos, consequência da globalização e crescimento populacional desenfreado, e os problemas como os causados pelo aquecimento global obrigaram o mundo a refletir sobre a necessidade de impulsionar a EA. O cenário é muito preocupante e deve ser levado a sério, pois as consequências vão atingir a todos, sem distinção. Embora o direito à

informação seja assegurado por lei, pois de acordo com a Constituição Federal / 88, no artigo 225, capítulo VI – DO MEIO AMBIENTE – Parágrafo 1º, dita a promoção da “*Educação Ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente*”, o que se observa na prática é o contrário.

A educação ambiental no Brasil está muito aquém de outros países considerados mais desenvolvidos como mostra a evolução da EA, que no ano de 1965 um grupo de educadores reunidos na Conferência de Keele, na Grã-Bretanha defendiam que a EA deveria ser imediatamente, devido à sua importância, inserida na escola e no ano de 1969 fundaram a Sociedade de Educação Ambiental. No ano de 1972 com a Conferência de Estocolmo onde estiveram reunidos 113 países, gerando a partir deste evento a “Declaração sobre o Ambiente Humano”, fornecendo orientações aos governos, principalmente quanto a um programa internacional de EA, com o intuito de educar o cidadão. A UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura) em resposta as recomendações da Conferência de Estocolmo promoveu em Belgrado na Iugoslávia um encontro internacional sobre educação ambiental, gerando a partir desta a “Carta de Belgrado” no ano de 1975 (FERREIRA, 2010) em que defende que a EA deve ser contínua, multidisciplinar, integrada as diferenças regionais e voltadas para o interesse nacional.

No ano de 1977 a Conferência de Tbilise ocorrida na Georgia, também organizada pela UNESCO, foi o evento mais importante para a evolução da EA na época, pois foi um prolongamento da Conferência de Estocolmo (MUCENIECKS, 2009). No Brasil, na mesma época assim como outros países em via de desenvolvimento, tinham mais interesse no fortalecimento da sua economia e na instalação de indústrias para a geração de empregos, bem como uma divergência entre os órgãos ambientais e os educacionais. Em função da Conferência de Estocolmo, o governo brasileiro, pressionado pelo Banco Mundial, criou a Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA), através do decreto nº 73.030 de 30 de outubro de 1973 com o objetivo de implementar uma gestão orientada para o meio ambiente no qual em parceria com a Fundação Educacional do Distrito Federal e a Fundação Universidade de Brasília realizou após o Encontro de Belgrado (1975) um Curso de Extensão para Profissionais de Ensino do 1º Grau – Ecologia, baseado na reformulação da proposta curricular das Ciências Físicas e Biológicas e de programa de Saúde e Ambiente. No ano de 1979, o Ministério de Educação e Cultura (MEC) e Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) publicaram o documento **Ecologia – uma proposta para o ensino de 1º e 2º grau**, que gerou muita polêmica por tratar a temática ambiental de uma forma absolutamente reducionista, tratando apenas os aspectos biológicos do meio ambiente, o que contrastava com o cenário que se formava na época, em que especialistas do mundo inteiro defendiam a necessidade de se considerar os aspectos sociais, econômicos, culturais, políticos e éticos quando fossem tratadas as questões ambientais (DIAS, 1991).

Outros eventos foram ocorrendo no Brasil no decorrer dos anos, buscando a melhoria da EA nas salas de aula, ressaltando desta forma a importância do assunto, entretanto ainda existe um longo caminho a percorrer se comparado a outros países como, por exemplo, a Alemanha. Pesquisa realizada por CARPES (2011), em escolas de Ensino Fundamental e Médio, na cidade de Santa Maria constatou uma deficiência em alguns tópicos de EA. Dentre os mais citados estão:

1. espécies endêmicas em vias de extinção;
2. emissão de gases;
3. efeito estufa e alterações climáticas;
4. utilização de clorofluorcarbonos (CFC) e destruição da camada de ozônio;
5. problemas de contaminação da água potável;
6. chuvas ácidas;
7. poluição e deterioração do mar;
8. deterioração do solo e desertificação;
9. destruição das florestas temperada e tropical;
10. perda da biodiversidade;
11. explosão demográfica;
12. geração de resíduos em geral (não biodegradáveis);
13. problemas energéticos.

Os tópicos relacionados demonstram uma relação direta entre desenvolvimento e degradação ambiental, em que se verificam agressões ao meio e o uso desenfreado de recursos naturais e por esta razão, é importante a inserção de temas de EA nas salas de aula, para provocar nos alunos um senso crítico mais apurado quanto a estas questões e uma compreensão mais consistente sobre o meio ambiente, bem como a sua preservação. O ensino de Educação Ambiental no Brasil é muito deficiente nas salas de aula, embora seja um assunto cada vez mais visível nos meios de comunicação, e os alunos parecem não ter a devida consciência que o assunto merece. De acordo com ROCHA (2001), desde 1970 a Educação Ambiental tem sido muito discutida e comentada, entretanto, nenhuma medida concreta é tomada e a população enfrenta cada vez mais todos os tipos de poluições: esgoto a céu aberto, tratamento indevido com o lixo, o qual gera a proliferação de animais que são vetores de doenças, destruição da fauna e flora, todavia o povo não sabe “o que fazer” e “como fazer” para evitar ou mesmo minimizar esses problemas. Dessa forma, este trabalho se propõe a uma análise sobre EA direcionando para itens que segundo CARPES (2011) são deficientes, tanto no Ensino Fundamental quanto no Ensino Médio nas escolas estaduais na cidade de Santa Maria-RS, auxiliando no processo de aprendizagem e inserindo nos conteúdos uma abordagem de EA mais incisiva, para despertar no educando o interesse pelo assunto. Este trabalho se dispõe por meio dos módulos teóricos, auxiliar o outro integrante do processo educativo que é o professor, que muitas vezes com uma carga horária tão intensa, não encontra tempo para ler artigos científicos da sua área de atuação e pesquisar novas metodologias de ensino, não podendo desta forma alterar a sua prática de ensino.

METODOLOGIA

Com base na pesquisa realizada por CARPES (2011), sobre os 13 itens de EA, este trabalho tem como foco a construção de módulos de EA abordando quatro itens, que são: (i) efeito estufa e alterações climáticas; (ii) utilização de clorofluorcarbonos (CFC) e destruição da camada de ozônio; (iii) chuvas ácidas e (iv) água – poluição e tratamento. A escolha desses 4 itens se justifica pelos conhecimentos químicos que eles envolvem, podendo ser inseridos na aplicação dos conteúdos trabalhados pelo professor, fato também associado à quantidade de questões em vestibulares e até mesmo como conhecimento geral em concursos públicos,

destacando a importância destes itens. A população que constitui esta pesquisa são professores de Química que atuam no Ensino Médio em escolas de Santa Maria e Porto Alegre no Rio Grande de Sul. Das quais quatro escolas são federais (oito professores), três são estaduais (quatro professores) e duas são particulares (dois professores) totalizando 14 professores. No primeiro momento foram analisados a partir dos 13 itens propostos por CARPES (2011), quais seriam mais adequados e melhores utilizados no Ensino de Química que abrange a EA. No segundo momento foi realizada uma pesquisa sobre como os quatro itens são tratados nos livros indicados pelo Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) no triênio 2012 – 2014. Sobre esta pesquisa se chegou à conclusão de que existe, por parte dos autores uma preocupação em inserir em suas obras os assuntos de EA, entretanto se observe que em alguns temas não há uma abordagem completa, principalmente na parte de exercícios propostos. No terceiro momento, ocorreu a construção dos quatro módulos.

Os MD foram desenvolvidos de acordo com a seguinte sequência:

(i) Objetivo no qual é passado ao professor a importância do assunto e como ele será abordado dentro do módulo.

(ii) Utilização - É sugerido ao docente o momento do Ensino Médio em que se pode trabalhar o tema, com base em conhecimentos compatíveis com a série.

Portanto o produto educacional é dividido em módulos em que cada um deles define primeiramente o efeito ambiental, seu significado e a forma com que deve ser tratado. Os MD apresentam o conteúdo teórico que é pré-requisito para a inserção da temática ambiental, este conteúdo é necessário para que o aluno possa realizar as conexões necessárias para o desenvolvimento do conhecimento. Os MD apresentam textos expositivos sobre o assunto, abordando questões que não aparecem nos livros do PNLD, tais como: (i) o que a sociedade científica está fazendo para minimizar tais problemas? (ii) os tratados assinados para a redução de gases poluentes e de clorofluorcarbonetos como o Protocolo de Montreal e Tratado de Kyoto estão sendo respeitados e cumpridos? Analogias e experimentos que irão ajudar o discente a relacionar tais temas ao seu cotidiano e (iv) possibilitar ao docente o uso de um material que possibilite a integração entre outras disciplinas, favorecendo o trabalho interdisciplinar. A seguir são descritos os MD.

Módulo Didático: Efeito estufa e alterações climáticas

No módulo de Efeito estufa e alterações climáticas é tratado primeiramente o que é o efeito estufa, a diferença entre temperatura e calor e como o efeito ocorre. Como ocorre através da retenção da radiação infravermelha, logo, é descrito no módulo o que é a radiação infravermelha com os respectivos comprimentos de onda. Para compreender melhor como ocorre o efeito estufa, é feito um detalhamento de como ocorre à absorção deste tipo de radiação.

Na sequência é mostrado ações da comunidade científica para minimizar esse problema. Define-se Protocolo de Kyoto, mercado de carbono e o que representa o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Ao final do módulo são sugeridos exercícios de vestibulares e do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) com o gabarito comentado.

Módulo Didático: Utilização de clorofluorcarbonos (CFC) e destruição da camada de ozônio

No módulo de Utilização de clorofluorcarbonos e destruição da camada de ozônio são mostrados os comprimentos de onda do ultravioleta, diferenciados pela subfaixas: UV-C, UV-B e UV-A, com os efeitos biológicos referentes a cada tipo de ultravioleta. É definido o que é a camada de ozônio, sua localização e importância, como ocorre a formação do ozônio na estratosfera e sua depleção através dos CFCs. No módulo são descritas as reações que geram o buraco na camada de ozônio na Antártida. São mostradas também algumas substâncias que estão sendo utilizadas como substitutas dos CFCs.

Neste módulo é explicado também a importância e a atuação dos filtros solares na absorção da radiação ultravioleta. Ao final do módulo são inseridas questões de vestibulares com gabarito comentado.

Módulo Didático: Chuva ácida

O módulo de chuva ácida inicia com as reações de óxidos ácidos com água, bem como a origem destes óxidos, justificando também que a chuva já é levemente ácida devido à reação do gás carbônico (CO_2) com água que leva a formação do ácido carbônico (H_2CO_3). Por essa razão a chuva apresenta um pH em torno de 5,6 e valores inferiores a 5,0 a chuva é considerada realmente ácida (ROCHA, 2001).

Os óxidos de nitrogênio e de enxofre, que também contribuem para a chuva ácida, são descritos no módulo, sendo explicado também que as reações que levam a formação destes óxidos no meio são devido à ação humana. O módulo relata os efeitos da chuva ácida para a sociedade. No final do MD, além de questões com gabarito comentado, são sugeridos dois experimentos para realização no laboratório da escola: um sobre óxido básico e o outro sobre a formação da chuva ácida.

Módulo Didático: Água- Poluição e tratamento

No módulo que trata dos problemas de poluição da água se define primeiramente a importância da água para a manutenção da vida a partir do ciclo da água, sendo citados e especificados os diferentes tipos de poluição que a água pode ter. A partir deste momento o módulo detalha o tratamento das águas para uso doméstico e dos esgotos para retorno a fonte. O MD ressalta também a importância para a saúde humana de uma água devidamente tratada.

A Companhia Riograndense de Saneamento Básico (CORSAN) foi a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) analisada, na cidade de Santa Maria – RS, no qual é descrita a sequência de tratamento com fotos do local para auxiliar na melhor compreensão e visualização dos processos. Ao final do módulo, além das questões com gabaritos comentados, são especificados quais são os parâmetros de qualidade da água de acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA).

Após a construção dos módulos, os professores de Ensino Médio os analisaram, juntamente com uma tabela com os objetivos da análise (ANEXO 1) e responderam ao questionário (ANEXO 2).

RESULTADOS

Os resultados foram agrupados por categorias, que é uma forma de reduzir os dados, nos quais os que apresentam partes comuns entram no mesmo critério de análise. Desta forma, a pesquisa é considerada aplicada, por apresentar coleta de dados VILAÇA (2010) e com referencial teórico básico, quanto à abordagem é classificada como quantitativa com base na Análise de Conteúdo (AC) de BARDIN (2011), em que as informações são definidas pela frequência em que aparecem em uma dada categoria, que foram definidas com o objetivo de analisar se os módulos podem servir de referência aos professores e se os mesmos consideram a EA importante, para que desta forma seja possível uma melhor compreensão das respostas obtidas. São definidos indicadores, que representam as ideias ou colocações que aparecem repetidamente na fala dos professores, com o objetivo de definir a frequência em que aparecem, esta medida é calculada em percentual, por uma regra de três simples no total dos 14 professores, para verificar se há ou não concordância com os demais que responderam o questionário, às vezes o mesmo professor relata dois ou mais indicadores que são contabilizados dentro da mesma frequência e o total em percentagem para ter um aspecto quantitativo da ideia. As categorias foram analisadas a partir dos questionários respondidos pelos professores e estão representadas no Quadro 1.

Quadro 1: Categorias de análise.

Nº	CATEGORIA DE ANÁLISE
01	Importância da Educação Ambiental (EA)
02	Uso dos módulos de EA como referência em sala de aula
03	Aplicação da EA durante as aulas.
04	Exercícios sobre EA.

A Quadro 2 a seguir apresenta as categorias de análise com os indicadores, frequência em que aparecem nas falas e o total em percentagem.

Quadro 2: Categorias de análise com indicadores e percentuais.

CATEGORIA	INDICADORES	FREQUÊNCIA	TOTAL %
1	Cidadania	10	71,4
	Aluno crítico	6	42,8
	Trabalhar integralmente em todos os níveis de ensino	6	42,8
	Consciência ambiental	5	37,7
	Tema atual	2	14,3
	Reforço dos conceitos químicos	1	7,1
2	Sim	13	92,8
	Em parte	1	7,2
3	Quando possível	6	42,8
	Sim	6	42,8
	Não	2	14,4
4	Favoráveis	14	100

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Com base nos resultados apresentados, a categoria 1 (Importância da EA), mostra que a principal importância para os professores de Ensino Médio que responderam o questionário sobre a EA, é a formação cidadã do aluno, no qual o mesmo deve a partir de mudanças de atitude, buscar formas de minimizar os problemas ambientais através de uma postura de preservação dos recursos naturais. A EA é uma forma de reforçar na dinâmica de sala de aula princípios reflexivos para uma atitude ativa quanto ao problema.

A Educação Ambiental é relacionada aqui como fundamental na formação do cidadão. Esta extrapola os muros da escola e deve ser oferecida em todos os seguimentos da sociedade com caráter permanente num processo dinâmico e integrativo induzindo mudanças de atitudes e formação de uma nova consciência na relação homem/natureza (FERNANDES, 2010, p.77).

Para que a EA aconteça de forma efetiva na sociedade, 42,8% dos professores acreditam que ela deve fazer parte de todos os componentes curriculares, com o objetivo de formar cidadãos e com isso o senso crítico sobre questões ambientais. Alguns professores citam que a EA não deve ficar apenas dentro da escola, mas deve ser integrada a sociedade em associações de moradores e câmaras municipais, como acontece em vários países da

Europa em que existem cursos de EA para adultos (ROCHA, 2001), e também o caso da Alemanha que tem a EA como matéria obrigatória no currículo escolar, para despertar a consciência ambiental o que também é considerado como uma das importâncias da EA de acordo com 37,7% dos professores CARPES; ROCHA; ADAIME (2011) propõe um programa de EA para o Ensino Fundamental e para o Ensino Médio, incluindo a carga horária necessária para o melhor desenvolvimento do trabalho. Dos entrevistados 92,8% acham viável a aplicação dos módulos de EA como referência em suas aulas (categoria 2) , dentre as justificativas estão: clareza e objetividade, contextualização do conteúdo, fácil aplicação e coerência com temas atuais e por apresentar um aprofundamento adequado ao Ensino Médio. Um professor declarou não utilizar totalmente como referência por achar que existe uma clara separação entre os conteúdos científicos, ou seja, os pré-requisitos sugeridos no início não atendem da forma esperada a questão ambiental que segue. Outro professor sugeriu que estes pré-requisitos químicos sejam disponibilizados ao final do módulo como anexo, tornando desta forma, como prioridade o conteúdo de ambiental, em conversa com o professor, ele declarou que desta forma o foco seria diretamente no conteúdo ambiental já que os módulos são para os professores estes podem achar desnecessários os pré-requisitos e desta forma não apresentarem grande interesse pelo módulo.

Na análise da categoria 3 (Aplicação da EA durante as aulas), se observou um maior equilíbrio entre os docentes, com base na categoria 1, ficou clara a importância da EA quando aplicada em uma comunidade, entretanto, 42,8% dos professores declararam que abordam apenas quando possível, devido ao programa extenso da grade curricular que deve ser seguido. Um professor em seu questionário relatou que não aborda com a frequência que gostaria por não se sentir qualificado para maiores aprofundamentos, o que mostra que a EA é um assunto que deve ser tratado também nos cursos de graduação para dar suporte aos futuros professores. Os outros 42,8% que declararam que aplicam a EA nas suas aulas, o fazem através do uso de situações cotidianas, uso de artigos científicos, reportagens, textos de sites ou trabalhos interdisciplinares e alguns ressaltaram que passaram a abordar mais a EA em suas aulas devido às preocupações atuais. O percentual de 14,4% declarou que não tem o hábito, a não que seja um caso pontual que envolva, por exemplo, a resolução de um exercício no qual o problema é apresentado ou para reforçar um conceito químico, este mesmo professor, declarou após a análise dos módulos, que poderia usá-los como referência, no momento em que os mesmos forem disponibilizados. Uma ferramenta muito importante a ser utilizada pelo professor é a resolução de exercícios para aplicação e fixação do conteúdo (NOÉ, BRASIL ESCOLA), no qual o aluno pode além de reforçar o assunto, verificar se ainda existem dúvidas. A resolução de exercícios é segundo especialistas, muito eficiente para fixação do conteúdo, quando maior a variedade melhor, segundo BWARDIEIRO (2013) esta técnica apresenta alta utilidade para a preparação de concursos. Por esta razão, associada a experiência dos professores em sala de aula, os exercícios apresentados ao final de cada módulo, apresentaram uma aceitação de 100 % por parte dos que participaram da pesquisa, incluindo o gabarito comentado que serviu, segundo alguns, como uma forma de complementar o embasamento teórico.

CONCLUSÕES

Com base na análise dos questionários respondidos por professores de Ensino Médio, pode se observar que os módulos de EA podem ser utilizados como referência por parte dos docentes para o nível a qual se propôs. Os módulos foram escritos com o objetivo de auxiliar os professores, já que muitos apresentam uma carga horária elevada associada aos planos de aula, elaboração e correção de provas, o que por muitas vezes acaba deixando o docente com pouco tempo para pesquisar sobre um determinado assunto ou para se atualizar sobre um determinado tema, de modo que muitas vezes o docente não se sente totalmente seguro a abordar a temática ambiental. Questões que envolvem problemas ambientais, atualmente são uma constante nos meios de comunicação, os alunos tem acesso a estas notícias e é importante o trabalho de tais temáticas em sala de aula para despertar o senso crítico e a cidadania, para que os discentes possam ter uma consciência ambiental como consequência do conhecimento recebido no meio formal (escola). Como mencionado anteriormente pelas respostas, existe a necessidade de uma inserção da EA em todos os níveis de ensino, principalmente em cursos superiores para dar suporte aos futuros professores, para que possam trabalhar a EA não apenas como um assunto a ser cobrado em provas de vestibulares, mas principalmente para a formação cidadã.

REFERÊNCIAS

ADAMS, B. G. **A importância da Lei 9.795/99 e das Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Ambiental para docentes.** Revista Monografias Ambientais REMOA/UFSM, v.10, nº 10, out-dez 2012.

BRASIL, Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: terceiro e quarto ciclos:** apresentação dos temas transversais, Secretaria de Educação Fundamental. – Brasília: MEC / SEF, 1998. 436p.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo.** Edição Revista e Ampliada. São Paulo: Edições 70, 2011.

BVARDIEIRO, B. **10 melhores métodos de estudo para se preparar para uma prova.** Grupo de Ciência da UNIFAL-MG, 2013. Disponível em:

<http://ciencianarede.wordpress.com/2013/10/14/10-melhores-metodos-de-estudo-para-se-preparar-para-a-prova/>.

CARPES, C. M; DA ROCHA, J. S; ADAIME, M, B. **Educação Ambiental objetiva nos níveis de ensinos:** Fundamental e Médio. Vidya, v. 31, n. 1, Santa Maria, 2011.

CARPES, C, M. **Educação Ambiental objetiva para os níveis de ensinos: Fundamental e Médio Estudo de caso:** Município de Santa Maria – RS. Tese de Doutorado, UFSM, 2011.

DIAS, G.F. **Os quinze anos da Educação Ambiental no Brasil: um depoimento**, Em aberto, v.10, n.49, Brasília, 1991.

FERNANDES, D. N. **A importância da Educação Ambiental na construção da cidadania**. Revista OKARA : Geografia em debate, João Pessoa, v.4, n. 1 – 2, p.77 – 84. 2010.

FERREIRA, E. **Educação Ambiental e desenvolvimento de práticas pedagógicas sob um novo olhar da Ciência Química**. Centro Universitário Salesiano de São Paulo, INISAL, Dissertação de Mestrado, 2010.

JACOBI, P. **Educação Ambiental, cidadania e sustentabilidade**, Cadernos de pesquisa, n. 118, p. 189 – 205, São Paulo, 2003.

MENEZES, E. T DE; SANTOS, T. H DOS. **“Transversalidade” (Verbetes) Dicionário Interativo da Educação Brasileira – EducaBrasil**. São Paulo: Midiamix Editora, 2002. Disponível em: < <http://www.educabrasil.com.br/eb/dic/dicionario.asp?id=70> . Acessado em 01 junho 2014.

MUCENIECKS, R. S. **Políticas de meio ambiente e educação propostas por agências internacionais de 1970 A 2005**. Universidade Estadual de Maringá, Dissertação de Mestrado, 2009.

NOÉ. M. BRASIL ESCOLA. **A Importância das Listas de Exercícios**. Disponível em:

<<http://educador.brasilecola.com/estrategias-ensino/a-importancia-das-listas>. Acesso em 16 junho 2014.

ROCHA, J. S. M. **Educação Ambiental Técnica para os Ensinos Fundamental, Médio e Superior**. 2. ed. Brasília: Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior ABEAS, 2001.

VILAÇA, M . L. C. **Pesquisa e ensino: considerações e reflexões**. Nilópolis, e-escrita, v. I, nº 2, 2010.

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O desenvolvimento deste trabalho seguir primeiramente após a definição do tema a ser pesquisado, uma revisão na literatura sobre a temática ambiental, para verificar se existe necessidade da criação dos MD. A questão que seguiu era justamente onde procurar, levando em consideração o público alvo.

Os professores de Química que participaram da pesquisa lecionam em escolas federais e estaduais que estão cadastradas no PNLD, logo utilizam os LD disponibilizados pelo programa. Nas escolas privadas, é utilizado polígrafo elaborado pelo professor ou algum material comprado através de um sistema de ensino. A partir desta observação, no momento em que o pesquisador propõe MD para servir de referência aos professores, foi necessário realizar uma análise dos livros do PNLD, para verificar a forma como os 4 itens que constituem os MD são apresentados nos LD.

A partir da análise dos LD do PNLD, é possível observar que os assuntos apresentam uma abordagem secundária por parte dos autores, ou seja, existe a preocupação de mostrar a questão ambiental, entretanto é feita de forma superficial e sem apresentar maiores explicações. É mostrado o problema, da mesma forma que retratam a origem do mesmo, porém, explicações que venham a justificar o efeito bem como ajudar a compreender através de conceitos químicos não aparecem de forma satisfatória.

A sequência de conteúdo algumas vezes não é favorável, um exemplo disto é que alguns conteúdos não estão presentes na série do EM da grade curricular. Os LD são disponibilizados por série, através de volumes, alguns assuntos não são apresentados no volume destinado à série, por exemplo: catalisadores é detalhado no volume 2, conceito, explicação química, atuação em uma reação e como situação cotidiana se usa a degradação da camada de ozônio através da formação de cloro radicalar proveniente de clorofluorcarbonetos. O problema é que no segundo ano do EM, o aluno ainda não sabe o que é clorofluorcarboneto, já que é conteúdo do terceiro ano.

Outro ponto que reflete o supracitado é a parte de separação de misturas em que os LD mostram os processos que podem ser realizados para cada tipo de mistura, falta uma aplicação mais direcionada ao cotidiano, como por exemplo: os processos usados no tratamento de água e esgotos, os que mostram apenas citam

sem maiores explicações. Também foi observado que algumas vezes o autor direciona para um tema ambiental, como aquecimento global em detrimento da mesma abordagem sobre os demais. Da mesma forma que não há uma preocupação em mostrar o que está sendo feito para minimizar tais problemas.

No momento em que o professor escolher o LD que será utilizado no decorrer do ano letivo, ele deve ter consciência destes detalhes ao trabalhar a temática ambiental. O aluno em função disto, caso tenha o interesse de aprofundar o conhecimento sobre tais temáticas, certamente terá dificuldades.

Na questão de conteúdos teóricos na disciplina de Química para o EM, os LD são muito bons, atendendo o devido aprofundamento de tais assuntos e trazendo alguns textos que podem ser trabalhados pelo professor em sala de aula. Isso facilita o reforço de conteúdos pré-requisitos necessários à compreensão dos problemas ambientais.

A partir da análise dos LD do PNL, o pesquisador verificou a necessidade de um material que atenda estas deficiências no que refere à temática ambiental. A criação dos MD objetivou fornecer ao docente ferramentas que possibilitem uma transmissão de conhecimento sobre temas ambientais de forma objetiva, sem perder o caráter científico, mostrar como um problema ambiental afeta a sociedade e o que esta pode fazer para minimizar e evitar a maximização mesmo.

Com um material atrativo para o docente, que tenha informações não disponíveis nos LD, os alunos deste professor podem ser beneficiados. Um professor bem qualificado e atualizado é um profissional que tem tranquilidade e confiança a frente de uma turma. Os alunos poderão interagir com estas informações se forem transmitidas com aplicações cotidianas, fundamentadas na aprendizagem significativa de Ausubel, o que permite melhor compreensão sobre o tema proposto.

Os MD também podem ser usados no processo de formação continuada do docente, onde é possível buscar aperfeiçoar a prática pedagógica através de troca de ideias com colegas. Isso favorece o trabalho interdisciplinar através de aulas integradas entre as disciplinas, já que os MD trazem contextualização com a Biologia e Física nos temas ambientais.

Definido o público alvo, a metodologia a ser adotada, os MD foram disponibilizados aos professores para análise. Também foram enviados os objetivos da pesquisa e um questionário (presentes no ANEXO A e B). Com base na leitura e

análise dos questionários respondidos, o pesquisador criou as quatro categorias de análise com indicadores, para melhor organizar os dados apresentados.

De acordo com os resultados, a principal importância para os professores de EM, é a formação cidadã do aluno. A partir de mudanças de atitudes, ele deve buscar formas de minimizar os problemas ambientais através de uma postura de preservação dos recursos naturais. A EA é uma forma de reforçar na dinâmica de sala de aula alguns princípios reflexivos para uma atitude ativa quanto ao problema, conforme sugeridos nos MD desenvolvidos pelo pesquisador.

No decorrer da análise, serão citadas algumas falas de professores. O Professor nº 4 ao responder a pergunta: O que você pensa sobre Educação Ambiental? Citou:

“A Educação ambiental é de grande importância para o Ensino de Química. Sendo a escola o agente que irá preparar nossos jovens para o exercício consciente da cidadania”.

O mesmo professor ao responder se considera o assunto importante para o aluno, destacou a importância do senso crítico:

“O conteúdo sobre Educação Ambiental é essencial que seja adotado, a justificativa se dá na necessidade de que o Ensino de Química no Ensino Médio forme alunos com um mínimo de conhecimento para poder participar da sociedade tecnológica atual”.

FERNANDES (2010) destaca a importância do ensino de EA para uma formação cidadã, como precursor de mudança de atitudes:

“A Educação Ambiental é relacionada aqui como fundamental na formação do cidadão. Esta extrapola os muros da escola e deve ser oferecida em todos os seguimentos da sociedade com caráter permanente num processo dinâmico e integrativo induzindo mudanças de atitudes e formação de uma nova consciência na relação homem/natureza”. (FERNANDES, 2010,p.77).

A perspectiva de que a formação cidadã e a criticidade alcançada pelo aluno como consequência de uma boa formação sobre questões ambientais, também é ressaltada na fala do professor nº 2 ao responder a pergunta: O que você pensa sobre EA?

“A Educação Ambiental é um tema cujo desenvolvimento deve envolver toda a comunidade escolar. Deve suscitar reflexões capazes de promover mudanças nos hábitos e atitudes em prol da preservação de nossos

recursos naturais, que se tornam cada vez mais escassos com o aumento da população e dos hábitos de consumo”.

O professor nº 5 também destaca a importância da EA na formação escolar, para que o aluno possa desenvolver um olhar crítico frente às questões ambientais. O professor nº 9 ainda destaca a importância de se ter um olhar voltado aos cuidados necessários quanto ao meio ambiente, para evitar os excessos que venham causar todos os tipos de poluição.

A EA na educação não formal, ou seja, fora do ambiente escolar também é destacada pelos professores, pois 42,85% acreditam que ela deve fazer parte de todos os componentes curriculares, indo ao encontro do objetivo de formar cidadãos e com isso o senso crítico sobre questões ambientais. Alguns professores citam que a EA não deve ficar apenas dentro da escola, mas deve ser integrada a sociedade por meio de associações de moradores e câmaras municipais. O relato do professor nº 3, concorda com o supracitado, ao responder o que pensa sobre EA:

“É um tema (EA) que deve ser abordado por todos os componentes curriculares e, quando possível, em todos os níveis de formação do educando. Bem como deveria ser também trabalhado fora da escola, em associações de moradores, conselhos e câmaras municipais”.

Tamaio (2000) destaca a importância da EA formal para auxiliar na EA não formal. A primeira representa uma ferramenta de mediação muito importante entre diferentes culturas, comportamentos e necessidades de grupo.

Entretanto este trabalho deve ser contínuo, e como destacado por professores, não deve ser restrito apenas na escola, pois o aluno deve ser um multiplicador destes conhecimentos fora do ambiente escolar.

Scardua (2009) defende que a EA é fundamental para trabalhar valores em crianças e, uma ótima estratégia, é investir na EA na Educação Infantil, o que não é uma tarefa difícil, considerando que as crianças adoram o contato com a natureza. Esta colocação vai ao encontro às afirmações de alguns professores ao declararem que a EA deve ser trabalhada em todos os níveis curriculares e não apenas quando o aluno está no Ensino Médio. O Professor nº 7 ao responder se acha a EA importante para o aluno:

“Creio que isso (EA) deveria ser abordado com consistência desde as séries iniciais, adaptando aquele nível de ensino, obviamente”.

Em vários países da Europa existem cursos de EA para adultos (ROCHA, 2001). Citamos a Alemanha, que possui a EA como matéria obrigatória no currículo escolar, para despertar a consciência ambiental. Um percentual expressivo de 37,71% dos professores concorda com a importância da EA supracitada.

Pode se observar que a questão da consciência ambiental relatada está associada à mudança de atitudes, como relatou o professor nº 9 ao responder se acha a EA importante para os alunos:

“Se através da Educação Ambiental, fizermos com que os alunos separem o lixo orgânico e o lixo reciclável em suas residências, o ambiente agradece, assim como o cuidado necessário com o desperdício de alimentos, o gasto de água diário, entre outros fatores.”

Percebemos pelas declarações, que o ensino de EA é considerado de extrema importância para os professores participantes da pesquisa, sendo um assunto que deve ser trabalhado de forma mais concreta em sala de aula e tem como principal objetivo gerar mudanças de atitudes. Para que o aluno passe a ser na concepção do professor nº 2 um multiplicador do conhecimento adquirido transmitindo estas atitudes no meio em que convive.

A análise do questionário proposto pelo pesquisador juntamente com a AC de Bardin, respondida pelos professores de Química do EM, demonstra que o público alvo é fortemente receptivo a ideia da construção e utilização dos MD para a aplicação de seus conhecimentos sobre o tema. Esta análise mostrou que o percentual de 92,8% dos professores declarou poder usar os módulos como referência em suas aulas. Dentre as principais justificativas estão:

- Professor nº 7:

“Achei os tópicos dentro dos módulos, com aprofundamento adequado, com abordagem objetiva e também adequada à realidade local, como por exemplo, a colocação de imagens do tratamento de água da Corsan de Santa Maria”.

O professor se refere ao módulo de águas: poluição e tratamento o qual o pesquisador optou, para adequar mais a realidade local, demonstrar através de fotos o roteiro seguido para o tratamento do esgoto, deste de sua coleta até o retorno à fonte de origem. O professor nº 2 também ressaltou positivamente este módulo.

- Professor nº 5:

“Os conceitos são abordados de forma contextualizada”.

- Professor nº 13:

“Fácil aplicação, coerente com temas e conteúdos atuais, e faz uma excelente relação teoria e prática”.

- O Professor nº 9 declarou não utilizar totalmente como referência:

“Em parte, no momento da leitura dos módulos percebi uma clara separação entre os conteúdos científicos e sua respectiva contextualização com assuntos de Educação Ambiental. Acredito que esta separação em tópicos por vezes não favorece a contextualização desejada”.

A construção dos módulos foi baseada na experiência do pesquisador como professor em sala de aula do EM, muitas vezes é difícil encontrar explicações práticas e objetivas sobre um determinado problema ambiental. Os LD, muitas vezes não focam no que se pode ou é realizado pela sociedade científica para minimizar o problema, logo a escolha pelo material modular apresentou este objetivo: destacar alguns pontos não muito referenciados por livros de EM.

Possivelmente o professor não achou a contextualização favorável pelo fato de ter uma mistura de conteúdos que foram definidos como pré-requisitos, no qual a escolha destes foi determinada com base no aprofundamento dos conceitos sobre o tema ambiental. Por exemplo: como entender o efeito estufa sem saber o que é acidez, força ácida e reações do dióxido de carbono (CO₂) que para isto é necessário saber a sua devida classificação que é um óxido ácido.

Os assuntos mostrados como conhecimentos prévios tem objetivo de propor outra abordagem, pois muitas vezes é possível rever a própria prática pedagógica alterando ou adaptando a forma de trabalhar um conteúdo, não tendo jamais a intenção de ensinar o professor, apenas apresentar uma sequência de conteúdos como sugestão na qual o docente tem autonomia para seguir ou reorganizar de acordo com sua preferência e necessidade.

O professor nº 6 declarou ao responder a pergunta se utilizaria estes MD como referências em suas aulas:

“Apenas observo que os módulos poderiam ser mais enxutos se fossem retirados os conteúdos químicos que servem de pré-requisitos para a compreensão do fenômeno ambiental. Minha sugestão é fazer apenas uma referência para o professor, esclarecendo em qual momento (em qual ano do EM e durante qual conteúdo) seria bem conveniente apresentar o conteúdo ambiental. Os pré-requisitos poderiam ser colocados em anexo, isto é, disponibilizados ao final do módulo”.

Em discussão com o professor, referente à citação acima, declarou que desta forma o foco seria diretamente o conteúdo ambiental, já que os módulos são para os professores e estes podem achar desnecessários os pré-requisitos. A decisão do uso de pré-requisitos está fundamentada na aprendizagem significativa de Ausubel, em que os conceitos existentes devem ser conectados aos novos.

Na análise da categoria três, se observou um maior equilíbrio entre os docentes quando comparados com as categorias anteriores. Os professores ratificaram a importância da EA quando aplicada em uma comunidade, entretanto, 42,85% dos professores declararam que abordam a temática ambiental apenas quando possível.

Os professores justificaram que devido ao programa extenso da grade curricular das escolas o assunto acaba muitas vezes ficando restrito à série a qual o professor leciona.

O professor nº 7, ao responder se usa em suas aulas abordagens ambientais, declarou:

“Sim, mas não com a frequência que eu acho que deveria. Assim como comentei antes (que deve haver um investimento no trabalho de EA nos cursos universitários) me acho pouco qualificado para abordagens mais profundas”.

Os módulos tiveram esta preocupação, não em dar um curso de formação universitária para os professores, mas sim, auxiliar em conceitos básicos sobre o assunto. Conceitos que não são abordados de forma aprofundada nos LD disponibilizados para o EM.

Os 42,85% que declararam que aplicam a EA nas suas aulas, o fazem através do uso de situações cotidianas com utilização de artigos científicos, reportagens, textos de *sites* ou trabalhos interdisciplinares. Alguns professores ressaltaram ainda

que passaram a abordar mais a EA em suas aulas devido às preocupações atuais e pela importância do assunto em gerar discussões e debates.

O percentual de 14,28% declarou que não tem o hábito de abordar temáticas ambientais, a não ser pontualmente, onde que envolva, por exemplo, a resolução de um exercício no qual o problema é apresentado ou para reforçar um conceito químico.

Sobre a categoria quatro, houve grande concordância por parte dos professores, já que a resolução de exercícios é uma ferramenta muito importante a ser utilizada pelo professor. Essa resolução de exercícios para aplicação e fixação do conteúdo é fundamental para o entendimento dos novos conceitos (NOÉ, BRASIL ESCOLA).

O aluno pode além de reforçar o assunto, verificar se ainda existem dúvidas. Os exercícios para alunos do terceiro ano do EM podem ser feitos através de listas montadas a partir de provas de concursos vestibulares ou ainda do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) auxiliando desta forma a preparação dos mesmos.

A resolução de exercícios é segundo especialistas, muito eficiente para fixação do conteúdo, quando maior a variedade melhor, segundo Bvardieiro (2013) esta técnica apresenta alta utilidade para a preparação de concursos. Os exercícios apresentados ao final de cada módulo teve uma aceitação de 100 % por parte dos que participaram da pesquisa, incluindo o gabarito comentado que serviu segundo alguns como uma forma de complementar o embasamento teórico.

A ideia de oferecer a resolução do exercício e não apenas o gabarito, surgiu de uma observação pessoal do pesquisador. Muitas vezes um exercício apresenta um desenvolvimento mais complexo, principalmente os que envolvem os cálculos químicos e um pequeno detalhe torna o exercício complicado. A resolução além de minimizar este problema, serve também como base para desenvolvimento de um maior aprofundamento sobre o assunto que, para alguns professores, possa não ter sido suficientemente esclarecido no decorrer do módulo.

5. CONCLUSÕES

A forma não completa de abordagem da temática ambiental pelos livros didáticos faz com que professores do EM não utilizem o tema no cotidiano de suas aulas. Tal fato aliado ao grande número de conteúdos obrigatórios a serem trabalhados na grade curricular faz com que o tema se torne cada vez mais distante dos alunos e comunidade geral. Isto é evidenciado pelos percentuais obtidos. Dos quatorze professores que responderam o questionário, apenas seis professores declararam ter o hábito de inserir a temática ambiental em suas aulas, e destes quatorze, dois professores não tem o hábito de inserir em suas aulas tal temática.

A observação desses fatos comprova a necessidade da criação de MD que abordem o tema, auxiliando os profissionais que acreditam que a formação do senso crítico do aluno vai além de conhecimentos puros de conteúdos específicos de química ou qualquer outra disciplina. Uma comprovação do supracitado, é um dos professores que no questionário respondido, compõe o percentual de 14,30 % dos que não utiliza em suas aulas a temática ambiental. Este mesmo professor, após a análise dos MD, afirmou que pode fazer uso do material didático proposto pelo pesquisador como referência em suas aulas.

Para abordagem da temática ambiental utilizada nos MD, professores e alunos devem fazer uso de conceitos já adquiridos e existentes na estrutura cognitiva, pois ambos não devem ser tratados como “tábula rasa” e sim como retentores de conhecimentos pré existentes. Portanto a construção, análise e abordagem dos módulos em seus diferentes aspectos vai ao encontro da teoria de aprendizagem com significado de David Ausubel.

Os professores participantes da pesquisa definiram o material como atrativo, contendo informações cotidianas mostrando o que não é encontrado nos LD de Química para o EM. A utilização do material didático produto da pesquisa agregado à vontade de aprender do aluno, fato essencial para David Ausubel, pode reforçar a construção da aprendizagem com significado mediada pelos professores em sala de aula.

A análise dos LD, mostrou que embora ainda a temática ambiental não seja totalmente contemplada pelos autores, o PNLD se aperfeiçoou muito no decorrer dos anos. Fato comprovado pelas escolas federais e estaduais cadastradas, e as deficiências na temática analisada podem ser resolvidas pelo professor, se este tiver

acesso a um material que o auxilie, os MD construídos pelo pesquisador, atingem esse objetivo.

6. PERSPECTIVAS

Como perspectivas os MD serão disponibilizados pelo pesquisador no sítio eletrônico do Colégio Militar de Santa Maria (CMSM), indicado pelo endereço: www.colegiodovagao.com.br. Este endereço eletrônico é aberto ao público geral e não apenas ao do CMSM, será gerado também, um clube de EA na mesma instituição de ensino, este clube de EA, segue a política do CMSM em destinar durante a tarde, dois dias para atividades extraclasse que são oferecidas aos alunos. Entre estas atividades, podemos citar: clube de xadrez, robótica, clube de matemática e treinamento para as diversas olimpíadas pedagógicas as quais os discentes participam.

O clube de EA, será estruturado inicialmente com uma carga horária de duas horas semanais, além da discussão sobre temas que envolvem a degradação ambiental e as formas de minimizá-los, serão tratados assuntos como ética e moral por professores de filosofia e sociologia do corpo permanente do CMSM. O objetivo deste clube é contribuir para a formação cidadã e senso crítico dos alunos, para refletir sobre a problemática ambiental, mudanças de atitudes e principalmente ter a consciência de que como integrante de uma sociedade, apresenta direitos e deveres em frente a mesma.

O pesquisador pretende manter-se em contato com os professores que participaram da pesquisa, para trocas de ideias sobre a receptividade dos alunos em frente a temática ambiental. Verificar com os professores que utilizaram os MD como referências em suas aulas, se os mesmos notaram, se houve aprendizagem com significado e de que forma foi avaliada essa aprendizagem. Dessa última perspectiva pode-se ainda ser gerado um terceiro artigo.

7. REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e redenção do Conhecimento: Uma Perspectiva Cognitiva**. 1. Ed Lisboa: Plátano, 2003.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Edição Revista e Ampliada. São Paulo: Edições 70, 2011.

BESSA, V. da H. **Teorias da Aprendizagem**. 1. ed. Curitiba: IESDE, 2008.

BRAICK, P, R. **Histórias das cavernas ao terceiro milênio**. São Paulo, 3 ed, Moderna, 2007.

BRASIL, Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: terceiro e quarto ciclos: apresentação dos temas transversais** Secretaria de Educação Fundamental. – Brasília: MEC / SEF, 1998. 436p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Lei n. 9.795/1999**. Dispõe sobre a Educação Ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=321>. Acessado em 15 jun 2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Política Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acessado em 10 de junho de 2014.

BVARDIEIRO, B. **10 melhores métodos de estudo para se preparar para uma prova**. Grupo de Ciência da UNIFAL-MG, 2013. Disponível em: <http://ciencianarede.wordpress.com/2013/10/14/10-melhores-metodos-de-estudo-para-se-preparar-para-a-prova/>. Acessado em 20 de junho de 2014.

CALAGRANDE, E. A; FARIAS, L, A. **Química e Educação Ambiental: “tem conversa?” Proposta de sequência didática na unidade curricular prática pedagógica em Ensino de Ciências**. VII Encontro Paulista de Pesquisa em Ensino de Química, Universidade Federal do ABC, 2013. Disponível em: <http://eventos.ufabc.edu.br/eppeq2013/anais/resumos/27.pdf>. Acessado em 10 de agosto de 2014.

CAREGNATO, R. C. A; MUTTI, R. **Pesquisa qualitativa: análise de discurso versus análise de conteúdo**. Texto Contexto Enferm, Florianópolis, out-dez, 15(4), 2006.

CARPES, C, M. **EDUCAÇÃO AMBIENTAL OBJETIVA PARA OS NÍVEIS DE ENSINOS: FUNDAMENTAL E MÉDIO** Estudo de caso: Município de Santa Maria – RS. Tese de Doutorado, UFSM, 2011.

CASSOL, P. B; QUINTANA, A. M. **A contribuição da Bioética na preservação ambiental e na saúde**. Monografias Ambientais Remoa/UFSM. V(10), nº10, out-dez, 2012.

CASTRO, F. **Cientistas fazem balanço dos resultados da RIO+20**. Ago. de 2012. Disponível em:

<http://www.agencia.fapesp.br/16082>. Acessado em 23 de jun. 2014.

CARVALHO, I. C. M. **Educação Ambiental: a formação do sujeito ecológico**. São Paulo, 2 ed, Cortez, 2006.

CHALITA, G. **Educação: a solução está no afeto**. São Paulo, Gente, 2002.

CHRISPINO, A.; FARIA, P. **Manual de Química Experimental**. Editora Átomo, Campinas-SP, 2010.

CUBA, M. A. **Educação Ambiental nas escolas**. ECCOM, v. 1, nº 2, lul/dez, 2010.

DE PAULA, C. **Rio+20 teve grandes resultados**. Julho 2012. Disponível em: <http://www.planetasustentavel.abril.com.br/blog/riomais20/2012/07/03/rio20-teve-grandes-resultados/>. Acessado em 22 de jun. 2014.

DE SOUZA, V. M. **A Educação Ambiental na formação acadêmica de professores**. Conhecimento e Diversidade, Niterói, n. 8, 2012.

DIAS, G. F. **Educação Ambiental: princípios e práticas**. São Paulo, 9.ed, Gaia, 2004.

EICHLER, M. L; DEL PINO, J. C; **A produção de material didático como estratégia de formação permanente de professores de Ciências**. Revista Eletrônica de Enseñanza de Las Ciencias, vol 9, nº 3, 2010.

FARNESI, C. C; MELO, C. **Educação Ambiental no Ensino Formal: A atuação do professor**. Revista do Centro de Educação da UFSM, Santa Maria, v.27, n. 1, 2002.

FELTRE, R. **Química Geral 1**. 7ª ed. São Paulo: Moderna, 2008.

FERNANDES, D. N. **A importância da Educação Ambiental na construção da cidadania**. Revista OKARA : Geografia em debate, João Pessoa, v.4, n. 1 – 2, p.77 – 84. 2010.

FURTADO, J. D. **Os caminhos da Educação Ambiental nos espaços formais de ensino – aprendizagem. Qual o papel da Política Nacional de Educação Ambiental?** Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental, Rio Grande, v.22, 2009.

GUIMARÃES, M. A. **A dimensão ambiental na Educação**. Campinas: Papirus, 1995 (Coleção Magistério: Formação e trabalhos pedagógicos).

GRANADA, M. de A. **Propriedades ópticas de materiais no Ensino Médio por meio da Nanociência**. Dissertação (Mestrado profissionalizante em Ensino de Física e de Matemática) Centro Universitário Franciscano, 2011.

JACOBI, P. **Educação Ambiental, cidadania e sustentabilidade**, Cadernos de pesquisa, n. 118, p. 189 – 205, São Paulo, 2003.

LIMA, W. Aprendizagem e classificação social: um desafio aos conceitos. **Fórum Crítico da Educação**: Revista do ISEP/Programa de Mestrado em Ciências Pedagógicas, v.3, nº1, out 2004. Disponível em: <http://www.isep.com.br/FORUM5.pdf>. Acessado em 20 jun 2014.

LISBOA, J. C. **Ser Protagonista – Química 1º ano – Ensino Médio**. Edições SM, volume 1, São Paulo, 2010.

_____. **Ser Protagonista – Química 2º ano – Ensino Médio**. Edições SM, volume 2, São Paulo, 2010.

_____. **Ser Protagonista – Química 3º ano – Ensino Médio**. Edições SM, volume 3, São Paulo, 2010.

MANTOVANI, K. P. **O programa Nacional do Livro Didático – PNLD Impactos na Qualidade do Ensino público**. Dissertação de Mestrado, USP, 2009.

MELLO, A. S; MONTES, S. R; DE LIMA, L. **Educação Ambiental em curso de formação continuada para docentes do Ensino Básico – Uberlândia (MG)**. Uberlândia, Em Extensão, v.o, nº 1, jan/jul 2009.

MENEZES, E. T DE; SANTOS, T. H DOS. “**Transversalidade**” (Verbete) *Dicionário Interativo da Educação Brasileira* – EducaBrasil. São Paulo: Midiamix Editora, 2002, <http://www.educabrasil.com.br>, acessado em 23/05/2011.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO - PORTAL MEC: **Parâmetros Curriculares Nacionais : Meio Ambiente**. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/meioambiente.pdf>. Acessado em 10 ago 2014.

MORTIMER, E. F; MACHADO, A. H. **Química: Ensino Médio**. Editora Scipione, volume 1, São Paulo, 2011.

_____. **Química: Ensino Médio**. Editora Scipione, volume 2, São Paulo, 2011.

_____. **Química: Ensino Médio**. Editora Scipione, volume 3, São Paulo, 2011.

NOÉ. M. BRASIL ESCOLA. **A Importância das Listas de Exercícios**. Disponível em: <http://educador.brasilecola.com/estrategias-ensino/a-importancia-das-listas>. Acessado em 16 junho 2014.

OLIVEIRA, J. R.S. **Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente.** Acta Scientiae, v.12, nº 1, jan/jun. 2010.

PELIZZARI, A; et al. **Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel.** Revista PEC, Curitiba, vol. 2, nº 1, jul 2002.

PERUZZO, F. F; CANTO, E. L. **Química na abordagem do cotidiano – Química geral e Inorgânica.** Moderna, volume 1, 4ª edição, São Paulo, 2010.

_____. **Química na abordagem do cotidiano – Físico - Química.** Moderna, volume 2, 4ª edição, São Paulo, 2010.

_____. **Química na abordagem do cotidiano – Química Orgânica I.** Moderna, volume 3, 4ª edição, São Paulo, 2010.

PIRES, M. M; FRANCISCHETT, M. N. **O sentido da Educação Ambiental formal no discurso dos educadores.** Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental, Rio Grande, v.especial, 2014.

REIGOTA, M. **Meio ambiente e representação social.** São Paulo, Cortez, 1995.

REIS, M. **Química – Meio ambiente, Cidadania, Tecnologia.** FTD, volume 1, São Paulo, 2010.

_____. **Química – Meio ambiente, Cidadania, Tecnologia.** FTD, volume 2, São Paulo, 2010.

_____. **Química – Meio ambiente, Cidadania, Tecnologia.** FTD, volume 3, São Paulo, 2010.

_____. **Química.** Editora Ática, volume 1, São Paulo, 2014.

_____. **Química.** Editora Ática, volume 2, São Paulo, 2014.

_____. **Química.** Editora Ática, volume 3, São Paulo, 2014.

REZZADORI, C. B. D. B; CUNHA, M. B. **Produção de material didático: uma proposta para a Química Ambiental na escola.** Revista Varia Scientia, v. 05, nº 9, agosto de 2005.

ROCHA, J. S. M. **Educação Ambiental Técnica para os Ensinos Fundamental, Médio e Superior.** 2. ed. Brasília: Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior ABEAS, 2001.

RODRIGUES, M. E. F. **Os Paradigmas da Ciência e seus Efeitos na Composição dos Campos Científicos: a Instituição da Ciência da Informação.** Revista de Ciências da Informação, v. 11, nº 4, ago 2010.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. **Educação em química: compromisso com a cidadania**. Rio Grande do Sul, Ijuí: Ed. da Unijui, 1997.

SANTOS, W; MÓL, G. **Química Cidadã**. Editora nova geração, volume 1, São Paulo, 2010.

_____. **Química Cidadã**. Editora nova geração, volume 2, São Paulo, 2010.

_____. **Química Cidadã**. Editora nova geração, volume 3, São Paulo, 2010.

SATO, M. Para quem servirá Jo'Burg 2002? **V CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA SOBRE MEIO AMBIENTE**. Anais... Belo Horizonte: Ecolatina, 2002 (4º fórum: ONGs ambientalistas). [Reproduzido em: Educação Ambiental em Ação, ano I, n. 2, set/nov, 2002]. Disponível em: <http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=58&class=20>. Acessado em 15 jun 2014.

SCARDUA, V. M. **Crianças e meio ambiente: A importância da Educação Ambiental na Educação infantil**. Vila Velha, Revista FACEVV, jul./dez, 2009.

SCHNETZLER, R. P.; SANTOS, W. L. P. **Educação em Química: Compromisso com a Cidadania**. 3. ed. Rio Grande do Sul, Ijuí: Ed. da Unijui, 2003.

SOLOMONS, G. **Química Orgânica 1**. 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.

SOLOMONS, G. FRYHLE, G. **Química Orgânica**. Vol. 2, 7º Ed, Rio de Janeiro, LTC, 2002.

TAMAIIO, I, A. **A mediação do professora na construção do conceito de natureza**. Campinas, Dissertação de Mestrado, UNICAMP, 2000.

USBERCO, J; SALVADOR, E. **Conecte Química 1**. São Paulo: Saraiva, 2011.

VALADARES, E. de C. **Propostas de Experimentos de Baixo Custo Centradas no Aluno e na Comunidade**. Química Nova na Escola, nº 13, maio 2001.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Utilização de clorofluorcarbonos (CFC) e destruição da camada de ozônio (O₃)

1. OBJETIVO

Este módulo tem por objetivo tratar do uso de clorofluorcarbonetos e a forma como atuam na camada de ozônio, fazendo deste um eixo temático para a abordagem de conteúdos do Ensino Médio.

2. UTILIZAÇÃO

O conteúdo pode ser desenvolvido em aulas do 3º ano do Ensino Médio, tais como nomenclatura e caracterização de haletos orgânicos, nomenclatura usual, filtros solares e sua importância; a importância da camada de ozônio. Há, também, a possibilidade de retomar conceitos anteriores como alotropia (o que é tipos de alótropos e estabilidade dos mesmos), noções sobre espectro visível, luz ultravioleta, bem como mostrar, por meio de reportagens, as consequências da destruição da camada de ozônio.

3. CONTEÚDO TEÓRICO

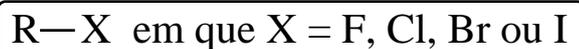
O estudo de funções orgânicas no 3º ano do Ensino Médio, além de ser importante para a resolução de questões de concursos (como vestibulares e o Enem), oportuniza a integração do aluno com o seu cotidiano, pois a diversidade de compostos orgânicos que o cercam é tal que se fazem presentes desde suas necessidades básicas (vestuário, alimentação, medicamentos, higiene pessoal etc.) até influenciarem no modo como desenvolvem sua relações interpessoais e sua interação com o ambiente.

O estudo da função haletos orgânicos deve ser aprofundado em um ponto, o qual se refere à questão da destruição da camada de ozônio através dos clorofluorcarbonetos (freons) e o que está ou foi feito para minimizar este problema ambiental.

3.1. Haletos orgânicos

Os haletos orgânicos são compostos que apresentam pelo menos um átomo de halogênio (F, Cl, Br, I) ligado a um radical derivado de hidrocarboneto.

Esses compostos são representados genericamente por:



Nomenclatura:

Oficial (Of) : *Nome do halogênio + hidrocarboneto correspondente.*

Usual (Us) : *Halogênio + eto de radical orgânico*



Of: Cloro metano

Us: Cloreto de metil(a)



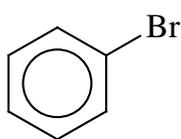
Of: Cloro etano

Us: Cloreto de etil(a)



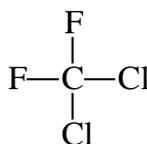
Of: Bromo eteno

Us: Brometo de vinil(a)



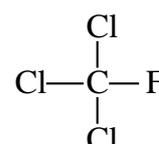
Of: Bromo benzeno

Us: Brometo de fenil(a)



Of: Dicloro diflúor metano

Us: Freon 12



Of: Tricloro flúor metano

Us: Freon 11

- A explicação para o número que segue a nomenclatura usual Freon, vem a seguir.

3.2. Freon

O Freon é um gás formado por clorofluorcarbonetos, conhecido pela sigla CFC, os mais importantes são o CCl_2F_2 denominado freon-12 (os números 1 e 2 indicam respectivamente os números de átomos de carbono e flúor presentes na estrutura) e o CCl_3F , chamado de freon-11 (FELTRE, VOLUME 1, 2008). O CFC foi descoberto em 1926 por Thomas Midgley Jr. e seu principal colaborador, Albert L. Henne e colaboradores esta equipe foi montada por Charles Franklin Kettering que era vice-presidente da empresa Frigidaire, Thomas Midgley Jr. foi escolhido pela empresa para chefiar estudos sobre o freon e em 31 de dezembro de 1928 obtém a primeira patente sobre o CFC (ARTIGOS.TOL). O freon 12 foi descoberto em 1931, também

por Thomas Midgley Jr., e foi considerada a maior descoberta do século, pois é aparentemente inofensivo, não apresenta odor, não é inflamável, explosivo ou até mesmo tóxico e ainda pode ser usado como gás de refrigeração em refrigeradores, aparelhos de ar condicionado e sprays.

Entretanto o uso dos aerossóis e eventuais vazamentos nos aparelhos de refrigeração liberam os freons para a atmosfera, ocasionando um sério problema ambiental, pois estes podem destruir a camada de ozônio que protege a Terra dos raios ultravioleta. Os CFCs reagem com o ozônio presente na estratosfera causando a sua depleção.

Lembrar: Radical livre é uma estrutura que apresenta um elétron desemparelhado através de um processo denominado Homólise ou Cisão homolítica (FELTRE, VOLUME 3, 2008).

Como visto o grande problema do freon é quando ele chega até o ozônio troposférico gerando um problema ambiental. Outro agravante é que estes gases permanecem ativos na atmosfera por até 150 anos. Levando-se em consideração que são utilizados de forma irrestrita desde 1932 por se acreditar inofensivo.

A radiação ultravioleta causa danos às algas marinhas, afetando de modo nocivo muitas formas, inclusive a humana. Estima-se que 1% de decréscimo de ozônio resulte em 2% de aumento da intensidade da radiação UV-B, o que leva a bronzeamento e queimaduras na pele humana de modo que uma superexposição pode levar ao câncer de pele (BAIRD E CANN, 2011).

4. ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

Muitas formas de energia são usadas no cotidiano, e, portanto, apresentam uma maior familiaridade. Exemplo disto é o caso do raio-x que, devido ao seu poder de penetração em materiais é usado na medicina para análise de órgãos internos sem a necessidade de abrir (cirurgia) o paciente. Já a exposição excessiva à radiação ultravioleta proveniente do sol, comumente conhecida como radiação UV pode causar queimaduras e outros problemas de pele, tornando fundamental o uso

de protetor solar. Outros exemplos estão nas de ondas de rádio e de radar utilizadas nas comunicações (SOLOMONS, 1996).

Os raios X como mencionados anteriormente apresentam comprimento de onda na ordem de 0,1 nm (pequeno comprimento de onda, alta energia) enquanto que a luz visível, apresenta comprimentos de onda entre 400 e 750 nm, com isso se percebe que o comprimento de onda está relacionado a cor. A cor vermelha tem comprimento de onda aproximado de 750 nm enquanto o violeta tem comprimento de onda aproximado em 400 nm. Todas as outras cores do espectro visível estão entre estes dois comprimentos de onda.

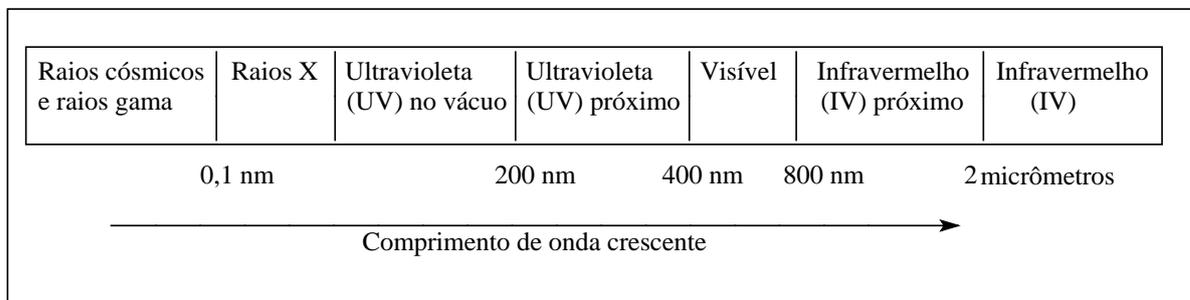


Figura 1: Espectro eletromagnético.

Fonte: <http://www.agr.feis.unesp.br/hrsilva/SERECAP1131.htm> Adaptado.

A radiação eletromagnética apresenta natureza dupla, de partícula e onda, que se propaga simultânea nos campos elétrico e magnético que são perpendiculares entre si, de acordo com a Figura 2.

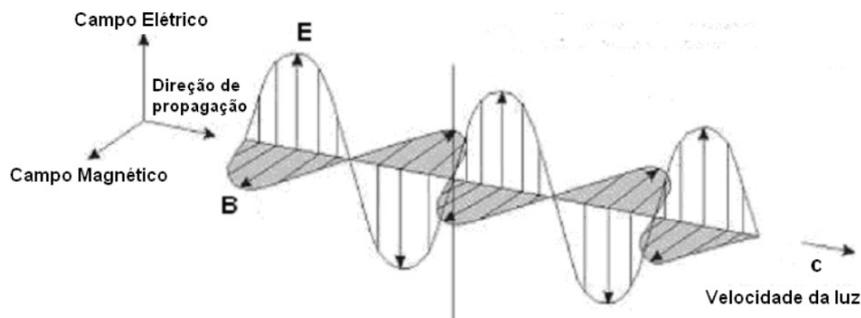


Figura 2: Propagação da onda nos campos elétrico (E) e campo magnético (B).

Fonte: <http://crv.educacao.mg.gov.br>.

Esta mesma onda pode ser descrita como se fosse constituída por partículas denominadas quanta de energia ou Fótons, onde estas duas características são observadas simultaneamente.

As ondas apresentam um comprimento de onda (λ) que indica a distância entre duas cristas sucessivas e uma frequência (ν) que indica o número de ciclos completos da onda que passam por um dado ponto, em cada segundo. A frequência é medida em ciclos por segundo ou hertz.

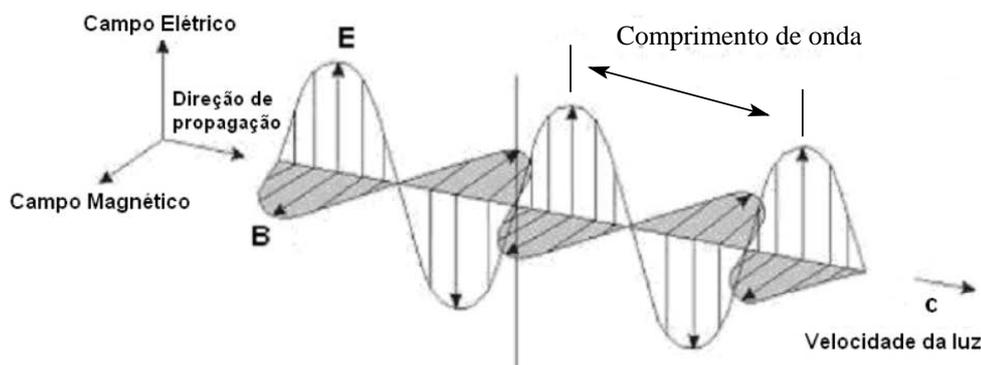


Figura 3: Propagação de onda, demonstração de comprimento e frequência.
Fonte: <http://crv.educacao.mg.gov.br> Adaptada.

Qualquer onda eletromagnética se propaga no vácuo com a mesma velocidade (c), denominada velocidade da luz, que corresponde a $2,99792458 \times 10^8$ m s⁻¹ e como a velocidade representa o produto da frequência pelo comprimento de onda; temos:

$$c = \lambda \cdot \nu \quad \text{logo} \quad \nu = c / \lambda$$

A energia de um quantum de energia eletromagnética está diretamente relacionada com a sua frequência:

$$E = h \cdot \nu$$

Onde h = constante de Planck que vale $6,63 \times 10^{-34}$ J s. Como $\nu = c / \lambda$:

$$E = h \cdot c / \lambda$$

Estas equações indicam que quanto **mais elevada a frequência** da radiação, **maior será a energia** que a mesma transporta. De forma análoga se pode concluir que a **energia da radiação é inversamente proporcional ao comprimento de onda** (SOLOMONS, 1996).

Os comprimentos de onda podem ser expressos (ALLINGER et al, 1976).

$$1 \text{ mm (milímetros)} = 10^{-3} \text{ m}$$

$$1 \text{ }\mu\text{m (micrômetros)} = 10^{-6} \text{ m}$$

$$1 \text{ nm (nanômetro)} = 10^{-9} \text{ m}$$

4.1. ESPECTROSCOPIA NO ULTRAVIOLETA

No momento em que um feixe de radiação eletromagnética passa por um composto que apresenta ligações múltiplas, ocorre absorção de energia por parte deste composto e esta absorção depende do comprimento de onda da radiação, portanto, ao absorver energia na região do visível ou do ultravioleta uma parte da energia é absorvida na transição eletrônica de elétron em um orbital de menor energia para um orbital de maior energia (SOLOMONS, 1996 e ALLINGER, et al, 1976). A Figura 4 mostra os comprimentos de onda da radiação ultravioleta, que pode ser classificada em 3 tipos:

Comprimento de onda (nm)	Faixa	Comprimento de onda (nm)	Subfaixa
<50	Raios X		
	Ultravioleta	200	UV-C
		280	
		320	UV-B
400		400	UV-A

Figura 4: O espectro eletromagnético das faixas de luz ultravioleta.
Fonte: BAIRD e CANN, 2011.

A radiação UV-C apresenta alta energia, o que a torna muito prejudicial aos seres vivos. Esta radiação não chega até a superfície terrestre devido a absorção pelo oxigênio e ozônio estratosférico (FLOR E DAVOLOS, 2007). A molécula de oxigênio embora não absorva luz visível de forma significativa, absorve luz

ultravioleta como pode ser visualizado no seu espectro de absorção, ilustrado na Figura 5.

Espectro de absorção: Representação gráfica que mostra a fração relativa da luz que é absorvida por um dado tipo de molécula em função do comprimento de onda (SOLOMONS,1996).

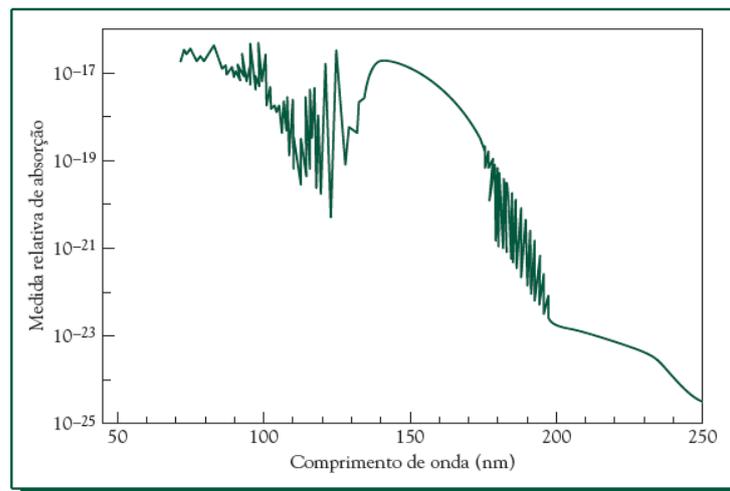


Figura 5: Espectro de absorção do O_2 .

Fonte: T.E. Graedel and P.J. Crutzen, *Atmospheric Change: An Earth System Perspective* (New York: W.H. Freeman, 1993).]

Como demonstra a figura 5 , a molécula de O_2 absorve luz ultravioleta entre 50 e 200 nm, e, acima de 200 nm a absorção do O_2 começa a decrescer continuamente. A absorção de uma molécula se deve às diferenças entre os níveis de energias dos seus elétrons para que ocorra a transição eletrônica.

A radiação UV-B atinge toda a superfície terrestre, possui alta energia, ocasionando queimaduras solares, o aumento nas quantidades desta radiação também pode afetar o sistema imunológico humano através de reações prejudiciais com o DNA, suprimindo a resposta imunológica da pele, desta forma, além de aumentar o risco de mutações fatais, manifestado sob a forma de câncer de pele, sua atividade reduz a chance de uma célula maligna ser reconhecida e destruída pelo organismo (STREILEN, et al, 1994).

A Figura 6 mostra que os principais efeitos nocivos da radiação UV-B ocorre na faixa de aproximadamente 300 nm , que é justamente nesta faixa que pessoas de pele clara absorvem o máximo de luz UV proveniente do sol.

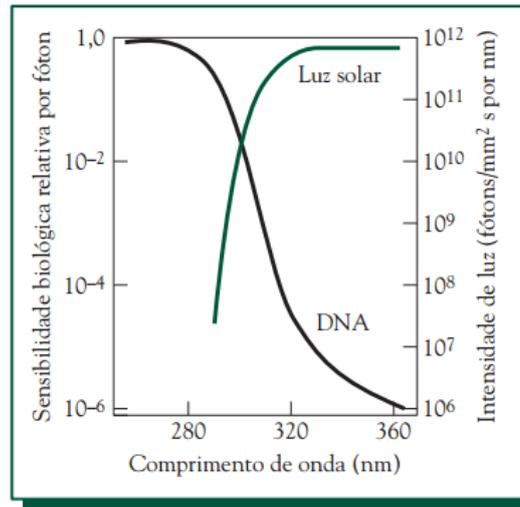


Figura 6: Espectro de absorção do DNA e intensidade da luz solar.

Fonte: R.B. Setlow, *Proceedings of the National Academy of Science USA* 71 (1974).

A maior parte dos casos de câncer de pele ocorre pela superexposição ao UV-B da luz solar, que está sendo observado em muitas áreas do mundo. Outras doenças também ocorrem decorrente desta superexposição. A parte frontal do olho é responsável pela absorção da luz UV antes de atingir a retina, e, com o passar do tempo, a luz UV-B absorvida pela córnea e pelo cristalino produz estruturas moleculares altamente reativas, denominadas radicais livres, que podem atacar moléculas originando cataratas e degenerações até a morte de células na parte central da retina. A maior incidência de UV-B, pode afetar a eficiência da fotossíntese, na qual a resposta da planta seria uma menor quantidade de folhas, sementes e frutos. A cadeia alimentar marinha também é afetada, no momento em que os fitoplânctons (é um dos tipos de plâncton, formado por organismos vegetais, em sua grande maioria microscópica, que flutuam com pouca capacidade de locomoção nos oceanos e mares, na superfície de águas salobras, doces ou lagos), também são afetados pela exposição à radiação UV-B (BAIRD E CANN, 2011).

Por essa razão a camada de ozônio se torna imprescindível a manutenção de vida terrestre, pois a absorção da molécula de ozônio (O_3) ocorre em região de maior comprimento de onda que a molécula de O_2 , abrangendo a faixa da radiação UV-B, mostrado na Figura 7.

De acordo com a Figura 7, a absorção da UV-B ocorre principalmente por moléculas de O_3 , que devido a constituição eletrônica diferente do O_2 apresenta

características de absorção diferente. Entretanto o O_3 pode absorver apenas uma parte da radiação nos comprimentos de onda de 290 até 320 nm, de modo que a quantidade de luz neste comprimento de onda penetra a atmosfera até a superfície da Terra.

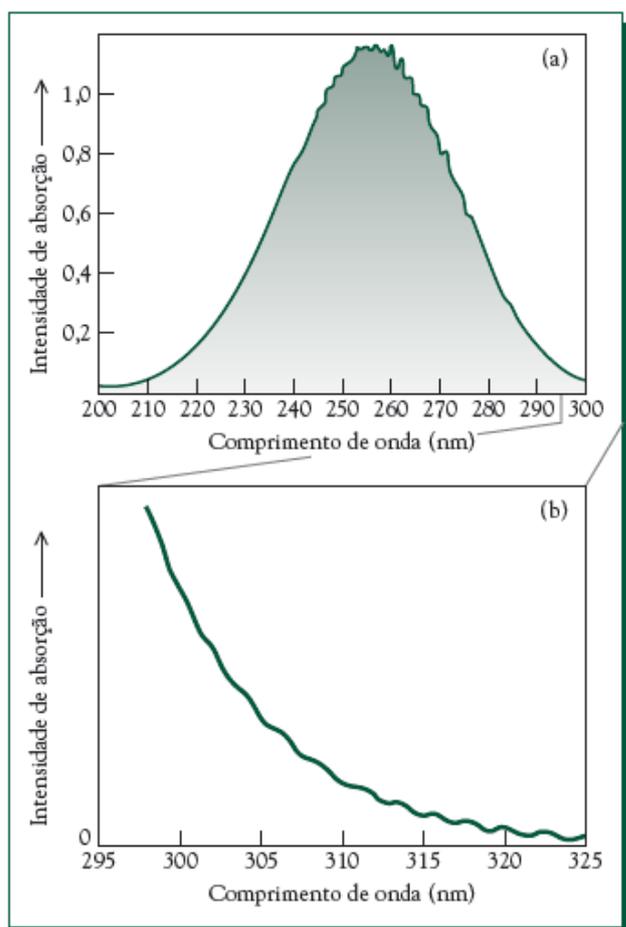


Figura 7: Espectro de absorção do O_3 : (a) de 200 a 300 nm e (b) de 295 a 325 nm. Note que são utilizadas escalas diferentes para a medida da absorção nos dois casos.

Fontes: (a) M.J. McEwan and L.F. Phillips, *Chemistry of the Atmosphere*. (London: Edward Arnold, 1975). (b) redesenhado de J. B. Kerr and C. T. McElroy, *Science* 262: 1032-1034.

Copyright 1993 by the AAAS.

A radiação UV-A, acaba atingindo a superfície da Terra, por não apresentar ozônio e nem outra substância com capacidade de absorção significativa neste comprimento de onda (320-400 nm). Este tipo de luz apresenta menor poder nocivo em comparação a UV-B, entretanto dependendo da exposição e do tipo de pele, pode causar câncer, e pode de maneira indireta atuar na formação de radicais livres (FLOR E DAVOLOS, 2007).

5. CAMADA DE OZÔNIO

A camada de ozônio está localizada na parte inferior da estratosfera, porção da atmosfera que atinge de 10 - 16 até os 50 quilômetros de altitude, localizada logo

acima da troposfera (região que se estende da superfície terrestre até 10 - 16 quilômetros de altitude) (MANAHAN, 2013).

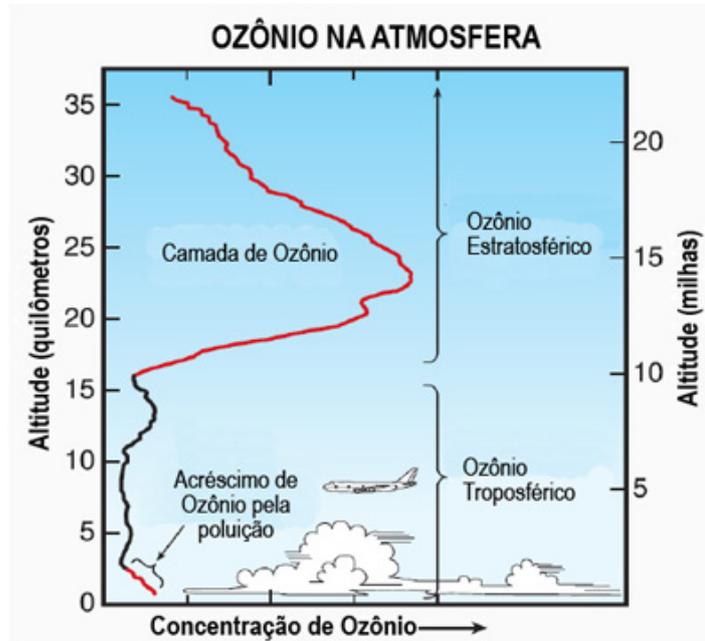


Figura 8: Regiões da atmosfera com a concentração de ozônio.
Fonte: <http://www.risco.com.br/NL/MOL/14/Camada-de-ozonio.htm>.

Esta camada é de vital importância ao ser vivo, pois ela filtra a radiação ultravioleta solar impedindo que esta chegue até a superfície da Terra, fornecendo condições de sobrevivência da vida animal e vegetal que não suportariam a incidência direta desta radiação.

Quando o ozônio se localiza na troposfera ele é tóxico, apresenta coloração azul escuro um odor forte associado a faíscas de equipamentos elétricos e a exposição a concentrações de 0,1 ppm devem ser evitadas (FELTRE, VOLUME 1, 2008).

ppm (parte por milhão), esta unidade de concentração é utilizada para expressar soluções diluídas. Indica a quantidade, em gramas de soluto presente em um milhão (10^6) de gramas de solução (USBERCO E SALVADOR, VOLUME 2, 2011).

Logo: 0,1ppm de ozônio = 0,1 g de ozônio em 10^6 g de ar.

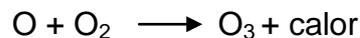
O ozônio é usado também como desinfetante na purificação da água potável, pois destrói bactérias e vírus, leva vantagem em relação ao cloro devido ao fato de não deixar odor e gosto e o excesso de ozônio se decompõe em oxigênio, por essa

razão o ozônio é usado para trata água de piscinas. É preparado a partir de um aparelho chamado Ozonizador, que consiste na ação de uma descarga elétrica sobre o oxigênio, entre dois tubos metalizados.

5.1. Formação do ozônio estratosférico

Em regiões acima da estratosfera o ar é muito rarefeito (pouco denso) e as moléculas se encontram em baixas concentrações, tanto que a maioria do oxigênio (O_2) se encontra na forma atômica decorrente da dissociação da molécula de O_2 pela radiação UV-C (comprimento de onda de 200 a 280 nm) da luz solar, na estratosfera a quantidade de radiação UV-C é bem menor devido a absorção pelo oxigênio na parte superior. Nesta região (estratosfera) o ar é mais denso, logo a concentração de oxigênio molecular é bem maior.

Devido a esta maior concentração de oxigênio molecular, o oxigênio atômico colide com o O_2 para formar o ozônio (O_3), de acordo com a reação a seguir:



A formação deste calor é suficiente para determinar a temperatura nesta região, e esta reação é a fonte de todo o ozônio da estratosfera, como mostrado na Figura 9.

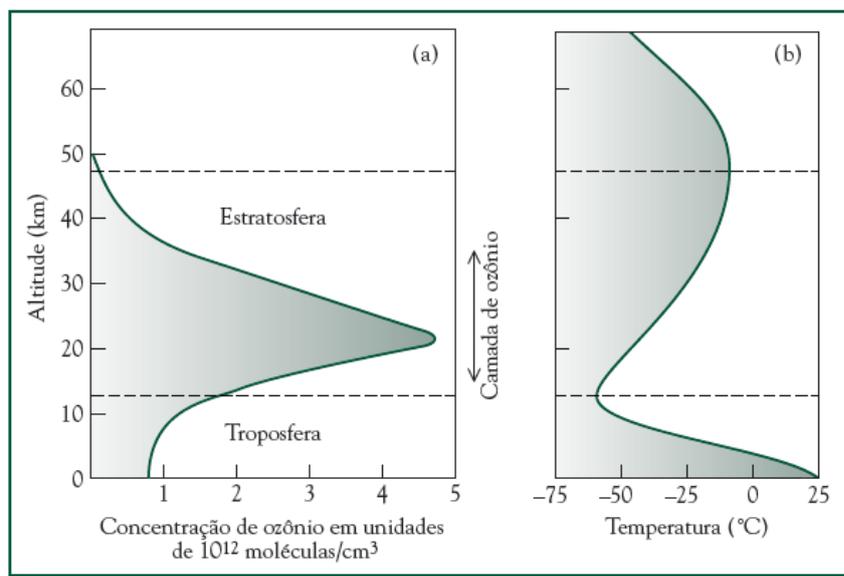


Figura 9: Variação com a altitude de (a) concentração de ozônio e (b) temperatura do ar. Fonte: Baird e Cann(2011).

A existência de uma terceira molécula é necessária para retirar o calor produzido da colisão entre o oxigênio atômico e o O_2 . Esta molécula pode ser N_2 , H_2O ou até mesmo outra molécula de O_2 .



Por essa razão a temperatura na estratosfera é mais elevada do que a que existe acima e abaixo da mesma. Este fenômeno é conhecido como **inversão térmica**.

Inversão térmica: Devido ao ar frio ser mais denso que o ar quente, o ar frio não se eleva de forma espontânea devido a gravidade, portanto a mistura de ar na estratosfera não é tão efetiva quanto em regiões mais próximas à superfície terrestre. Como o ar se encontra estratificado vem o nome estratosfera.

O ar que se encontra em contato com a superfície da Terra é aquecido pelo sol mais fortemente que o ar a alguns quilômetros de altitude. No momento em que o ar quente sobe da superfície propicia um aumento na troca vertical de ar dentro da troposfera.

O mecanismo de formação e consumo de ozônio pode ser demonstrado pelas reações que seguem:



A molécula de oxigênio (O_2) absorve luz ultravioleta produzindo átomos de oxigênio (reação 1) que reagem com O_2 para formar ozônio (O_3) (reação 2). A fotodissociação do O_3 por luz ultravioleta produz oxigênio molecular e atômico (reação 3), este oxigênio atômico reage com O_3 produzindo oxigênio molecular (reação 4). Na estratosfera as reações 2 e 3 são muito rápidas, logo a concentração de ozônio nesta região deve ser constante (MOZETO, 2001).

O ozônio estratosférico está sendo constantemente decomposto e formado durante as horas de luz através de uma série de reações que ocorrem simultaneamente. Os processos de produção e decomposição analisados constituem o chamado Ciclo de Chapman, ilustrado a seguir:

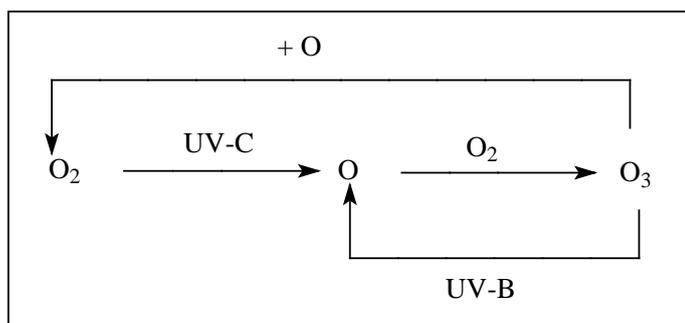
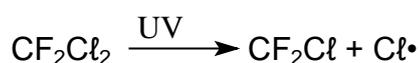


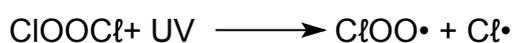
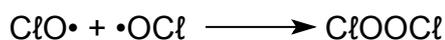
Figura 10: Ciclo de Chapman.
Fonte: Baird e Cann, 2011.

5.2. Destruição do ozônio estratosférico

A destruição do ozônio estratosférico representa uma das maiores ameaças ao meio ambiente, isso ocorre através de substância liberadas na atmosfera, que catalisam a reconversão do O_3 em O_2 mostradas na Figura 10. Os principais culpados por esta degradação são substância denominadas Freons (CFC- cloro-flúor-carbonos). Mario Molina e F. Sherwood Rowland publicaram um estudo em 1974, que apresentava indícios de que os CFCs atuavam como catalisadores do ozônio estratosférico. As reações do ozônio com os freons são:



Na sequência reacional ocorre a formação de um dímero do intermediário $ClO\cdot$ instável:





A reação total será:



O cloro radicalar volta a atacar outra molécula de ozônio ocasionando a chamada **reação em cadeia**.

5.3 Buracos na camada de ozônio

A quantidade total de ozônio presente na atmosfera é expressa em **Unidades Dobson** (UD), no qual uma unidade Dobson, equivale a espessura de 0,01 nm de ozônio puro (MANAHAM, 2013). Como analisado anteriormente, a depleção do ozônio se deve a grande quantidade de CFCs lançados diariamente no meio. Na região da Antártida, se observa uma redução em torno de 50% de ozônio durante o período da primavera no pólo sul nos meses de setembro até novembro (BAIRD e CANN, 2011).

Isto pode ser explicado devido a formação de nuvens estratosféricas polares (NEPs) ilustradas na Figura 11.



Figura 11: Nuvens estratosféricas polares (NEPs).

Fonte: <http://negaointernauta.com/as-10-formaes-de-nuvens-mais-maneiras-que-existem/>

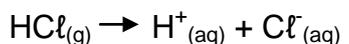
Na estratosfera não há ocorrência de nuvens, mesmo no inverno, pois a concentração de água nesta região é extremamente baixa, entretanto existem pequenas gotículas de líquido, em sua maioria de ácido sulfúrico (H_2SO_4) e de ácido nítrico (HNO_3), ambos resultados da interação entre radicais hidroxilas e SO_2

presente na atmosfera que em outras etapas produz ácido sulfúrico e no caso do ácido nítrico a interação dos radicais hidroxilas com NO_2 gasoso (MOZETO, 2001, BAIRD E CANN, 2011), devido as baixas temperaturas do inverno no Polo Sul que cai bastante (-80°C) nos meses escuros, ocasiona uma redução da pressão do ar, que combinada à rotação da Terra produz um vórtice polar (um ciclone persistente de grande escala localizada perto dos polos geográficos de um planeta), formando uma massa de ar com ventos que podem ultrapassar 300 Km/h. Devido a esta grande velocidade, a matéria não pode penetrar no interior do vórtice, e o ar isolado permanece muito frio por muitos meses. A condensação dos gases dentro do vórtice forma as nuvens estratosféricas polares (NEPs). Devido às baixíssimas temperaturas durante o inverno ocorre a formação dos primeiros cristais dentro do vórtice polar, as reações químicas que levam a destruição do ozônio ocorrem em uma fina camada aquosa localizada na superfície dos cristais de gelo e de NEP. Nestas reações ocorre a ativação do cloro presente nas formas inativas HCl e ClONO_2 nas formas ativas Cl e ClO . Este cloro ativo causa uma grande depleção anual do ozônio nesta região.

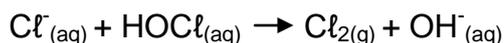
Nitrato de cloro gasoso reage com moléculas de água produzindo ácido hipocloroso.



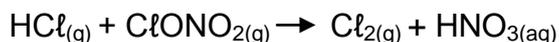
Na camada aquosa ocorre a ionização do ácido clorídrico.



O cloro dissolvido nas duas reações anteriores produz cloro molecular:



A Figura 12 representa o processo global que ocorre nas reações anteriores:



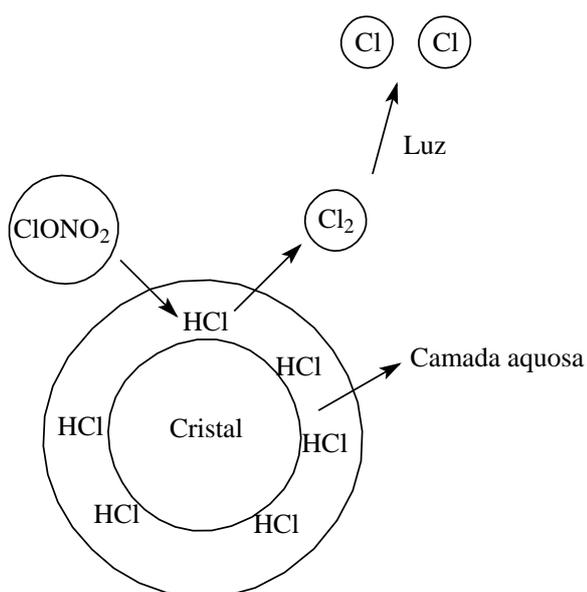
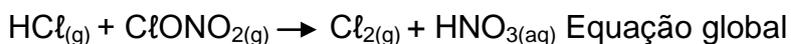
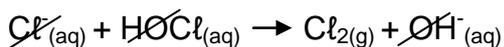


Figura 12: Esquema ilustrativo da produção de cloro molecular a partir de formas inativas de cloro na estratosfera durante inverno e a primavera em regiões polares.
Fonte: Baird e Cann (2011).

Somatório das equações demonstradas:



Desta forma o cloro molecular se torna predominante nos meses frios e escuros de inverno, se acumulando dentro do vórtice na baixa estratosfera, uma massa de ar se move para a extremidade do vórtice onde há um pouco de luz e o cloro molecular é decomposto em cloro atômico, da mesma maneira que qualquer molécula de ácido hipocloroso que venha a ser liberada da superfície dos cristais, também é decomposto em cloro atômico.



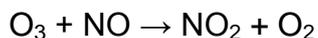
Ocorrendo a partir deste momento a destruição massiva do ozônio pelo cloro atômico, e, como as temperaturas são muito baixas sobre a Antártida, os cristais permanecem por meses, e, qualquer cloro que venha novamente a ser convertido em HCl, volta novamente para o cloro molecular. A inativação do ClO pela conversão a ClONO₂ não acontece devido ao fato do NO₂ necessário a esta inativação se encontrar ligado ao cristal no interior do vórtice polar. Quando a temperatura começa a subir, o vórtice enfraquece e os níveis de ozônio voltam aos normais.

O óxido nitroso (NO₂) também é um dos gases precursores na destruição da camada de ozônio. No período pré-industrial dos países desenvolvidos, a concentração deste gás no meio era de 275 ppm e, atualmente passa de 312 ppm, aumentando anualmente. Os oceanos são grandes fontes destes óxidos devido à decomposição bacteriana de compostos de nitrogênio e a desnitrificação de sedimentos marinhos. O NO₂ atua na degradação do ozônio através de duas reações:

Estas moléculas reagem com átomos de oxigênios fotoquimicamente excitados:



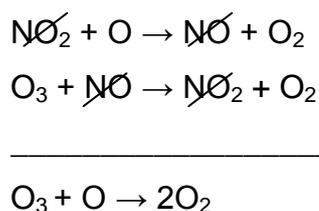
Esta reação leva a formação do monóxido de nitrogênio que é o principal agente de remoção do O₃ da estratosfera.



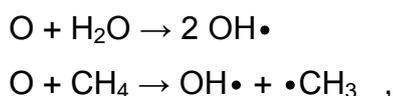
As moléculas de NO são recuperadas através da reação:



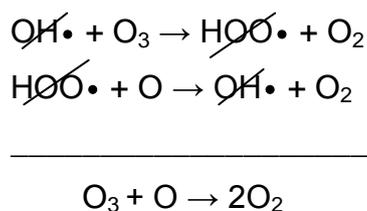
A sequência a seguir mostra a reação global:



Os radicais hidroxila ($\text{OH}\cdot$) que se originam na estratosfera a partir de uma reação entre átomos de oxigênio excitados com moléculas de água ou de metano:



Estes radicais destroem o ozônio que se localiza na parte mais elevada da estratosfera.



No ano de 1986 foi organizada a primeira expedição nacional do ozônio chamada de National Ozone Expedition (NOZE-1), e instalaram a primeira base na Antártica. O NOZE-1 detectou altos níveis de componentes de cloro na estratosfera e no ano de 1987 a nave instrumental chamada de NOZE-2 detectou um enorme aumento de cloro quando entrou no vórtice polar. A Figura 13 mostra a variação no buraco de ozônio na Antártica no decorrer dos anos de 1980 até 1991. Observa-se que no decorrer deste tempo há um crescimento contínuo durante a década de 80 com uma leve redução nos anos 1986 e 1988. Entretanto, a partir do ano de 1989 não se verifica mais esta redução.

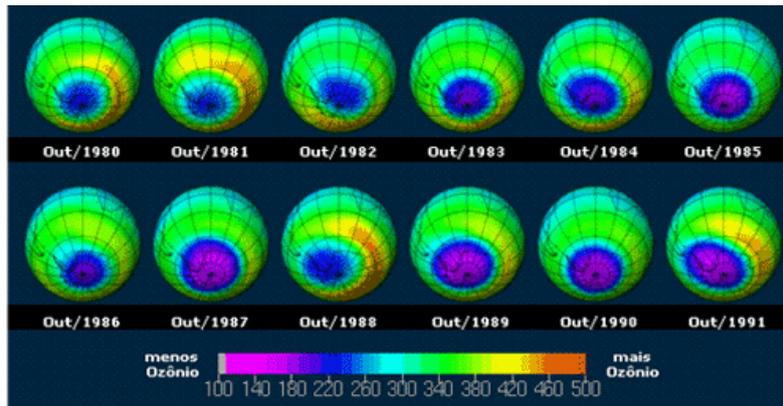


Figura 13: Buraco na camada de ozônio na Antártica de 1980 até 1991.
Fonte: http://www.tempoagora.com.br/mclimaticas/mc_poluicao.php.

Em fevereiro de 2013 satélites europeus detectaram que o menor buraco na camada de ozônio observada na última década foi em 2012, isto foi consequência de temperaturas menos frias registradas na região. A Figura 14 mostra a evolução do buraco nos últimos 12 anos no período observado durante a primavera (de setembro a novembro) no continente.

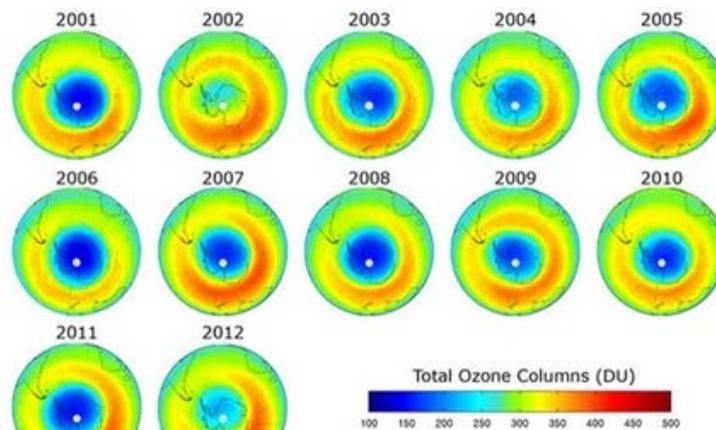


Figura 14: Evolução do buraco na camada de ozônio na Antártica nos anos 2001 até 2012.
Fonte: <http://noticias.uol.com.br/meio-ambiente/album/2013/01/03/veja-os-destaques-de-meio-ambiente-2013.htm>

6. SUBSTITUTOS PARA OS FREONS

Devido às características do freon, o uso de um substituto acabou se tornando uma tarefa difícil, entretanto necessária. Um dos fatores, além da degradação do ozônio estratosférico, é o Protocolo de Montreal, que foi criado em 1985 na Convenção de Viena, que tratava a questão da proteção da camada de ozônio. O

protocolo foi assinado no dia 16 de setembro de 1987, e, durante dois anos o protocolo esteve aberto às assinaturas pelos países, recebendo a adesão de 46 governos que se comprometeram em reduzir em 50% a produção e consumo de CFCs até o ano 2000. Até 1999 o Protocolo de Montreal havia passado por cinco revisões onde recebeu algumas emendas: em 1990 na reunião em Londres, Inglaterra, foi aceita a emenda (Emenda de Londres) pela qual as partes concordaram em abandonar totalmente a produção e consumo de CFCs até 2000 (até então o acordo era de reduzir em 50%) (INFOESCOLA). Nesta reunião também foi criado um fundo para ajudar financeiramente a implementação do Protocolo pelas partes (Fundo Multilateral para a Implementação do Protocolo de Montreal); em 1992 na reunião em Copenhague, Dinamarca, ficou acordado o banimento total da produção e utilização dos HCFCs (hidroclorofluorcarbonetos) até 2030, que estavam sendo utilizados como substitutos dos CFCs, a meta do banimento dos CFCs foi antecipada para 1996 e, também, houve o congelamento da produção e consumo dos brometos de metila até 1995; em 1997 em Montreal, ficou acordado, através de uma nova emenda, o banimento do brometo de metila pelos países industrializados até 2005 e o mesmo para os países em desenvolvimento, até 2015. Como também os CFC, ainda eram utilizados, instituiu-se uma licença para fins de exportação e importação da substância. Foi fruto das reuniões sobre o Protocolo, também, a criação do Dia Internacional de Proteção a Camada de Ozônio em 16 de setembro, aprovado por resolução da Assembleia Geral das Nações Unidas em 1995.

Os substitutos temporários para os CFCs são os (HCFCs), que foram empregados na década de 90, o principal exemplo é o CHF_2Cl , denominado HCFC-22. No momento em que apresenta um átomo de hidrogênio, pode ser removido do ar antes de alcançar a estratosfera, apresenta potencial de redução do ozônio pequeno em comparação ao CFC, pois devido ao fato de apresentar pelo menos uma ligação C – H pode reagir com radicais hidroxilas presentes no meio antes de atingir regiões da estratosfera.

7. FILTROS SOLARES

Em decorrência do problema do buraco na camada de ozônio e conseqüentemente uma maior incidência de radiação ultravioleta, o uso de filtros

solares torna-se fundamental para a proteção da pele. Existem duas classes destes produtos: orgânicos e inorgânicos, nos orgânicos existem a presença de compostos orgânicos que geralmente absorvem a radiação ultravioleta e nos inorgânicos a presença de óxidos metálicos, que a refletem.

As moléculas que constituem os filtros orgânicos são essencialmente compostos aromáticos com grupos carboxílicos, que de modo geral apresentam um grupo doador de elétrons como um grupo amina ou metoxila localizado na posição orto ou para em relação ao anel aromático. Este efeito protetor ocorre devido às transições eletrônicas envolvidas durante a absorção da radiação ultravioleta resultado da diferença de energia entre os orbitais HOMO (orbital preenchido de mais alta energia) e LUMO (orbital preenchido de mais baixa energia).

A Figura 15 mostra um diagrama de orbitais moleculares (a) do benzeno simplificado, (b) e (c) com alterações devido a adição de grupos doadores e receptores de elétrons.

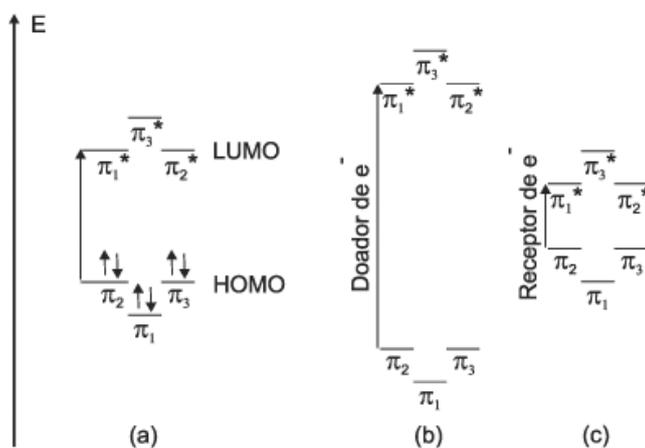


Figura 15: Diagrama de orbitais moleculares (a) do benzeno simplificado, (b) e (c) com alterações devido a adição de grupos doadores e receptores de elétrons.

Fonte: FLOR, J; DAVOLOS, M. R. 2007.

Com base na Figura 15, se pode perceber a influência de um grupo, seja doador ou receptor de elétrons sobre a diferença entre os orbitais de menor e maior energia. Quanto maior a diferença de energia, maior será a energia absorvida para transição de um elétron do orbital HOMO ligante para o orbital LUMO anti-ligante, fazendo com que o composto absorva menores comprimentos de onda.

Inserindo um grupamento no anel aromático que apresenta um espécie doadora de elétrons (grupo amina) ocorre uma maior ressonância gerando maior

estabilidade, por essa razão a energia dos orbitais ligantes diminui e a energia dos orbitais anti-ligantes aumenta, logo a diferença energética entre os orbitais aumenta, conforme ilustra a Figura 15b.

A verificação das estruturas de ressonância do grupo amino no anel aromático pode ser verificada na Figura 16.

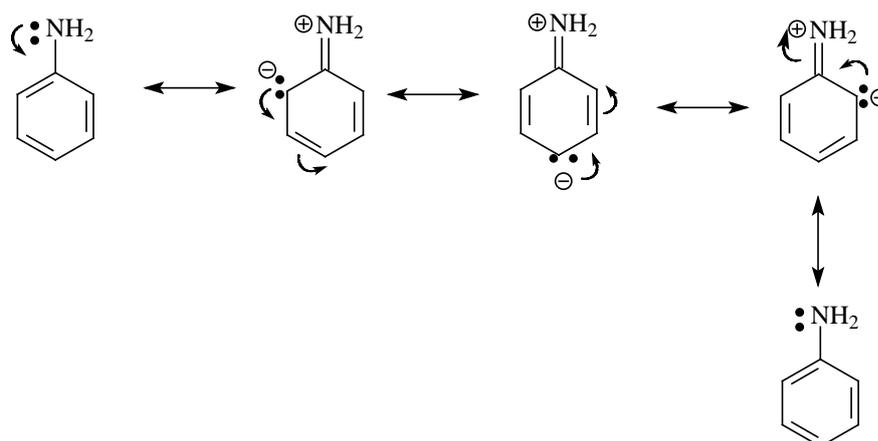


Figura 16: Demonstração das estruturas de ressonância da anilina.
Fonte: Adaptado do Feltre, Vol. 3 (2008).

Grupos eletro-doadores, empurram elétrons para o anel, aumentando a densidade eletrônica do mesmo, tornando o anel mais suscetível ao ataque do eletrófilo (por essa razão grupos com este comportamento são denominados ativantes) nas posições *orto* e *para*. O aumento da densidade eletrônica dentro do anel aumenta a ressonância ocasionando uma maior estabilização.

Por outro lado, a inserção de um grupo eletro-receptor ao anel aromático, diminui a estabilidade do sistema, aumentando a energia dos orbitais ligantes e diminuindo a energia dos orbitais anti-ligantes, diminuindo desta forma a diferença de energia entre os orbitais Homo e Lumo, ilustrado na Figura 15c.

A Figura 17 mostra as estruturas de ressonância através da inserção de um grupo carboxila.

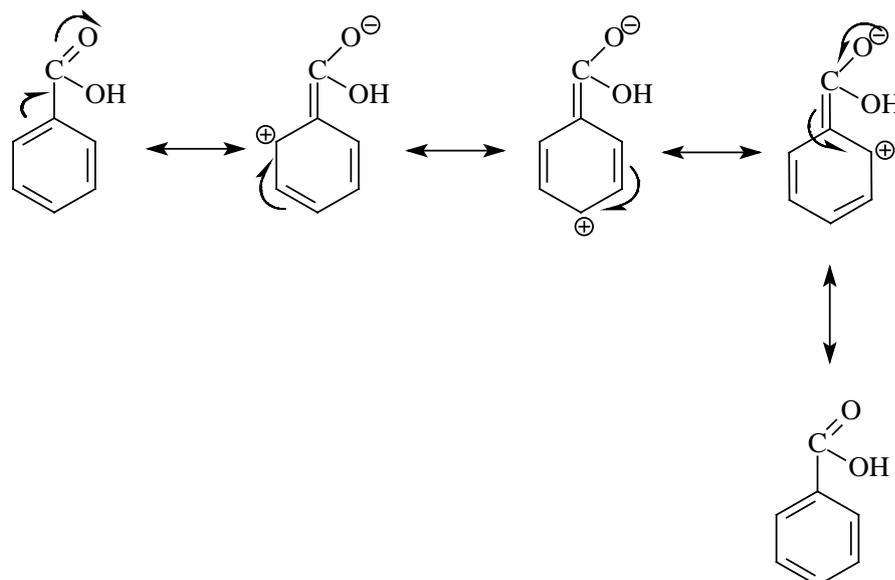


Figura 17: Demonstração das estruturas de ressonância do ácido benzóico.

Fonte: Adaptado do Feltre, Vol. (2008).

Grupos eletro-receptores, puxam elétrons do anel aromático, diminuindo a densidade eletrônica no mesmo, dificultando a substituição eletrofílica (por essa razão grupos com esse comportamento são denominados desativantes) e orientam a segunda substituição na posição *meta*.

8. QUESTÕES SOBRE CAMADA DE OZÔNIO

1) (ENEM-2012) O rótulo de um desodorante aerossol informa ao consumidor que o produto possui em sua composição os gases isobutano, butano e propano, dentre outras substâncias. Além dessa informação, o rótulo traz, ainda, a inscrição “Não contém CFC”. As reações a seguir, que ocorrem na estratosfera, justificam a não utilização de CFC (clorofluorcarbono ou Freon) nesse desodorante:



A preocupação com as possíveis ameaças à camada de ozônio (O_3) baseia-se na sua principal função: proteger a matéria viva na Terra dos efeitos prejudiciais dos raios solares ultravioleta. A absorção da radiação ultravioleta pelo ozônio estratosférico é intensa o suficiente para eliminar boa parte da fração de ultravioleta que é prejudicial à vida.

A finalidade da utilização dos gases isobutano, butano e propano neste aerossol é

- a) substituir o CFC, pois não reagem com o ozônio, servindo como gases propelentes em aerossóis.
- b) servir como propelentes, pois, como são muito reativos, capturam o Freon existente livre na atmosfera, impedindo a destruição do ozônio.
- c) reagir com o ar, pois se decompõem espontaneamente em dióxido de carbono (CO_2) e água (H_2O), que não atacam o ozônio.
- d) impedir a destruição do ozônio pelo CFC, pois os hidrocarbonetos gasosos reagem com a radiação UV, liberando hidrogênio (H_2), que reage com o oxigênio do ar (O_2), formando água (H_2O).
- e) destruir o CFC, pois reagem com a radiação UV, liberando carbono (C), que reage com o oxigênio do ar (O_2), formando dióxido de carbono (CO_2), que é inofensivo para a camada de ozônio.

2) (BRASIL ESCOLA) Marque a alternativa que completa a seguinte frase:

“Em volta da Terra há uma frágil camada de gás ozônio que:

- a) Impede o efeito estufa
- b) Ajuda a manter a temperatura da superfície terrestre estável
- c) Protege animais, plantas e seres humanos das radiações emitidas pelo sol.
- d) Possui grande quantidade de gás ozônio, necessário à fotossíntese dos seres autótrofos e à respiração dos animais.

<http://exercicios.brasilecola.com/biologia/exercicios-sobre-ciclo-oxigenio.htm>

3) (GAVE) – Leia atentamente o seguinte texto.

“A atividade humana tem efeitos potencialmente desastrosos nas camadas superiores da atmosfera. Certos produtos químicos liberados no ar, em particular os compostos genericamente denominados CFC’s, vastamente usados em refrigeração e na indústria eletrônica, estão destruindo o ozônio na estratosfera. Sem esta camada de ozônio estratosférica, a radiação ultravioleta solar atingiria a superfície da Terra com uma intensidade muito elevada, destruindo a maioria das moléculas que constituem o tecido vivo.

Em 1985, cientistas descobriram um “buraco” na camada de ozônio, sobre a Antártida, que, de um modo geral, vem aumentando de ano para ano. Acordos internacionais vêm reduzindo a utilização dos CFC’s, sendo estes substituídos por

compostos que não destroem o ozônio, permitindo que a luz solar produza naturalmente mais ozônio estratosférico.

No entanto, serão necessárias várias décadas para reparar os danos causados na camada de ozônio. Essa situação é um exemplo de que comportamentos que foram adaptados no passado, e que ajudaram a assegurar a sobrevivência dos nossos antepassados, podem não ser os comportamentos mais sensatos no futuro.”

(Adaptado de FREEDMAN, R. A., KAUFMANN III, W. J., Universe, 6th edition, W. H. Freeman and Company, New York, 2002)

Com base no texto apresentado, analise as proposições a seguir:

- I. A vasta utilização do CFC na indústria é um comportamento adotado no passado e que deve ser evitado no futuro.
- II. A liberação de CFC para a atmosfera contribui para a destruição da camada de ozônio, com consequências graves aos tecidos vivos.
- III. A medida a ser tomada para minorar os problemas causados pela destruição da camada de ozônio é o contínuo abandono da utilização dos CFC's e/ou sua substituição por outros compostos que não afetem a camada de ozônio.
- IV. A principal função da camada de ozônio é impedir totalmente a passagem das radiações ultravioleta.

Está correto o que se afirma em:

- a) II, III e IV, apenas.
- b) II e IV, apenas.
- c) I, II e III, apenas.
- d) I, apenas.
- e) II, apenas.

4) (UEM) Sobre os gases CFC e outros gases que podem destruir a camada de ozônio, assinale a alternativa correta.

- a) Os gases CFC são instáveis e degradam-se com liberação de O₃, que atua como filtro da radiação UV-B.
- b) O cloro proveniente dos gases CFC ataca e destrói a molécula de ozônio, que é o agente protetor contra as radiações UV.

- c) Os gases hálons usados nos sistemas de refrigeração, propulsão e combate a incêndio podem escapar para a troposfera, destruindo o carbono da camada de ozônio.
- d) O bromoclorotrifluormetano é um exemplo de gás hálon que contribui para a destruição da camada de ozônio.
- e) O buraco da camada de ozônio acentua-se no inverno, quando o cloro preso nas nuvens de gelo sobre o pólo Sul se desprende.

5) (UFES) O ozônio, O_3 , está normalmente presente na estratosfera e oferece proteção contra a radiação ultravioleta do sol, prejudicial aos organismos vivos. O desaparecimento de ozônio na estratosfera é consequência, assim se admite, da decomposição do O_3 catalisada por átomos de cloro. Os átomos de cloro presentes na estratosfera provêm principalmente

- a) da decomposição dos clorofluorcarbonos usados em sistemas de refrigeração, propelentes de aerossóis domésticos, etc.
- b) das indústrias que fazem a eletrólise do $NaCl(aq)$ para a produção de gás Cl_2 .
- c) da evaporação da água do mar, que arrasta grande quantidade de íons cloreto.
- d) do processo de branqueamento de polpa de celulose, que usa componentes clorados.
- e) dos alvejantes domésticos que têm grande quantidade de cloro ativo.

6) (CESPE/UNB) Com relação à destruição da camada de ozônio, assinale a opção correta.

- a) A destruição da camada de ozônio vem ocorrendo de forma natural, sem a influência antropogênica.
- b) O ozônio presente na estratosfera aumenta a radiação ultravioleta.
- c) Maior incidência de câncer de pele, queimaduras na pele humana e redução das safras agrícolas podem ser efeitos adversos causados pelo aumento da exposição à radiação ultravioleta.
- d) A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento estabeleceu que todos os produtos químicos depletivos de ozônio devem ser gradualmente proibidos.

Questões 7, 8, 9 e 10 são do SIMULADO ENEM-2010 / SITE QUÍMICA SEM SEGREDOS

Fonte: <http://quimicasemsegredos.com/documents/Exercicios/SimuladoENEM2010.pdf>

Enunciado para as questões 7 e 8:

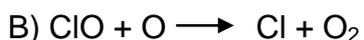
O ozônio absorve fortemente na região do ultravioleta, o que é muito importante, pois há uma camada de ozônio na atmosfera superior que absorve a radiação ultravioleta perigosa, proveniente do sol, protegendo, assim, a vida na Terra.

O ozônio é formado segundo as etapas a seguir:



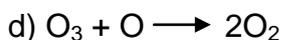
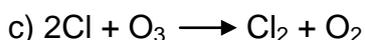
As moléculas de ozônio podem decompor-se da seguinte maneira: $O_3 + O \longrightarrow 2O_2$

Os clorofluorcarbonos (CFCs), como $CFCl_3$, CF_2Cl_2 e CF_3Cl , são conhecidos como freons e foram largamente empregados como fluidos para refrigeração e como propelentes em aerossóis. Nas camadas superiores da atmosfera, os freons sofrem uma dissociação fotolítica, produzindo átomos de cloro, que reagem facilmente com o ozônio:



O uso dos CFCs é apontado como a principal causa do surgimento do “buraco” na camada de ozônio, sobre a Antártida e o Ártico.

7) Assinale a alternativa que indica a equação da reação global, que se realiza em duas etapas, assinaladas no enunciado pelos itens A e B:



8) A decomposição do ozônio é acelerada na presença de átomos de cloro. Esses átomos

- a) transformam a reação endotérmica em exotérmica.
- b) alteram os produtos da reação.
- c) diminuem a energia de ativação.
- d) diminuem a quantidade de calor liberada pela reação.
- e) diminuem a velocidade da reação.

Texto para as questões 9 e 10

O ozônio é uma forma de oxigênio em que cada molécula porta três átomos de oxigênio, em vez de dois. Os clorofluorocarbonos (CFCs) constituem apenas cerca de uma parte por bilhão (em volume) da atmosfera, mas são extravagantemente destrutivos. Um quilo de CFCs consegue capturar e aniquilar 70 mil quilos de ozônio estratosférico. Os CFCs também são grandes esponjas de calor. Uma única molécula de CFC é cerca de 10 mil vezes mais eficiente em exacerbar o “efeito estufa” do que uma molécula de dióxido de carbono, e é claro que o dióxido de carbono não é nada lento como um gás de “efeito estufa”.

(Breve história de quase tudo, Bill Bryson)

9) Os CFCs entraram em produção, no início da década de 1930, e encontraram diversas aplicações, de aparelhos de ar-condicionado de carros a sprays de desodorantes e , somente meio século depois, descobriu-se que estavam devorando o ozônio da estratosfera.

Sobre o tema, considere as afirmações a seguir:

- I. Os compostos CHCl_3 e CF_4 são CFCs.
- II. Os CFCs aceleram a destruição da camada de ozônio.
- III. De acordo com o texto, há cerca de 1 litro de CFCs em 1 milhão de m^3 da atmosfera.
- IV. Os clorofluorocarbonos acabaram-se revelando uma das piores invenções do século XX.

Está correto o que se afirma em:

- a) I e III apenas.
- b) I e IV apenas.

- c) I, II, III e IV.
- d) I e II apenas.
- e) II, III e IV apenas.

10) Com relação ao ozônio, são feitas as seguintes afirmações:

- I. O gás ozônio e o gás oxigênio são formados por átomos do mesmo elemento químico.
- II. No nível do solo, o ozônio é um poluente.
- III. Na estratosfera, o ozônio é benéfico, pois absorve a radiação ultravioleta perigosa.
- IV. Cada molécula de ozônio se decompõe, formando três moléculas de oxigênio.

Está correto o que se afirma em:

- a) II, III e IV apenas.
- b) I, II e III apenas.
- c) I, II e IV apenas.
- d) I e IV apenas.
- e) II e III apenas.

11) (UNIFEI-2009) “Em volta da Terra há uma frágil camada de um gás chamado ozônio (O_3), que protege animais, plantas e seres humanos dos raios ultravioleta emitidos pelo Sol. Na superfície terrestre, o ozônio contribui para agravar a poluição do ar das cidades e a chuva ácida. Mas, nas alturas da estratosfera (entre 25 e 30 km acima da superfície), é um filtro a favor da vida. Sem ele, os raios ultravioleta poderiam aniquilar todas as formas de vida no planeta. Há evidências científicas de que substâncias fabricadas pelo homem estão destruindo a camada de ozônio. Em 1977, cientistas britânicos detectaram pela primeira vez a existência de um buraco na camada de ozônio sobre a Antártida. Desde então, têm se acumulado registros de que a camada está se tornando mais fina em várias partes do mundo, especialmente nas regiões próximas do Polo Sul e, recentemente, do Polo Norte.”

(WWF-Brasil)

Analise as afirmativas abaixo e assinale a alternativa correta:

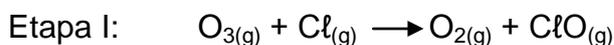
- I) Os clorofluorcarbonos (CFCs), usados como propelentes em aerossóis, como isolantes em equipamentos de refrigeração e para produzir materiais plásticos,

são os principais responsáveis pela destruição da camada de ozônio, pois na presença de radiação UV liberam cloro que reage com as moléculas de ozônio, formando óxido de cloro e oxigênio.

- II) O “buraco na camada de ozônio” é um fenômeno sazonal e que ocorre somente no inverno em episódios de emissões descontroladas de CFCs e de queimadas.
- III) A diminuição do conteúdo de ozônio implica uma diminuição da quantidade de radiação ultravioleta que atinge a superfície e, portanto, menos radiação para as plantas realizarem a fotossíntese, com conseqüências para a produção de oxigênio e favorecimento da poluição.
- a) I e II são verdadeiras.
 b) II e III são verdadeiras.
 c) Somente I é verdadeira.
 d) I e III são verdadeiras.

12) (UFMG) Os CFCs (clorofluorcarbonos) liberam, na estratosfera, átomos livres de cloro, que destroem o ozônio.

Esse processo é descrito, simplificadaamente, pela sequência de duas etapas representadas nestas equações:



Considerando-se essas reações, é INCORRETO afirmar que:

- a) o cloro é um catalisador do processo global.
 b) o átomo de cloro é reduzido na Etapa I.
 c) o CCl_2F_2 deve causar maior dano à camada de ozônio que o CClF_3 .
 d) o processo global converte duas moléculas de O_3 em três moléculas de O_2 .

13) (MACKENZIE) Mais uma vez a Cetesb (agência ambiental paulista) registrou uma alta concentração de ozônio na atmosfera neste inverno, o que levou o bairro do Ibirapuera ao estado de atenção. A formação do ozônio na atmosfera da cidade dá-se segundo a reação abaixo equacionada:



É INCORRETO afirmar que:

- a) a soma dos menores coeficientes inteiros do balanceamento da equação é igual a 4.
- b) o acúmulo de ozônio na atmosfera provoca dor de cabeça, vermelhidão nos olhos e tontura nas pessoas.
- c) o ozônio presente na estratosfera não tem função alguma para a vida.
- d) o ozônio é usado na descontaminação do ar nos hospitais e velórios.
- e) o ozônio é alótropo do gás oxigênio.

14) (UFPB-2009) O ozônio, O_3 , é uma substância que pode ser benéfica ou prejudicial ao meio ambiente. Por exemplo, na estratosfera, a camada de ozônio atua como filtro de radiação ultravioleta, enquanto, na troposfera (próximo à superfície da terra), essa substância é um poluente perigoso. Sobre o ozônio, identifique as afirmativas corretas:

1) A estrutura do ozônio é representada pelas formas de ressonância:



- 2) A molécula de ozônio é formada por ligações iônicas.
- 3) O ozônio é um isótopo do oxigênio.
- 4) A molécula de ozônio apresenta geometria angular.
- 16) O número total de elétrons de valência na molécula de ozônio é 18.

15) (UNICENTRO) A maior incidência de radiação ultravioleta na superfície da Terra está relacionada ao fenômeno conhecido por

- a) efeito estufa.
- b) ilha de calor no meio urbano.
- c) domo de poluição atmosférica.
- d) aquecimento global.
- e) destruição da camada de ozônio.

9. SUGESTÕES DE ANALOGIAS

A analogia tem por objetivo realizar uma comparação visando uma forma de auxiliar no aprendizado de novos conceitos, entretanto a analogia deve ser utilizada e elaborada em função de um planejamento prévio. A analogia pode ser introduzida

após a definição do assunto a ser trabalhado e o professor deve buscar similaridades e as diferenças entre o análogo e o tema alvo.

Analogia 1:

Para que o aluno tenha uma noção da camada de ozônio e os buracos nela contidos, o professor pode a partir da abordagem ao tema, comentar que existe o equilíbrio entre formação e decomposição do ozônio em frente à luz ultravioleta (Ciclo de Chapman) e que os buracos, são transitórios e decorrentes da maior decomposição do que formação do ozônio em determinada região da estratosfera. Logo a analogia pode ser feita a partir de uma bacia com água, em que se adiciona em diferentes quantidades porções de óleos em diferentes regiões da bacia. O óleo seria o análogo do buraco e a água seria o análogo da camada de ozônio.

Analogia 2:

No momento em que se discute a importância da camada de ozônio, a maneira que a mesma atua na absorção e filtração da radiação ultravioleta, o professor pode usar o exemplo de um carro com película automotiva em comparação com outro carro sem película. Explicar que as películas apresentam um percentual referente à absorção de radiação, logo apresenta a mesma finalidade da camada de ozônio, o interior do carro seria o planeta e a película que envolve os vidros a camada de ozônio. Pode até fazer um experimento simples, no qual se verifica com um termômetro deixado no interior de um carro com película e outro sem película qual deles apresentam maior temperatura após um determinado tempo de exposição ao sol.

Para ler mais:

<http://veja.abril.com.br/noticia/ciencia/destruicao-da-camada-de-ozonio-foi-freada-afirma-nasa>

http://ambientes.ambientebrasil.com.br/gestao/artigos/grandes_avancos_na_protecao_%C3%A0_camada_de_ozonio.html

http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/camada_ozonio/

<http://sacolaseconews.com.br/artigos/buraco-na-camada-de-ozonio-aumenta-chuva-no-hemisferio-sul>

<http://www.infoescola.com/meio-ambiente/protocolo-de-montreal/>

<http://exercicios.brasilecola.com/biologia/exercicios-sobre-ciclo-oxigenio.htm>

10. GABARITO COMENTADO

1) Letra A.

O grande problema que envolve o uso de clorofluorcarbonos é que estas substâncias reagem com o ozônio estratosférico causando uma redução na quantidade de ozônio presente nesta região. A substituição por hidrocarbonetos tem por objetivo substituir estas substâncias.

2) Letra C.

A grande importância da camada de ozônio é que esta funciona como um escudo impedindo que a maior parte da radiação ultravioleta proveniente do sol chegue até a superfície terrestre, possibilitando desta forma a vida.

3) Letra C.

De acordo com o texto, é possível verificar que ações passadas que visavam uma melhoria na qualidade de vida da população como o uso de CFCs em refrigeração e na indústria eletrônica, causou danos à camada de ozônio, nos quais levarão décadas para melhorara esta situação, levando-se em consideração a substituição dos CFCs por substância não agressivas a camada de ozônio. A importância da camada é justamente impedir que uma grande quantidade de radiação entre em contato com a superfície terrestre afetando desta forma as diferentes espécies de vida.

4) Letra B.

Quando as moléculas de CFCs ultrapassam a estratosfera, região que contém a camada de ozônio, ela absorve radiação ultravioleta proveniente do sol no comprimento de onda do UV-B, liberando desta forma o cloro na forma de radical livre que ataca o ozônio presente na camada, desta forma com a concentração de ozônio reduzida devido a este efeito catalítico, a incidência de radiação UV é maior. A alternativa D está incorreta, pois devido a tetravalência do carbono, não existe a molécula de bromodlorotrifluormetano, mas sim a molécula de bromoclorodifluoimetano, que é um gás halón que é usado para combater incêndios e agride a camada de ozônio devido a liberação do cloro e do bromo radicalar. No caso da alternativa E, ocorre não meramente a liberação das nuvens, na região

Antártida, mas a formação de um fenômeno sazonal decorrentes das baixas temperaturas que leva a formação de um ciclone com ventos de alta velocidade aprisionando o ar em seu interior, os chamados vórtices polares.

5) Letra A.

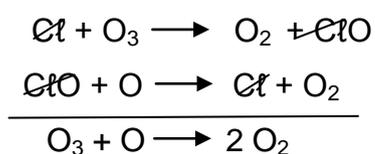
O cloro que ataca a camada de ozônio é proveniente de moléculas orgânicas denominadas de clorofluorcarbonetos (CFCs) ou fréons, que são utilizados como gases de refrigeração e em aerossóis.

6) Letra C.

Como a depleção do ozônio estratosférico que atua como um escuro impedindo uma grande incidência de radiação UV proveniente do sol chegue até a superfície da terra, ocorre desta forma uma maior incidência de problemas de saúde e também aos tecidos vegetais decorrentes de uma maior exposição a este tipo de radiação.

7) Letra D.

A resposta correta corresponde ao somatório das equações determinadas pelo próprio texto:



8) Letra C.

Átomos de cloro atuam como catalisadores, que são espécies químicas que aumentam a velocidade das reações através da diminuição da energia de ativação. Não são consumidos pela reação, ao final do processo o cloro radicalar volta a atacar outra molécula de ozônio.

9) Letra E.

- I – Incorreto, para que seja considerado CFC, a molécula deve apresentar cloro, flúor e carbono.
- II – Correto, de acordo com o texto, um quilo de CFC consegue destruir 70 mil quilos de ozônio estratosférico.

III – Correto, de acordo com o texto, os CFCs constituem cerca de uma parte por bilhão (em volume) na atmosfera, isto representa:

10^9 volumes de ar ----- 1 volume de CFC

Ou considerando em m^3 :

$10^9 m^3$ de ar ----- 1 m^3 de CFC

$10^6 m^3$ de ar ----- X m^3 de CFC

$X = 10^{-3} m^3$ de CFC

Como 1 m^3 ----- 1000 L

$10^{-3} m^3$ ----- X = 1 L

IV – Correto, pois de acordo com o texto além de atacar o ozônio estratosférico, ainda contribui para o aumento do aquecimento global.

10) Letra B.

I – Correta, este fenômeno é chamado de alotropia, que é quando um mesmo elemento químico, neste caso o oxigênio, é capaz de formar substâncias simples diferentes, O_2 e O_3 .

II – Abaixo da estratosfera o ozônio é considerado um poluente.

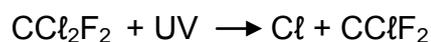
III – Na estratosfera, o ozônio absorve radiação ultravioleta do tipo UV-B que é perigosa à saúde.

IV – Para que se tenha a formação de 3 moléculas de oxigênio é necessária a decomposição de 2 moléculas de ozônio:



11) Letra C.

A afirmativa I é correta, pois no momento em que os CFCs ultrapassam a camada de ozônio, sofrem diretamente a ação da radiação ultravioleta, liberando um cloro radicalar que ataca o ozônio de acordo com a reação:



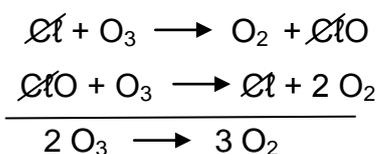
As alternativas II e III são incorretas, na II o texto declara que com o passar dos anos a camada de ozônio tem se tornado cada vez mais fina em várias partes

do mundo, mostrando que não é um problema que ocorre apenas em determinadas épocas do ano, mas constantemente.

No caso da afirmativa III, com a redução na camada de ozônio, a incidência de radiação ultravioleta proveniente do sol será maior.

12) Letra B.

Como visto através das etapas, o cloro atua como catalisador, não é consumido durante o processo que leva a seguinte conversão representada a seguir:



Na Etapa I, ocorre a oxidação do cloro, que sofre uma variação de nox que vai de zero (Cl) até +1 no ClO, logo o aumento no número de oxidação indica a ocorrência de uma oxidação e não de uma redução.

13) Letra C.

O ozônio localizado na estratosfera apresenta importância vital à Terra, devido a absorção de radiação UV proveniente do sol, entretanto, quando está próximo à superfície da Terra, torna-se um inimigo perigoso no ar que respiramos, segundo FELTRE, 2008, volume 1, página 440, “O ozônio provoca: irritação nos olhos; problemas pulmonares, como edema e hemorragias, chegando a ser fatal em doses altas; corrosão da borracha; queima das folhas e dos frutos dos vegetais, sendo o tomate e o tabaco os mais sensíveis”. A reação apresentada já está devidamente balanceada e ocorre na proporção de 1:1, logo a soma dos coeficientes estequiométricos é 4.

14) São corretas os números: 1, 8 e 16.

1) Correta, a molécula de ozônio apresenta uma geometria angular, o que possibilita o deslocamento do par de elétrons π entre os dois oxigênio, sendo portanto um híbrido de ressonância.

2) A molécula de ozônio apresenta ligações interatômicas covalentes apolares.

4) O ozônio (O_2) é um alótropo do oxigênio (O_2), são substâncias simples formadas a partir do mesmo elemento formador, isótopos são átomos que apresentam o mesmo número atômico, exemplo: $^{16}O_8$ $^{17}O_8$ $^{18}O_8$.

8) Apresenta geometria angular devido as repulsões entre os pares de elétrons, que causam a redução do ângulo de 180° para 105° .

16) Os elétrons de valência são os elétrons presentes na camada de valência ou última camada como cada oxigênio apresenta 6 elétrons de valência, como são três oxigênios o resultado será 18.

15) Letra E.

A camada de ozônio é uma proteção natural sobre os raios ultravioletas nocivos provenientes do sol, no momento em que esta camada sofre destruição mediante o uso de substâncias agressivas ao ozônio, em especial aos clorofluorcarbonos (CFCs) ocorre um desequilíbrio entre a formação e decomposição do ozônio estratosférico, gerando os chamados “buracos”, a consequência direta disto é a maior incidência de radiação UV.

11. REFERÊNCIAS

ALLINGER, N. et al. **Química Orgânica**. 2ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 1976.

ARTIGOS.TOL, disponível em: <http://artigos.tol.pro.br/portal/linguagem-pt/freon>. Acessado em 19 de março de 2014.

BAIRD, C; CANN, M. **Química Ambiental**. 4ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

FELTRE, R. **Química Geral 1**. 7ª ed. São Paulo: Moderna, 2008.

FELTRE, R. **Química Orgânica 3**. 7ª ed. São Paulo: Moderna, 2008.

FLOR, J; DAVOLOS, M. R. **Protetores Solares**. Química Nova, Araraquara, Vol. 30, No. 1, 153-158, 2007.

INFOESCOLA, **Protocolo de Montreal**. Disponível em: <http://www.infoescola.com/meio-ambiente/protocolo-de-montreal/>. Acessado em 07/04/2014.

MANAHAM, S. **Química Ambiental**. 9ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

MOZETO, A. A. **Química atmosférica: a química sobre nossas cabeças**. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola, Edição especial, maio 2001.

STREILEIN, J. W. et al. Coulomb, C.; *Immunol. Today* 1994, 15, 174.

SOLOMONS, G. **Química Orgânica 1**. 6^a ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.

USBERCO, J; SALVADOR, E. **Conecte Química 2**. São Paulo: Saraiva, 2011.

APÊNDICE B – Aquecimento global e efeito estufa

1. OBJETIVO

Este módulo tem por objetivo inserir, de uma forma didática, o tema aquecimento global dentro dos eixos temáticos trabalhados nos Ensino Médio, através de uma abordagem de conteúdos teóricos necessários para a análise e compreensão do tema.

2. UTILIZAÇÃO

Pode ser trabalhado no 1º ano do Ensino Médio, após os conteúdos: Ligações Químicas interatômicas, geometria molecular, ângulo de ligação e funções inorgânicas, principalmente no estudo dos óxidos. Este assunto também pode ser associado a questão da camada de ozônio, através da ideia de que a destruição da camada faz com que a incidência de radiação ultravioleta proveniente do sol, aumente, intensificando desta forma, o aquecimento global.

3. CONTEÚDO TEÓRICO

3.1. Ligação covalente / Molecular / Homopolar

O objetivo dos átomos é de alcançar a estabilidade eletrônica, que é fundamentada na teoria do octeto, que diz que o átomo ao obter configuração eletrônica de gás nobre (8 elétrons na camada de valência) se torna estável. O átomo de hélio é exceção por apresentar apenas a camada K que comporta no máximo 2 elétrons, o átomo de hidrogênio segue o mesmo princípio de estabilidade, ilustrado na Figura 1.

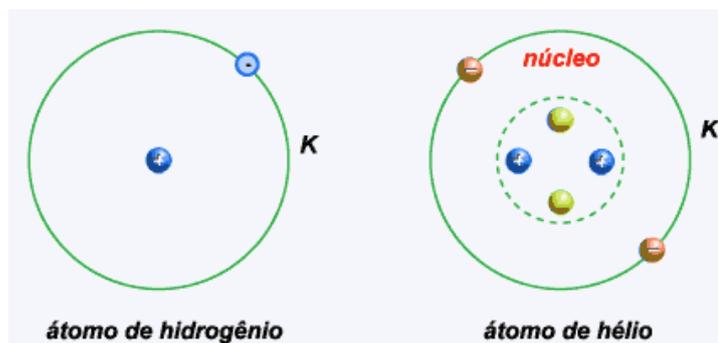


Figura 01: Representação da camada K do átomo de hidrogênio e do átomo de hélio.
Fonte: http://www.passeiweb.com/na_ponta_lingua/sala_de_aula/quimica/atomistica/constituicao_da_materia/1_const_mat_estrutura_atmica

A ligação covalente, molecular ou homopolar assim como a iônica e metálica, é uma ligação interatômica, que tem por objetivo fazer com que os átomos se tornem estáveis através da teoria do octeto. Ocorre entre átomos que apresentam uma pequena diferença de eletronegatividade (tendência dos átomos em atrair elétrons em uma ligação química). Desta forma, os átomos realizam um compartilhamento de elétrons, ou seja, cada átomo disponibiliza um elétron formando o par que utilizado por ambos para concluir o octeto. A Figura 2 mostra uma representação para a molécula de hidrogênio (H_2).

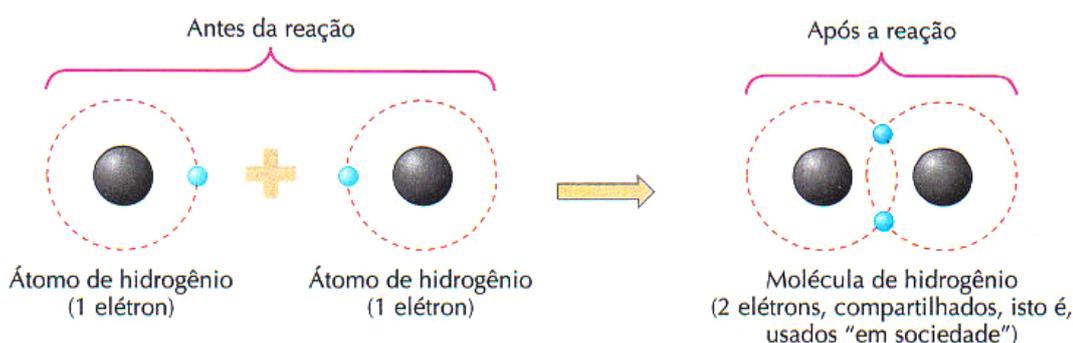


Figura 02: Molécula de hidrogênio (H_2).
 Fonte: Feltre, Vol. 1, (2008).

A Figura 2 mostra a interpenetração dos orbitais atômicos dos átomos de hidrogênio, levando a formação da ligação covalente, resultado do compartilhamento dos pares de elétrons como uma “Sociedade Eletrônica”. Como esta ligação é efetuada entre átomos com pequena diferença de eletronegatividade, podemos afirmar que ela se realiza entre não-metais, H – H e H – não-metal. É interessante salientar que o cloreto de alumínio ($AlCl_3$) ilustrado na Figura 3, embora tenha uma

ligação entre metal (alumínio) e não-metal (cloro) a ligação interatômica será do tipo covalente e não iônica, fato justificado pela pequena diferença de eletronegatividade.

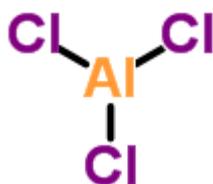


Figura 03: Molécula de AlCl_3

Fonte: <http://www.chemspider.com/Chemical-Structure.22445.html>

A Tabela 1 mostra alguns exemplos de possibilidades de ligações de acordo com a quantidade de pares eletrônicos compartilhados.

Quantidade de pares compartilhados	Possibilidades de ligação
1	
2	
3	
4	

Tabela 01: Possibilidade de ligações.

Fonte: USBERCO E SALVADOR Vol 1, (2009).

Lembrar: no par de elétrons compartilhado os elétrons apresentam orientações (spins) contrários formando pólos magnéticos contrários, atuando entre eles uma força de natureza eletromagnética que amenizará as repulsões eletrostáticas, resultando do fato dos elétrons apresentarem a mesma carga elétrica. A Figura 4 ilustra este conceito (FELTRE VOLUME 1, 2008).

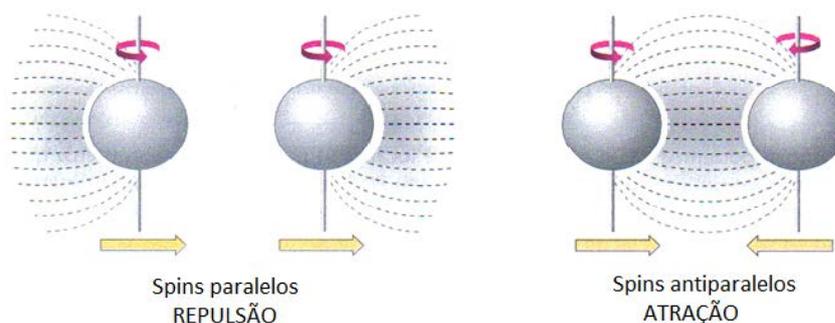


Figura 4: Demonstração das diferentes orientações dos elétrons.
Fonte: Feltre vol.1, (2008).

A ligação covalente pode ser caracterizada como polar ou apolar. A ligação covalente apolar (Figura 5 (a)) é aquela em que os átomos exercem, sobre o par de elétrons compartilhado, a mesma força atrativa, logo o par se encontra simétrico em relação aos núcleos, não gerando pólos contrários. Quando existir uma diferença de eletronegatividade ocorre um deslocamento da densidade eletrônica formando pólos contrários, originando a ligação covalente polar (Figura 5 (b)).

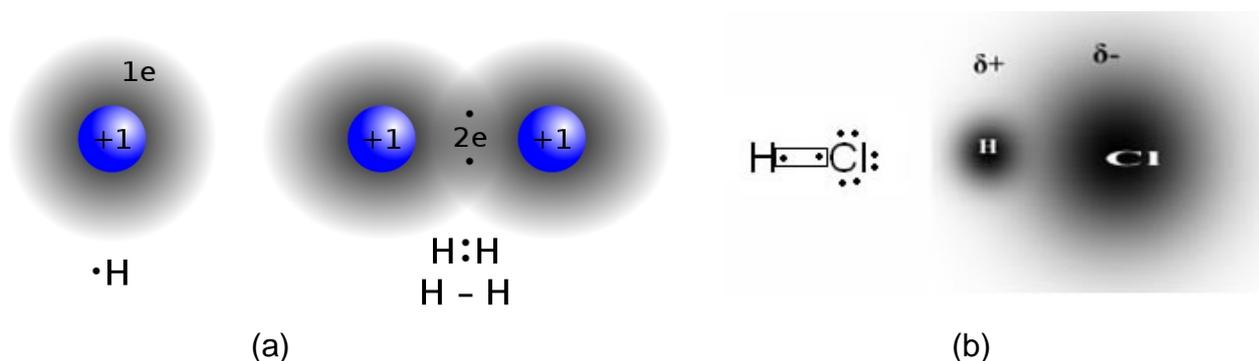


Figura 5: Ligação covalente apolar (a) e ligação covalente polar (b).

Fonte: <http://www.emforma.net/12091-ligacao-covalente> e
<http://www.mundoeducacao.com/quimica/polaridade-ligacoes-covalentes.htm>

3.2. Geometria Molecular

Os átomos quando formam moléculas, se orientam tridimensionalmente formando ângulos bem definidos, descrevendo como os núcleos dos átomos estão posicionados uns em relação aos outros. Uma forma prática de trabalhar este assunto é através da análise do arranjo molecular formado. Quando a molécula for composta por 2 átomos a geometria será linear e o ângulo será de 180°.

Exemplos: $\text{H} - \text{H}$; $\text{O} = \text{O}$; $\text{H} - \text{Cl}$.

Moléculas formadas por 3 átomos, pode ser **linear ou angular**:

Linear: Não há pares de elétrons disponíveis no átomo central, desta forma as ligações se distanciam ao máximo, em um ângulo de 180° , isso ocorre devido as repulsões de pares de elétrons, fazendo com que os pares compartilhados fiquem em lados opostos.

Exemplo: $\text{O} = \text{C} = \text{O}$

Angular: Se houver um ou dois pares de elétrons disponíveis, este(s) par(es) eletrônico(s) causa(m) repulsões eletrostáticas entre os pares compartilhados reduzindo o ângulo para $104^\circ 5'$.

Exemplos:



Moléculas formadas por 4 átomos, pode ser **trigonal plana ou piramidal**:

Trigonal Plana (Triangular Plana): Não há pares de elétrons disponíveis no átomo central, as ligações formarão os vértices de um triângulo equilátero, formando um ângulo de 120° .

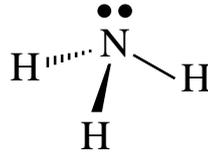
Exemplos:



OBSERVAÇÃO: O alumínio e o boro são estruturas deficientes em elétrons, denominadas ácidos de Lewis, e, por isso, estabilizam-se parcialmente com seis elétrons na camada de valência.

Piramidal: Há par de elétrons disponível no átomo central, este par gera repulsões eletrostáticas entre os pares eletrônicos compartilhados, reduzindo o ângulo para 107° .

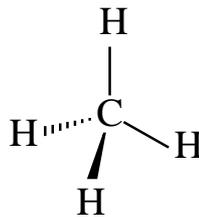
Exemplo:



Moléculas formadas por 5 átomos, podem ser **Tetraédrica** ou **Quadrado Planar**.

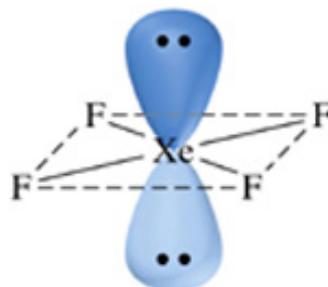
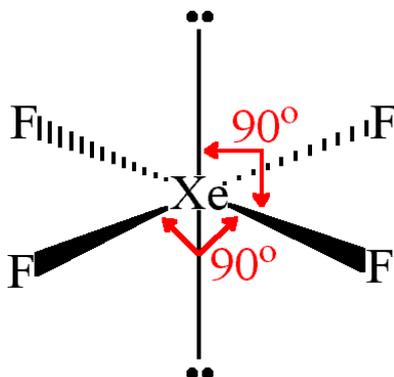
Tetraédrica: Não há pares de elétrons disponíveis no átomo central, as ligações apontam para os vértices de um tetraedro com ângulos de ligações de $109^\circ 28'$.

Exemplo:



Quadrado Planar: Há dois pares de elétrons disponíveis no átomo central, as ligações apontam para os vértices de um quadrado, com ângulos de ligações de 90° .

Exemplo:



3.3. Dióxido de carbono (CO₂)

A molécula de dióxido de carbono (CO₂) apresenta geometria linear, é caracterizada pela função inorgânica óxido (compostos binários no qual o oxigênio é o elemento de maior eletronegatividade), e por apresentar ligações químicas covalentes, é classificado como óxido covalente ou molecular. A Figura 6 mostra as diferentes representações da molécula de CO₂.

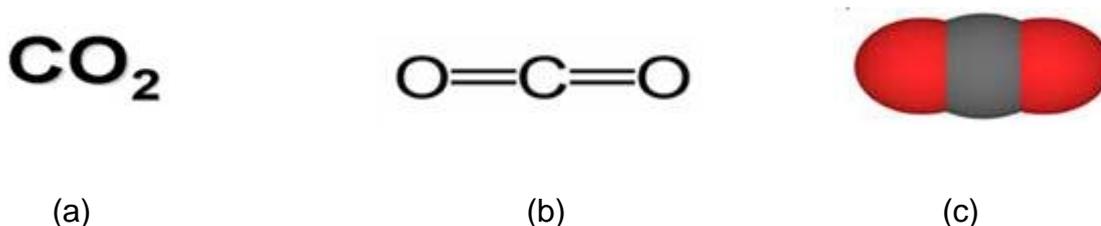


Figura 06: Fórmula química (a), estrutural (b) e o modelo espacial (c) da molécula de CO₂.
 Fonte: http://revolution-ind.blogspot.com.br/2008_08_01_archive.html

É considerado um óxido ácido ou anidrido ácido, por ser obtido a partir da desidratação do ácido carbônico de acordo com a reação a seguir:



Existem outros óxidos também covalentes que não são óxidos ácidos, são os óxidos neutros, inertes ou indiferentes (CO, NO e N₂O), que apresentam propriedades diferentes em um meio de reação.

Está presente na água mineral e em refrigerantes, reage com água produzindo ácido (característica dos óxidos ácidos).



Uma forma de comprovar a presença deste óxido no organismo é expirando e borbulhando-o em uma solução aquosa de hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂) de acordo com a Figura 7.

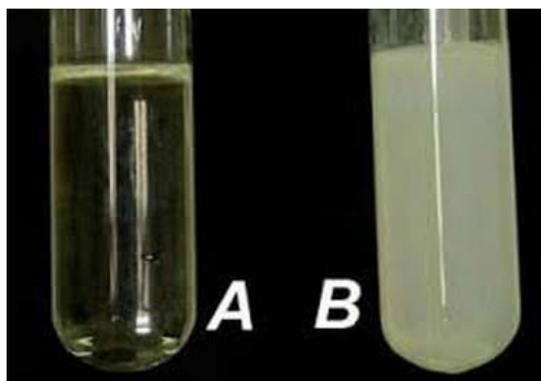
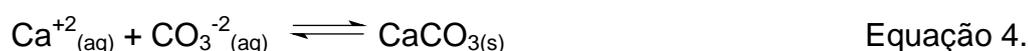
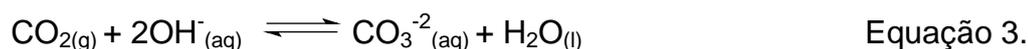


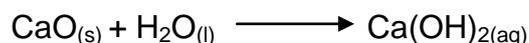
Figura 7: Tubos de ensaio contendo: (A) uma solução saturada de hidróxido de cálcio e (B) solução saturada de hidróxido de cálcio depois de se borbulharem sucessivas expirações.

Fonte: http://www.spq.pt/boletim/docs/boletimSPQ_110_011_15.pdf

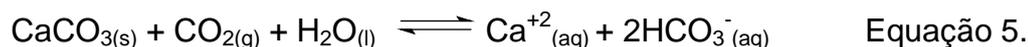
É importante lembrar que a glicose ($C_6H_{12}O_6$), obtida a partir dos alimentos que ingerimos, atua como nosso “combustível” e que sua oxidação completa a nível celular, gera energia e o CO_2 produzido é o resíduo resultante que é expelido durante a expiração. A reação química da figura 6 está representada a seguir:



*Experimentando: A solução de hidróxido de cálcio deve ser previamente preparada pelo professor, dissolvendo 0,074g de cal virgem (CaO) em um volume de 50 mL de água, produzindo uma concentração final de 0,02M (SILVA E STRADIOTTO, 1999).



Continuando o borbulhamento do gás carbônico, ocorre dissolução do precipitado de $CaCO_3$ devido a formação do íon bicarbonato.



Este fenômeno de equilíbrio é o mesmo que ocorre com os corais e conchas no mar. Se ocorrer um aumento na concentração de gás carbônico na atmosfera, ocorrerá uma maior solubilização deste gás na água do mar, provocando a dissolução do $CaCO_{3(s)}$ presente em corais e conchas e o inverso acontece na redução de gás carbônico favorecendo a precipitação.

4. EFEITO ESTUFA

Muito se discute nos meios de comunicação sobre efeito estufa e aquecimento global, os problemas ambientais acarretados por esta problemática, significa que se espera um aumento da média global das temperaturas do ar, como resultado do aumento da concentração de dióxido de carbono e de outros gases estufa na atmosfera.

Lembrando:

Temperatura: é a grandeza física associada ao estado de movimento ou à agitação das partículas que compõem os corpos. A melhor forma de medir a temperatura de um corpo é através de termômetros.

Calor: é definido como sendo a energia térmica em trânsito que flui de um corpo para outro em razão da diferença de temperatura existente entre eles, ocorre do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura.

Fonte: FERRARO, Nicolau Gilberto; RAMALHO, Francisco; SOARES, Paulo Toledo. **Física 2 – Os fundamentos da Física – Termologia, óptica, ondas – 2º ano**. 10ª ed. São Paulo: Moderna, 2010.

4.1. Como ocorre o efeito estufa

A energia proveniente do sol é o que mantém quase que exclusivamente aquecidas a superfície e atmosfera terrestre. Desta energia solar recebida no topo da atmosfera, pouco mais da metade é de luz infravermelha e o resto é de luz visível, além de uma menor porção de luz ultravioleta. Considerando todos os comprimentos de onda, da radiação incidente, o total de energia que atinge a Terra, em torno de 50% é absorvido pelos mares, lagos e oceanos, solo, vegetação, prédios, casas e assim por diante, cerca de 20% é absorvida por gotículas de água presentes no ar, principalmente as nuvens que além de absorver refletem parte desta radiação, e também é absorvida por moléculas de gases, o Infravermelho (IV) é absorvido pelo dióxido de carbono e também por vapor d'água. Os 30% restantes da energia solar é refletida novamente para o espaço por corpos refletivos como as nuvens, gelo, neve, areia entre outros, a Figura 8, mostra a distribuição dos comprimentos de onda para a luz emitida pelo sol.

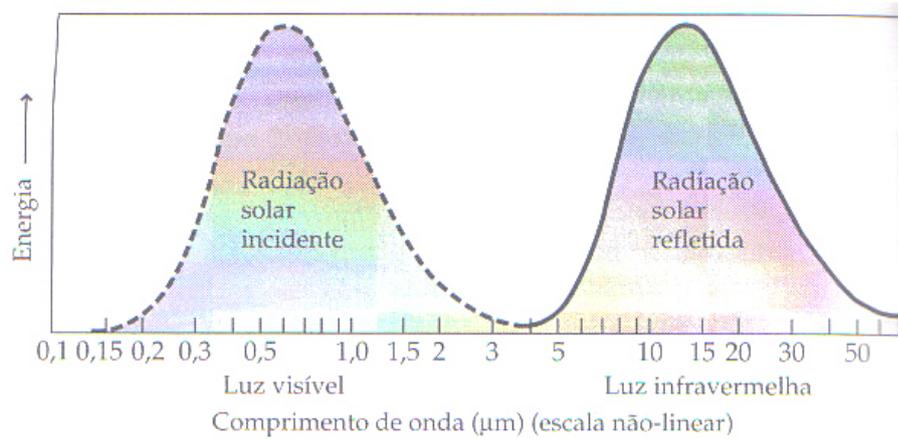


Figura 8: Energia emitida do sol, (curva tracejada) e radiação emitida pela superfície da Terra e pela Troposfera (curva inteira).

Fonte: GRIBBIN, John. Inside Science: The greenhouse effect. New Scientist, nº 22 de outubro de 1988.

Obs: Como μm é 10^{-6} m e nm é 10^{-9} m, para converter de μm para nm basta multiplicar o valor do μm por 1000.

Este fenômeno é natural e é responsável pela temperatura média da Terra, o grande problema é que devido as grandes concentrações de dióxido de carbono e outros gases, denominados gases de efeito estufa (GEE), a radiação infravermelha que deveria ser emitida de volta para o espaço, fica retida, gerando o aquecimento global. A Figura 9 ilustra este fenômeno.



Figura 9: Esquema ilustrativo do Efeito Estufa.

Fonte: http://fisicaportella1002.blogspot.com.br/2010_09_01_archive.html

4.2. Radiação no infravermelho

O espectro eletromagnético é representado como o conjunto de todas as radiações eletromagnéticas conhecidas. A região do visível, engloba parte do espectro que agrupa as radiações eletromagnéticas que enxergamos, a faixa do infravermelho com comprimentos de onda maiores que o de luz visível que é de 0,40 a 0,75 μm (logo apresentam energias menores). A região do infravermelho é subdividida em três níveis: infravermelho próximo, infravermelho médio e infravermelho distante que estão representados com suas respectivas faixas de comprimento de onda, na Quadro 1:

Região do infravermelho	Comprimento de onda (μm)
Próximo	0,78 a 2,5
Médio	2,5 a 50
Distante	50 a 1000

Quadro - 01: Regiões do infravermelho e respectivas faixas de comprimento de onda.
Fonte: Barbosa (2007).

A chamada região de infravermelho térmico distante é composto de energia que aparece na forma de calor. As ondas de infravermelho médio são usadas na espectroscopia no infravermelho para a identificação de compostos orgânicos, enquanto que as ondas de infravermelho próximo, por não serem quentes como as outras, são usadas em controles remotos como o exemplo dos televisores.

4.3 Vibrações moleculares

As moléculas apresentam movimentos de rotação e vibração, os átomos oscilam em torno de posições de equilíbrio e as moléculas apresentam frequências naturais de vibração. Quando uma molécula sofre uma perturbação, como absorção de energia infravermelha como o caso do gás carbônico (CO_2) e a frequência da radiação é próxima a frequência natural da oscilação entre os átomos, se observa que ocorre a transferência de energia entre a radiação infravermelha e as oscilações naturais do sistema, ocasionando um aumento da energia cinética média das moléculas, o que resulta em um aumento na vibração e rotação das moléculas. Esses gases, por sua vez também passam a irradiar no infravermelho em várias direções para moléculas vizinhas de acordo com a Figura 10.

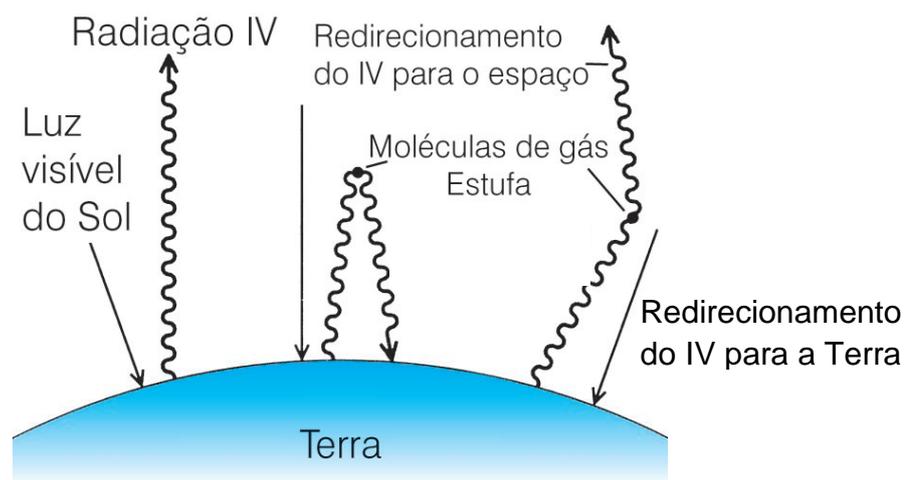


Figura 10: Efeito estufa.
Fonte: Baird e Cann (2011).

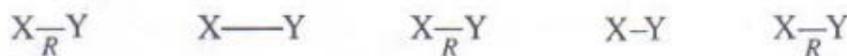
Conseqüentemente ocorre um aumento na temperatura do ar, entretanto, a massa de ar não aquece ilimitadamente enquanto as moléculas absorvem cada vez mais radiação infravermelha, as moléculas de água também absorvem essa

radiação, que ocorre através de gotículas de vapor d'água presente nas nuvens. O aumento da temperatura do ar ocorre somente o suficiente para que a igualdade entre energia recebida e emitida se reestabeleça.

Este fenômeno é natural e faz com que a Terra tenha uma temperatura média em torno de 15°C uma vez que, se não houvesse este fenômeno a Terra teria uma temperatura em torno de -18°C , logo a superfície do planeta é aquecida tanto por este mecanismo quanto pela energia emitida diretamente do sol.

A atmosfera funciona como se fosse um cobertor, retendo sob ela uma parte do calor liberado por um corpo, aumentando assim a temperatura, o que preocupa os cientistas segundo BAIRD e CANN (2011) é o aumento da concentração de gases que absorvem a luz IV térmica presente no ar impedindo a dissipação dessa radiação. Como mencionado anteriormente às vibrações moleculares são responsáveis pela absorção de algumas moléculas. O movimento vibracional mais simples é o de estiramento da ligação (R) ilustrado n Figura 11(a) em uma molécula genérica X – Y, neste caso ocorre o aumento e diminuição do valor médio. A exata frequência do movimento oscilatório depende principalmente do tipo de ligação da identidade dos átomos envolvidos, por exemplo: a ligação C – H do metano e a ligação O – H da água a frequência de estiramento não entra na faixa do IV térmico, entretanto na ligação C – F ocorre dentro da região do IV térmico, então é possível concluir que moléculas que apresentem esse tipo de ligação irão absorver luz IV térmica e contribuir com o efeito estufa. Outro tipo de vibração importante é a vibração de deformação angular (ϕ) característica em moléculas que apresentem um ângulo de ligação como ilustrado na Figura 11(b).

a. Vibração de estiramento de ligação



b. Vibração de deformação angular

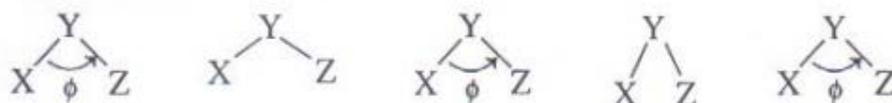


Figura 11: Os tipos de vibração molecular interna (a) estiramento da ligação para dois átomos sendo R o valor médio da distância e

(b) a vibração de deformação angular é mostrada para uma molécula triatômica, sendo o ângulo médio representado por ϕ .

Fonte: Baird E Cann, (2011).

Para que a molécula possa absorver ela deve apresentar um momento dipolar diferente de zero em algum momento da vibração, deve ocorrer uma diferença entre as densidades da carga, portanto as moléculas apolares, com momento dipolar igual a zero, não absorvem IV térmico. No caso da molécula de gás carbônico ocorrem dois estiramentos diferentes, o assimétrico e o estiramento simétrico (Figura 12).



Figura 12: Estiramentos simétrico e assimétrico da molécula de gás carbônico

No estiramento simétrico não existe uma diferença quanto às densidades de cargas, apresentando uma simetria molecular e, conseqüentemente, a molécula não é capaz de absorver IV. No estiramento assimétrico ocorre uma diferença entre as densidades eletrônicas, no exato momento em que uma ligação C – O sofre contração, a outra ligação C – O sofre estiramento, gerando em um estágio da vibração um momento dipolar diferente de zero, absorvendo radiação IV nesta frequência de vibração. A deformação angular também garante absorção da IV, pois quando os átomos se distanciam fora da geometria linear ocorre uma deslocalização das densidades eletrônicas (Figura 13).

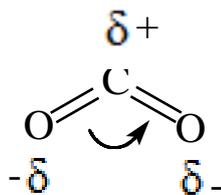


Figura 13: Vibração molecular ao longo das ligações C – O.

Esta vibração assimétrica acontece também na molécula de metano (CH₄) e por essa razão, o metano pode absorver radiação IV e segundo Manahan (2013) o metano apresenta um maior perigo na intensificação do efeito estufa em termos de absorção de IV térmico. Entretanto, o gás carbônico está presente em maior quantidade presente no meio. Podem ocorrer também absorções em frequências maiores ou menores do que as vibrações moleculares, essa característica das moléculas absorverem em uma curta faixa de frequência e não em uma específica,

se deve a alteração da energia rotacional (giro). Esta energia pode ser um pouco aumentada ou diminuída para aumentar a energia vibracional levando a uma absorção de um grupo de moléculas em uma frequência um pouco acima ou um pouco abaixo da que corresponde a faixa da vibração.

5. MOLÉCULAS DE GÁS CARBÔNICO LANÇADAS NO MEIO

O tempo de vida de uma molécula de gás carbônico na atmosfera é uma medida complicada, pois ao contrário de outros gases ela não é decomposta natural, química ou fotoquimicamente. Muitas destas moléculas voltam novamente ao meio após alguns anos, como pode ser visualizado no ciclo do carbono na Figura 14.

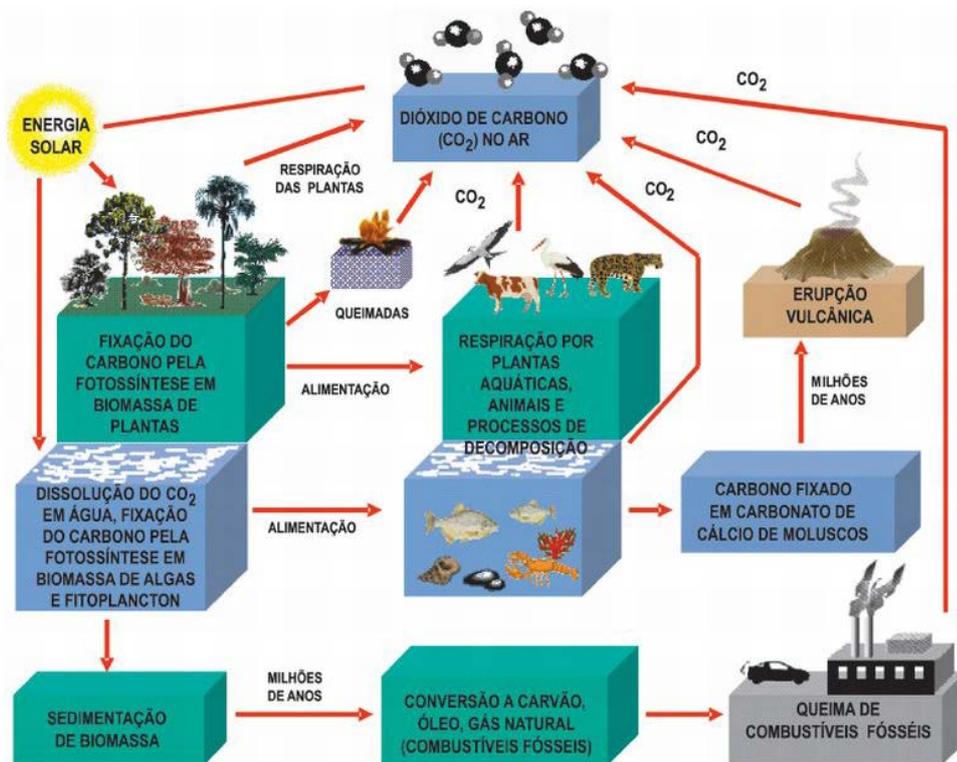


Figura 14: Ilustração do ciclo do carbono.

Fonte: <http://qnint.sbg.org.br/qni/visualizarTema.php?idTema=7>

O Ciclo do carbono se inicia a partir do momento em que as plantas, ou outros organismos autótrofos (são aqueles organismos que produzem o próprio alimento por meio de fotossíntese ou quimiossíntese, GARRISON, 2010), absorvem o gás carbônico da atmosfera e o utilizam na fotossíntese (ou quimiossíntese no caso de

alguns organismos) incorporando-o às suas moléculas. Então o carbono passa para o próximo nível trófico quando os animais herbívoros ingerem as plantas e absorvem parte do carbono incorporado na forma de açúcares, porque uma parcela é armazenada na forma de biomassa, pelas folhas, caules e raízes, sendo devolvido diretamente ao meio se ocorrer uma queimada. Ao ser ingerido pelos animais herbívoros, o carbono será devolvido à atmosfera através da respiração ou, também, através da decomposição desses organismos. Os oceanos também são grandes reservatórios de gás carbônico realizando uma troca constante deste com a atmosfera em um processo recíproco e contínuo. A Figura 15, mostra as trocas entre gás carbônico e as estimativas de quantidades aproximadas nos ambientes com os fluxos anuais em Gtc /ano (Gtc = gigatonelada de carbono, sendo que 1 giga corresponde a 10^{12}).

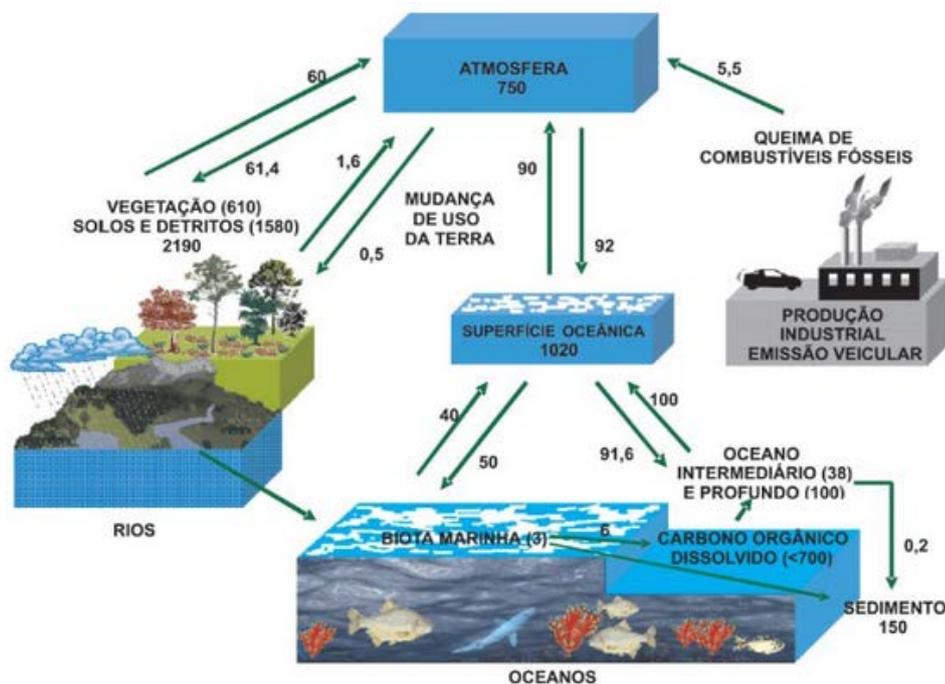


Figura 15: Estimativas de gás carbônico nos ambientes com fluxos anuais em Gtc/ano.

Fonte: <http://qnint.s bq.org.br/qni/visualizarTema.php?idTema=7>

As principais trocas ocorrem através da fotossíntese e da respiração. Na fotossíntese ocorre através de plantas clorofiladas que captam o gás carbônico com energia e água e produzem glicose e oxigênio de acordo com a equação a seguir:



Equação 6.

Quando a planta é ingerida por um organismo, a glicose é metabolizada e devolvida ao meio como gás carbônico de acordo com a equação a seguir:



Além disso, outros processos ocorrem de forma paralela como a fossilização, no qual ocorre formação de petróleo e calcário (CaCO_3).

Nos últimos anos, desde a Revolução Industrial, temos presenciado uma drástica mudança no ciclo do carbono. Durante muito tempo esse ciclo permaneceu estável com a liberação de gás carbônico na atmosfera sendo compensada pela sua absorção pelas plantas e vice-versa, entretanto este equilíbrio foi alterado devido a industrialização e o uso de combustíveis fósseis.

5.1 O que fazer?

Muito se discute no decorrer dos anos sobre o que fazer para a questão do efeito estufa. De acordo com Manahan (2013) a ciência verde e a tecnologia diminuem o aquecimento global, através de uma série de medidas tomadas com o objetivo de reduzir as emissões dos gases estufa, que está relacionada diretamente com a utilização e produção de energia que provém diretamente da queima de combustíveis fósseis. Com o desenvolvimento de novas tecnologias e o uso adequado da energia fóssil, se busca novas fontes de energia, minimizando estas formas de emissões.

Um exemplo da tecnologia em prol de novas formas de energia é a conversão da frota de carros de passeio em veículos híbridos, que combinam motores de combustão interna com motores elétricos, bem como transporte de carga em trens elétricos ao invés de caminhões. Outra forma em potencial para prevenir emissões de gás carbônico na atmosfera é através do *sequestro de carbono* (conceito criado pelo Protocolo de Kyoto em 1997) que consiste na absorção do dióxido de carbono para que ele não vá para a atmosfera. Este processo ocorre efetivamente nos oceanos e nas florestas, o que possibilita o uso de combustíveis fósseis sem que ocorra um aumento na emissão de gás carbônico. Dentre os sumidouros de dióxido de carbono, estão os oceanos, que apresentam uma grande capacidade de receber dióxido de carbono, entretanto isso gera uma redução do pH da água em alguns décimos de unidades, o que pode afetar de forma bruta a vida selvagem. Isso ocorre

porque a dissolução direta de CO_2 na água do mar produz ácido carbônico (H_2CO_3), um oxiácido fraco que aumentará a acidez do oceano. As reações a seguir mostram como isso ocorre.



De acordo com Garrison (2010), os oceanos guardam cerca de 60 vezes mais dióxido de carbono do que a atmosfera, por essa razão os vegetais marinhos quase nunca sofrem de falta de CO_2 , e justamente nas águas mais frias que contém maiores quantidades de gás carbônico, isso ocorre pois a água densa afunda levando a quantidade de CO_2 . Devido a altas pressões nas profundezas, o gás carbônico se mantém em solução. Outro fato que contribui para isto, é que nas águas profundas apenas os animais heterótrofos vivem e quando morrem o gás carbônico produzido pela decomposição dos mesmos, não é consumido pela fotossíntese, já que, nenhum produtor primário estará presente nas profundezas escuras para utilizar esse excesso de gás carbônico. Segundo Baird e Cann (2011) o dióxido de carbono destinado ao armazenamento nos oceanos, pode ser transportado através de tubulações provenientes da costa, de um navio parado acima do local desejado ou de plataformas, que até mesmo em profundidades rasas em torno de 200 a 400 metros já darão resultados satisfatórios. Entretanto, para que o processo seja mais permanente é importante que o fundo do oceano tenha uma inclinação para que a gravidade leve essa água mais densa para maiores profundezas, já que simulações mostram que em águas não tão profundas se o CO_2 estiver apenas dissolvido ao invés de afundar, em algumas décadas esse gás retornará a atmosfera. A Figura 16 mostra o sequestro de carbono nos oceanos.

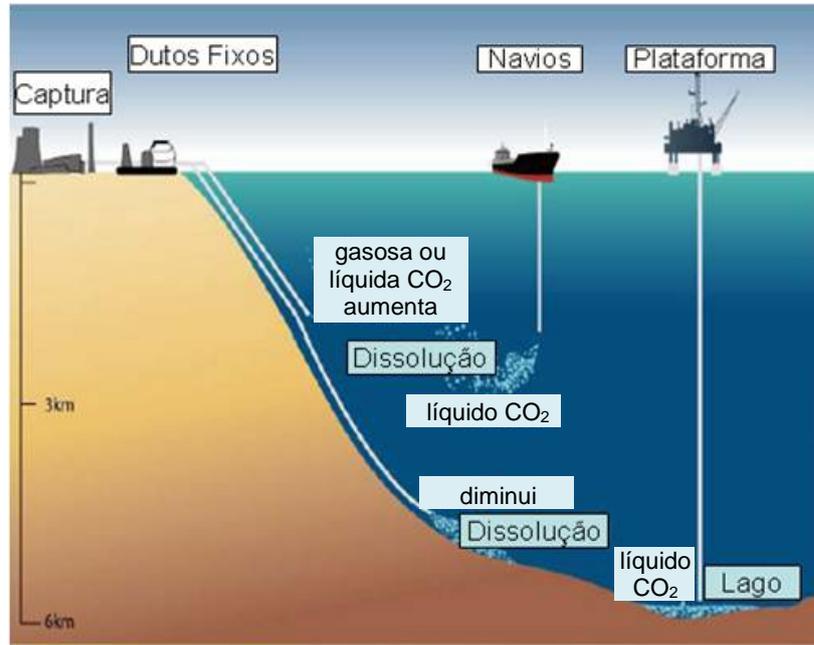


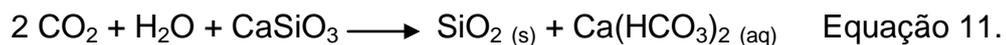
Figura 16: Sequestro de carbono nos oceanos.

Fonte: Adaptado de: <http://meioambiente.culturamix.com/desenvolvimento-sustentavel/sequestro-de-carbono>

No fundo do mar, o dióxido de carbono dissolvido pode eventualmente reagir com o carbonato de cálcio ($\text{CaCO}_{3(s)}$) nos sedimentos formados a partir de conchas e produzir bicarbonato de cálcio solúvel. A reação a seguir demonstra isso.



Desta forma o CO_2 se encontra quimicamente preso na forma de bicarbonato, permanecendo desta forma indefinidamente dissolvido. Outra forma alternativa que resolveria o problema da acidez gerada pela dissolução direta, seria a reação do silicato de cálcio (CaSiO_3) que é um material barato e abundante, para converter o dióxido de carbono em dióxido de silício (SiO_2) e em bicarbonato de cálcio aquoso que pode ser drenado para o fundo do oceano.



Outra forma, em curto prazo é a injeção do CO_2 em grandes profundidades subterrâneas de minas de carvão desativadas e de reservas de óleo e gás esgotadas. A grande vantagem nesta abordagem é que o dióxido de carbono pode ser empregado para extrair petróleo remanescente em poços já explorados.

Uma técnica em potencial é **fertilização de ferro**, segundo BAIRD (2011), grandes porções do oceano Pacífico tropical e os oceanos do sul (que circundam a Antártida), são deficientes em plâncton (o plâncton autótrofo é denominado fitoplâncton) que é fundamental para a vida na Terra devido a formação de grandes quantidades de oxigênio atmosférico por meio de fotossíntese. Um dos problemas decorrente do aquecimento global (GARRISON-2010) é devido ao aquecimento das águas oceânicas e a diminuição dos ventos que trazem a poeira rica em ferro, necessário para o metabolismo do fitoplâncton, e por isso, contribuíram muito para a redução da produtividade destes nos últimos 20 anos. Cientistas estão analisando a adição artificial de ferro com o objetivo de aumentar massivamente as florações do fitoplâncton. O florestamento também é muito importante para o sequestro de carbono, pois o desmatamento intensifica o efeito estufa, dificultado a absorção de CO₂. Uma alternativa para amenizar as emissões de CO₂ é o plantio de florestas, somente destinadas a este fim.

A eficiência de energia industrial e doméstica através de novas tecnologias, em substituição ao uso de combustíveis fósseis ajudaria a reduzir as emissões de CO₂.

O metano (CH₄) também é um gás estufa, absorve infravermelho térmico e apresenta um potencial de aquecimento global maior que o CO₂, absorve IV térmico na faixa de 7,7 μm devido as deformações angulares HCH, justamente nesta região no qual CO₂ e vapor d'água não absorvem, a chamada "janela espectral" (MORTIMER, 2011). Entretanto, devido a sua menor concentração o CO₂ acaba se tornando o principal gás de efeito estufa (GEE), mas um aumento nas concentrações de metano certamente causaria impacto ao aquecimento global, por isso a redução das emissões de CH₄ também é importante na minimização do problema.

5.2 Protocolo de Kyoto

O Protocolo de Kyoto é um acordo internacional estabelecido em 1997, na cidade de Kyoto, localizada no Japão. Sua proposta é reduzir as emissões de gases estufa dos países industrializados e garantir, a partir deste ponto, o chamado Modelo de Desenvolvimento Limpo (MDL) aos países em via de desenvolvimento. Este documento prevê que os países industrializados reduzam suas emissões em 5,2% entre os anos de 2008 e 2012 comparado ao que era emitido em 1990. Para os 38

países considerados os mais poluentes, foram definidos percentuais diferentes dos 5,2%. Os principais são:

- Países da União Europeia = 8%;
- Estados Unidos = 7%;
- Japão = 6%.

Muitos países confirmaram o Protocolo de Kyoto no decorrer dos anos. O Brasil assinou o Protocolo de Kyoto em 29 de Abril de 1998, porém a Assembléia Legislativa aprovou o texto do Protocolo apenas em 20 de Julho de 2002, sob o Decreto Legislativo nº 144 de 2002. Sendo assim, a ratificação do Protocolo de Kyoto pelo Brasil foi feita somente em 23 de Agosto de 2002 (<http://scienceblogs.com.br/rastrodecarbono/2007/06/o-brasil-e-o-protocolo-de-kyoto/>). Países como os Estados Unidos assinaram o Protocolo em 1998, embora não o tenham confirmado, pois deveria ser aprovado pelo governo americano (SACARPINELLA-2002). A 18ª Conferência das Partes (COP 18) na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima terminou no dia 7 de dezembro de 2012, com a decisão de prorrogar a validade do Protocolo de Kyoto até 2020. O protocolo é o único dispositivo legal existente que obriga países desenvolvidos a reduzir as emissões de gases causadores do efeito estufa (<http://vestibular.uol.com.br/resumo-das-disciplinas/atualidades/meio-ambiente-enfraquecido-protocolo-de-kyoto-e-estendido-ate-2020.htm>).

5.3 Mercado de carbono

A partir do Protocolo de Kyoto, ficou claro que o mercado poderia auxiliar nas reduções dos GEE, através de um valor que possa ser usado nestas reduções. Com este princípio, foram estabelecidos os chamados mecanismos de flexibilização (PAZ, 2009) e entre eles está o **Mecanismo de Desenvolvimento Limpo** (MDL), que funciona com o objetivo de flexibilizar o direito de poluir, mas que serve de estímulo aos países em desenvolvimento para que possam traçar estratégias para redução dos gases de efeito estufa. A proposta do MDL consiste em que cada tonelada de CO₂ deixada de ser emitida ou até mesmo retirada do meio poderá ser negociada no mercado mundial e as empresas que não conseguirem reduzir suas emissões, poderão comprar **Certificados de Emissões Reduzidas (CER)**, sendo que o

governo define a quantidade de emissão que pode ser negociada, KRUG (2004) afirma que os países podem utilizar apenas créditos equivalentes a no máximo 1% de suas respectivas emissões de CO₂, em comparação ao ano de 1990, sendo que uma tonelada de gás carbônico corresponde a um crédito de carbono. O desenvolvimento de novas tecnologias está diretamente relacionado às necessidades do Protocolo de Kyoto, e por isso, estudos em diversos países buscam o desenvolvimento de novas formas de energia a custos viáveis, como a biomassa, o biodiesel, o reuso da água, novas técnicas de manejo do solo e o desenvolvimento genético de plantas para o reflorestamento (BARRETO, FREITAS E PAIVA, 2009).

6. QUESTÕES SOBRE EFEITO ESTUFA E AQUECIMENTO GLOBAL

1. (UCS RS/2011/Janeiro) *A Terra está ficando mais quente. Um dos fatores pode ser a poluição gerada pelo homem. Mas novos estudos revelam que o problema também vem de onde menos se espera: o mar, as nuvens e até as plantas podem estar contribuindo para piorar os efeitos do CO₂.*

(*Superinteressante*, set. 2010. p. 79 – Texto adaptado.)

Sobre essa situação é correto afirmar que

- () quanto mais o planeta esquenta, mais água passa ao estado gasoso, indo para a atmosfera. Esse vapor d'água forma uma barreira, que ajuda a reter o calor na Terra.
- () a queima de combustíveis fósseis gera CO₂ e aquece o planeta. Mas certos tipos de poluição, como a do dióxido de enxofre liberado pelos vulcões, refletem radiação solar, ajudando a diminuir o aquecimento da Terra.
- () o aumento da concentração de CO₂ na atmosfera, num primeiro momento, é bom para as plantas, que utilizam esse gás para a fotossíntese.

Assinale a alternativa que preenche corretamente os parênteses, de cima para baixo.

- a) V – V – V
- b) F – F – F
- c) V – F – F
- d) V – F – V
- e) F – V – F

2.(UNESP SP/2010/Conhecimentos Gerais - Verão) O efeito estufa é um fenômeno natural e consiste na retenção de calor irradiado pela superfície terrestre, pelas partículas de gases e água em suspensão na atmosfera que garante a manutenção do equilíbrio térmico do planeta e da vida. O efeito estufa, de que tanto se fala ultimamente, resulta de um desequilíbrio na composição atmosférica, provocado pela crescente elevação da concentração de certos gases que têm a capacidade de absorver calor.

Qual das ações a seguir seria mais viável para minimizar o efeito acelerado do aquecimento global provocado pelas atividades do homem moderno?

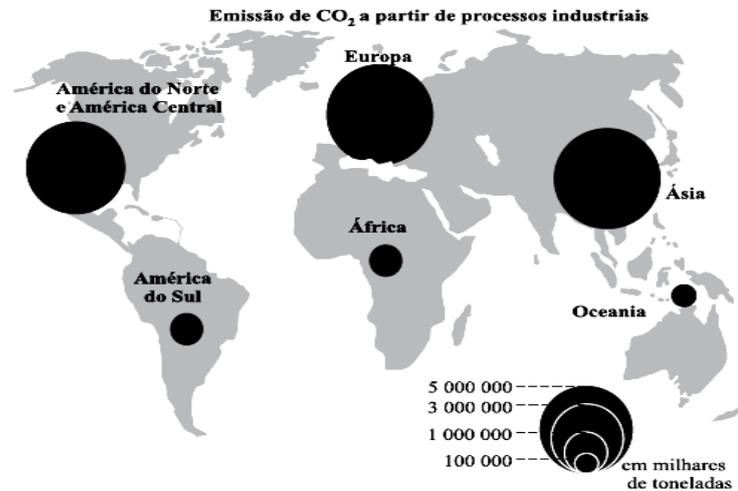
- a) Redução dos investimentos no uso de tecnologias voltada para a captura e sequestro de carbono.
- b) Aumento da produção de energia derivada de fontes alternativas, como o xisto pirobetuminoso e os micro-organismos manipulados geneticamente.
- c) Reduzir o crescimento populacional e aumentar a construção de usinas termelétricas.
- d) Reflorestamento maciço em áreas devastadas e o consumo de produtos que não contenham CFCs (clorofluorcarbonetos).
- e) Criação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) pelo Brasil e do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC) pelos EUA.

3. (UCS RS/2010/Julho) O efeito estufa, fenômeno natural de aquecimento térmico da Terra, é imprescindível para manter a temperatura do planeta em condições ideais de sobrevivência. A queima de combustíveis fósseis e o desmatamento, no entanto, originam gases, tais como dióxido de carbono, óxido nitroso e metano, que colaboram para o superaquecimento do planeta, provocando consequências desastrosas, como derretimento de parte das calotas polares, mudanças climáticas e maior incidência de fenômenos, como ciclones.

Assinale a alternativa que indica uma ação correta para minimizar as mudanças climáticas.

- a) Usar gasolina como combustível.
- b) Desmatar a Floresta Amazônica.
- c) Trafegar com veículos sem catalisador em seus canos de descarga.
- d) Optar pelo reflorestamento.
- e) Não usar transporte coletivo.

4. (FMJ SP/2010) A partir da leitura do mapa a seguir, é possível afirmar que:



(www.scienceblogs.com.br/rastrodecarbono/2007/08/co2-de-combustiveisfosseis-e-processos-industriais.php)

- a) as maiores potências industriais da atualidade podem ser relacionadas aos países que mais contribuem para o aquecimento global.
- b) o aumento de fontes poluidoras na Ásia está associado à proibição da negociação dos créditos de carbono imposta aos tigres asiáticos.
- c) a China, apesar da importância de seu parque industrial para a economia mundial, é um dos países menos poluidores da atualidade.
- d) as maiores concentrações atuais de emissão de poluentes na atmosfera estão nos países industriais que se negaram a assinar o Protocolo de Kyoto.
- e) as fontes emissoras de CO₂ na atmosfera estão associadas às áreas de maior concentração populacional do mundo.

5.(ENEM - 2006) Com base em projeções, realizadas por especialistas, prevê-se, para o fim do século XXI, aumento de temperatura média, no planeta, entre 1,4°C e 5,8°C. Como consequência desse aquecimento, possivelmente o clima será mais quente e mais úmido bem como ocorrerão mais enchentes em algumas áreas e secas crônicas em outras. O aquecimento também provocará o desaparecimento de algumas geleiras, o que acarretará o aumento do nível dos oceanos e a inundação de certas áreas litorâneas. As mudanças climáticas previstas para o fim do século XXI

- a) provocarão a redução das taxas de evaporação e de condensação do ciclo da água.

- b) poderão interferir nos processos do ciclo da água que envolvem mudanças de estado físico.
- c) promoverão o aumento da disponibilidade de alimento das espécies marinhas.
- d) induzirão o aumento dos mananciais, o que solucionará os problemas de falta de água no planeta.
- e) causarão o aumento do volume de todos os cursos de água, o que minimizará os efeitos da poluição aquática.

6. (CESGRANRIO-2009) O cuidado com o planeta em que vivemos vem recebendo muita atenção, nas últimas décadas, devido ao ritmo de degradação do meio ambiente natural. Um exemplo dessa atenção foi a assinatura do Protocolo de Kyoto, por vários países, com o objetivo de preservar a Terra. O protocolo de Kyoto tem como tema principal a(o):

- a) Vegetação.
- b) Hidrografia.
- c) Solo.
- d) Relevo.
- e) Clima.

7. (ENEM-2004) O debate em torno do uso da energia nuclear para produção de eletricidade permanece atual. Em um encontro internacional para a discussão desse tema, foram colocados os seguintes argumentos:

- I. Uma grande vantagem das usinas nucleares é o fato de não contribuírem para o aumento do efeito estufa, uma vez que o urânio, utilizado como “combustível”, não é queimado, mas sofre fissão.
- II. Ainda que sejam raros os acidentes com usinas nucleares, seus efeitos podem ser tão graves que essa alternativa de geração de eletricidade não nos permite ficar tranquilos.

A respeito desses argumentos, pode-se afirmar que

- a) o primeiro é válido e o segundo não é, já que nunca ocorreram acidentes com usinas nucleares.
- b) o segundo é válido e o primeiro não é, pois de fato há queima de combustível na geração nuclear de eletricidade.

c) o segundo é válido e o primeiro é irrelevante, pois nenhuma forma de gerar eletricidade produz gases do efeito estufa.

d) ambos são válidos para se compararem vantagens e riscos na opção por essa forma de geração de energia.

e) ambos são irrelevantes, pois a opção pela energia nuclear está-se tornando uma necessidade inquestionável.

8. (ENEM-2004) Há estudos que apontam razões econômicas e ambientais para que o gás natural possa vir a tornar-se, ao longo deste século, a principal fonte de energia em lugar do petróleo. Justifica-se essa previsão, entre outros motivos, porque o gás natural

a) além de muito abundante na natureza é um combustível renovável.

b) tem novas jazidas sendo exploradas e é menos poluente que o petróleo.

c) vem sendo produzido com sucesso a partir do carvão mineral.

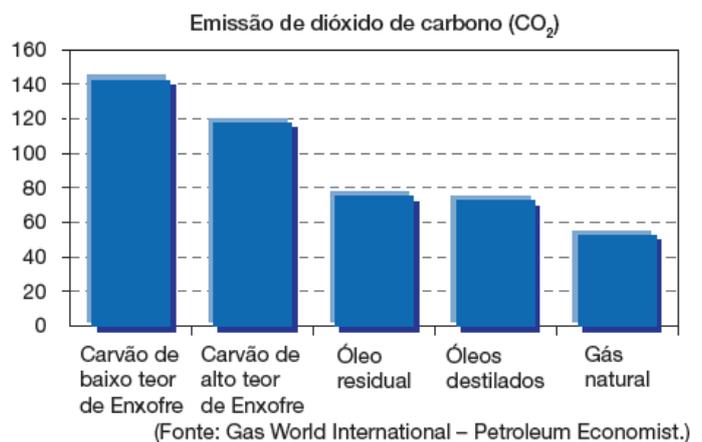
d) pode ser renovado em escala de tempo muito inferior à do petróleo.

e) não produz CO₂ em sua queima, impedindo o efeito estufa.

9. (ENEM-2005) Nos últimos meses, o preço do petróleo tem alcançado recordes históricos. Por isso, a procura de fontes energéticas alternativas se faz necessária. Para os especialistas, uma das mais interessantes é o gás natural, pois ele apresentaria uma série de vantagens em relação a outras opções energéticas.

A tabela compara a distribuição das reservas de petróleo e de gás natural no mundo, e a figura, a emissão de monóxido de carbono entre vários tipos de fontes energéticas.

	Distribuição de petróleo no mundo (%)	Distribuição de gás natural no mundo (%)
América do Norte	3,5	5,0
América Latina	13,0	6,0
Europa	2,0	3,6
Ex-União Soviética	6,3	38,7
Oriente Médio	64,0	33,0
África	7,2	7,7
Ásia/Oceania	4,0	6,0



A partir da análise da tabela e da figura, são feitas as seguintes afirmativas:

- I. *Enquanto as reservas mundiais de petróleo estão concentradas geograficamente, as reservas mundiais de gás natural são mais distribuídas ao redor do mundo garantindo um mercado competitivo, menos dependente de crises internacionais e políticas.*
- II. *A emissão de dióxido de carbono (CO₂) para o gás natural é a mais baixa entre os diversos combustíveis analisados, o que é importante, uma vez que esse gás é um dos principais responsáveis pelo agravamento do efeito estufa.*

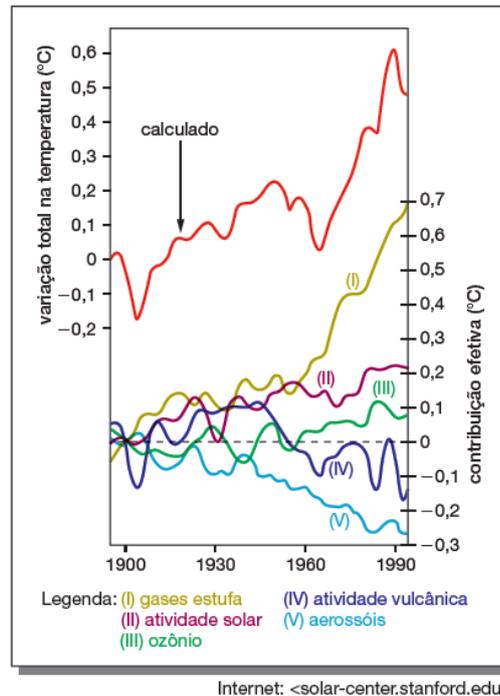
Com relação a essas afirmativas pode-se dizer que

- a) a primeira está incorreta, pois novas reservas de petróleo serão descobertas futuramente.
- b) a segunda está incorreta, pois o dióxido de carbono (CO₂) apresenta pouca importância no agravamento do efeito estufa.
- c) ambas são análises corretas, mostrando que o gás natural é uma importante alternativa energética.
- d) ambas não procedem para o Brasil, que já é praticamente auto-suficiente em petróleo e não contribui para o agravamento do efeito estufa.
- e) nenhuma delas mostra vantagem do uso de gás natural sobre o petróleo.

10. (ENEM-2006) As florestas tropicais úmidas contribuem muito para a manutenção da vida no planeta, por meio do chamado sequestro de carbono atmosférico. Resultados de observações sucessivas, nas últimas décadas, indicam que a floresta amazônica é capaz de absorver até 300 milhões de toneladas de carbono por ano. Conclui-se, portanto, que as florestas exercem importante papel no controle

- a) das chuvas ácidas, que decorrem da liberação, na atmosfera, do dióxido de carbono resultante dos desmatamentos por queimadas.
- b) das inversões térmicas, causadas pelo acúmulo de dióxido de carbono resultante da não-dispersão dos poluentes para as regiões mais altas da atmosfera.
- c) da destruição da camada de ozônio, causada pela liberação, na atmosfera, do dióxido de carbono contido nos gases do grupo dos clorofluorcarbonos.
- d) do efeito estufa provocado pelo acúmulo de carbono na atmosfera, resultante da queima de combustíveis fósseis, como carvão mineral e petróleo.
- e) da eutrofização das águas, decorrente da dissolução, nos rios, do excesso de dióxido de carbono presente na atmosfera.

10. (ENEM-2007) O gráfico abaixo ilustra o resultado de um estudo sobre o aquecimento global. A curva mais escura e contínua representa o resultado de um cálculo em que se considerou a soma de cinco fatores que influenciaram a temperatura média global de 1900 a 1990, conforme mostrado na legenda do gráfico. A contribuição efetiva de cada um desses cinco fatores isoladamente é mostrada na parte inferior do gráfico.



Os dados apresentados revelam que, de 1960 a 1990, contribuíram de forma efetiva e positiva para aumentar a temperatura atmosférica:

- aerossóis, atividade solar e atividade vulcânica.
- atividade vulcânica, ozônio e gases estufa.
- aerossóis, atividade solar e gases estufa.
- aerossóis, atividade vulcânica e ozônio.
- atividade solar, gases estufa e ozônio.

12. (ENEM-2007) Qual das seguintes fontes de produção de energia é a mais recomendável para a diminuição dos gases causadores do aquecimento global?

- Óleo diesel.
- Gasolina.
- Carvão mineral.
- Gás natural.
- Vento.

13. (ENEM-2007) Nos últimos 50 anos, as temperaturas de inverno na península antártica subiram quase 6°C. Ao contrário do esperado, o aquecimento tem aumentado a precipitação de neve. Isso ocorre porque o gelo marinho, que forma um manto impermeável sobre o oceano, está derretendo devido à elevação de temperatura, o que permite que mais umidade escape para a atmosfera. Essa umidade cai na forma de neve. Logo depois de chegar a essa região, certa espécie de pingüins precisa de solos nus para construir seus ninhos de pedregulhos. Se a neve não derrete a tempo, eles põem seus ovos sobre ela. Quando a neve finalmente derrete, os ovos se encharcam de água e goram.

Scientific American Brasil, ano 2, no. 21, 2004, p. 80 (com adaptações).

A partir do texto anterior, analise as seguintes afirmativas.

- I. O aumento da temperatura global interfere no ciclo da água na península antártica.
- II. O aquecimento global pode interferir no ciclo de vida de espécies típicas de região de clima polar.
- III. A existência de água em estado sólido constitui fator crucial para a manutenção da vida em alguns biomas.

É correto o que se afirma

- a) apenas em I.
- b) apenas em II.
- c) apenas em I e II.
- d) apenas em II e III.
- e) em I, II e III.

14. (ENEM-2007) Devido ao aquecimento global e à consequente diminuição da cobertura de gelo no Ártico, aumenta a distância que os ursos polares precisam nadar para encontrar alimentos. Apesar de exímios nadadores, eles acabam morrendo afogados devido ao cansaço.

A situação descrita acima

- a) enfoca o problema da interrupção da cadeia alimentar, o qual decorre das variações climáticas.
- b) alerta para prejuízos que o aquecimento global pode acarretar à biodiversidade no Ártico.

- c) ressalta que o aumento da temperatura decorrente de mudanças climáticas permite o surgimento de novas espécies.
- d) mostra a importância das características das zonas frias para a manutenção de outros biomas na Terra.
- e) evidencia a autonomia dos seres vivos em relação ao *habitat*, visto que eles se adaptam rapidamente às mudanças nas condições climáticas.

15. (ENEM-2007) As pressões ambientais pela redução na emissão de gás estufa, somadas ao anseio pela diminuição da dependência do petróleo, fizeram os olhos do mundo se voltarem para os combustíveis renováveis, principalmente para o etanol. Líderes na produção e no consumo de etanol, Brasil e Estados Unidos da América (EUA) produziram, juntos, cerca de 35 bilhões de litros do produto em 2006. Os EUA utilizam o milho como matéria-prima para a produção desse álcool, ao passo que o Brasil utiliza a cana-de-açúcar. O quadro abaixo apresenta alguns índices relativos ao processo de obtenção de álcool nesses dois países.

	cana	milho
produção de etanol	8 mil litros/ha	3 mil litros/ha
gasto de energia fóssil para produzir 1 litro de álcool	1.600 kcal	6.600 kcal
balanço energético	positivo: gasta-se 1 caloria de combustível fóssil para a produção de 3,24 calorias de etanol	negativo: gasta-se 1 caloria de combustível fóssil para a produção de 0,77 caloria de etanol
custo de produção/litro	US\$ 0,28	US\$ 0,45
preço de venda/litro	US\$ 0,42	US\$ 0,92

Globo Rural, jun./2007 (com adaptações).

Considerando-se as informações do texto, é correto afirmar que

- a) o cultivo de milho ou de cana-de-açúcar favorece o aumento da biodiversidade.
- b) o impacto ambiental da produção estadunidense de etanol é o mesmo da produção brasileira.
- c) a substituição da gasolina pelo etanol em veículos automotores pode atenuar a tendência atual de aumento do efeito estufa.
- d) a economia obtida com o uso de etanol como combustível, especialmente nos EUA, vem sendo utilizada para a conservação do meio ambiente.

e) a utilização de milho e de cana-de-açúcar para a produção de combustíveis renováveis favorece a preservação das características originais do solo.

16. (ENEM-2009)



Disponível em: <<http://clickdigitalsj.com.br>>. Acesso em: 9 jul. 2009.



Disponível em: <<http://conexaoambiental.zip.net/images/charge.jpg>>. Acesso em: 9 jul. 2009.

Reunindo-se as informações contidas nas duas charges, infere-se que:

- os regimes climáticos da Terra são desprovidos de padrões que os caracterizem.
- as intervenções humanas nas regiões polares são mais intensas que em outras partes do globo.
- o processo de aquecimento global será detido com a eliminação das queimadas.
- a destruição das florestas tropicais é uma das causas do aumento da temperatura em locais distantes como os polos.
- os parâmetros climáticos modificados pelo homem afetam todo o planeta, mas os processos naturais têm alcance regional.

17. (ENEM-2009) A atmosfera terrestre é composta pelos gases nitrogênio (N_2) e oxigênio (O_2), que somam cerca de 99%, e por gases traços, entre eles o gás carbônico (CO_2), vapor de água (H_2O), metano (CH_4), ozônio (O_3) e o óxido nítrico (N_2O), que compõem o restante 1% do ar que respiramos. Os gases traços, por serem constituídos por pelo menos três átomos, conseguem absorver o calor irradiado pela Terra, aquecendo o planeta. Esse fenômeno, que acontece há bilhões de anos, é chamado de efeito estufa. A partir da Revolução Industrial (século XIX), a concentração de gases traços na atmosfera, em particular o CO_2 , tem aumentado significativamente, o que resultou no aumento da temperatura em escala global. Mais recentemente, outro fator tornou-se diretamente envolvido no aumento da concentração de CO_2 na atmosfera: o desmatamento.

BROWN, I. F.; ALECHANDRE, A. S.

Conceitos básicos sobre clima, carbono, florestas e comunidades.

A.G. Moreira & S. Schwartzman. As mudanças climáticas globais e os ecossistemas brasileiros. Brasília:

Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2000. [Adaptado]

Considerando o texto, uma alternativa viável para combater o efeito estufa é:

- a) reduzir o calor irradiado pela Terra mediante a substituição da produção primária pela industrialização refrigerada.
- b) promover a queima da biomassa vegetal, responsável pelo aumento do efeito estufa devido à produção de CH_4 .
- c) reduzir o desmatamento, mantendo-se, assim, o potencial da vegetação em absorver o CO_2 da atmosfera.
- d) aumentar a concentração atmosférica de H_2O , molécula capaz de absorver grande quantidade de calor.
- e) remover moléculas orgânicas polares da atmosfera, diminuindo a capacidade delas de reter calor.

18.(ENEM-2009) Nas últimas décadas, o efeito estufa tem-se intensificado de maneira preocupante, sendo esse efeito muitas vezes atribuído à intensa liberação de CO_2 durante a queima de combustíveis fósseis para geração de energia. O quadro traz as entalpias-padrão de combustão a $25^\circ C$ (ΔH^0_{25}) do metano, do butano e do octano.

composto	fórmula molecular	massa molar (g/mol)	ΔH_{25}° (kJ/mol)
metano	CH ₄	16	- 890
butano	C ₄ H ₁₀	58	- 2878
octano	C ₈ H ₁₈	114	-5471

A medida que aumenta a consciência sobre os impactos ambientais relacionados ao uso da energia, cresce a importância de se criar políticas de incentivo ao uso de combustíveis mais eficientes. Nesse sentido, considerando-se que o metano, o butano e o octano sejam representativos do gás natural, do gás liquefeito de petróleo (GLP) e da gasolina, respectivamente, então, a partir dos dados fornecidos, é possível concluir que, do ponto de vista da quantidade de calor obtido por mol de CO₂ gerado, a ordem crescente desses três combustíveis é

- gasolina, GLP e gás natural.
- gás natural, gasolina e GLP.
- gasolina, gás natural e GLP.
- gás natural, GLP e gasolina.
- GLP, gás natural e gasolina.

19. (ENEM-2010) As cidades industrializadas produzem grandes proporções de gases como o CO₂, o principal gás causador do efeito estufa. Isso ocorre por causa da quantidade de combustíveis fósseis queimados, principalmente no transporte, mas também em caldeiras industriais. Além disso, nessas cidades concentram-se as maiores áreas com solos asfaltados e concretados, o que aumenta a retenção de calor, formando o que se conhece por “ilhas de calor”. Tal fenômeno ocorre porque esses materiais absorvem o calor e o devolvem para o ar sob a forma de radiação térmica. Em áreas urbanas, devido à atuação conjunta do efeito estufa e das “ilhas de calor”, espera-se que o consumo de energia elétrica

- diminua devido à utilização de caldeiras por indústrias metalúrgicas.
- aumente devido ao bloqueio da luz do sol pelos gases do efeito estufa.
- diminua devido à não necessidade de aquecer a água utilizada em indústrias.
- aumente devido à necessidade de maior refrigeração de indústrias e residências.
- diminua devido à grande quantidade de radiação térmica reutilizada.

20. (ENEM-2010) O aquecimento global, ocasionado pelo aumento do efeito estufa, tem como uma de suas causas a disponibilização acelerada de átomos de carbono para a atmosfera. Essa disponibilização acontece, por exemplo, na queima de combustíveis fósseis, como a gasolina, os óleos e o carvão, que libera o gás carbônico (CO_2) para a atmosfera. Por outro lado, a produção de metano (CH_4), outro gás causador do efeito estufa, está associada à pecuária e à degradação de matéria orgânica em aterros sanitários. Apesar dos problemas causados pela disponibilização acelerada dos gases citados, eles são imprescindíveis à vida na Terra e importantes para a manutenção do equilíbrio ecológico, porque, por exemplo, o

- a) metano é fonte de carbono para os organismos fotossintetizantes.
- b) metano é fonte de hidrogênio para os organismos fotossintetizantes.
- c) gás carbônico é fonte de energia para os organismos fotossintetizantes.
- d) gás carbônico é fonte de carbono inorgânico para os organismos fotossintetizantes.
- e) gás carbônico é fonte de oxigênio molecular para os organismos heterotróficos aeróbios.

21. (ENEM-2012) No Japão, um movimento nacional para a promoção da luta contra o aquecimento global leva o *slogan*: **1 pessoa, 1 dia, 1 kg de CO_2 a menos!** A ideia é cada pessoa reduzir em 1 kg a quantidade de CO_2 emitida todo dia, por meio de pequenos gestos ecológicos, como diminuir a queima de gás de cozinha.

Um hambúrguer ecológico? É pra já!

Disponível em: <http://lqes.iqm.unicamp.br>. Acesso em: 24 fev. 2012 (adaptado).

Considerando um processo de combustão completa de um gás de cozinha composto exclusivamente por butano (C_4H_{10}), a mínima quantidade desse gás que um japonês deve deixar de queimar para atender à meta diária, apenas com esse gesto, é de

Dados: CO_2 (44 g/mol); C_4H_{10} (58 g/mol)

- a) 0,25 kg.
- b) 0,33 kg.
- c) 1,0 kg.
- d) 1,3 kg.
- e) 3,0 kg.

7. GABARITO COMENTADO

1. Letra A.

As três afirmações são corretas, na primeira com o aumento da temperatura ocorre uma maior concentração de vapor d'água na atmosfera, de acordo com BAIRD, 2011, moléculas de água sempre abundantes na atmosfera, absorvem luz infravermelha térmica em um determinado comprimento de onda, no qual fica retido pelas moléculas causando desta forma uma intensificação do aquecimento global.

Quando um vulcão se torna ativo ele lança na atmosfera grandes quantidades de dióxido de enxofre (SO_2), esta substância tóxica, reflete a radiação solar e de forma paliativa auxilia em um resfriamento do planeta, afirma o climatologista Carlos Nobre do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) em reportagem da revista Superinteressante edição setembro de 2010, disponível em: <http://super.abril.com.br/ecologia/novos-suspeitos-aquecimento-global-598659.shtml>. Em um primeiro momento auxilia as plantas, pois o carbono é aprisionado pela fotossíntese (carbono fixado).

2. Letra D

De acordo com o enunciado da questão, se pede alternativas mais viáveis, entendendo-se desta forma alternativas que sejam práticas de aplicação imediata, portanto o reflorestamento em áreas devastadas gera um maior número de árvores que por sua vez através da fotossíntese irão fixar o carbono em suas fibras, não deixando mais este carbono fixado retornar diretamente ao meio, os CFCs além de agredir o ozônio estratosférico também é um gás de aquecimento global, logo o cuidado em não usar produtos que contenham CFCs ajudarão a minimizar um pouco do problema.

3. Letra D.

Como mencionado na resolução da questão anterior, o reflorestamento é o melhor caminho para minimizar o aquecimento global.

4. Letra A

As atividades industriais ainda utilizam muita energia proveniente da queima de combustíveis fósseis, que libera para o meio grandes quantidades de dióxido de carbono (CO_2) que é um dos gases que mais contribuem para o aquecimento global,

portanto se pode associar através das quantidades de CO₂ liberadas poder industrial de um país.

5. Letra B

De acordo com o enunciado, o aumento da temperatura média do planeta vai interferir no ciclo da água, nas mudanças de estado físico que mantém o equilíbrio das chuvas.

6. Letra E.

O Protocolo de Kyoto tem como principal objetivo a redução das emissões de CO₂ através de uma série de medidas que visam esta redução, que são os Modelos de Desenvolvimento Limpo (MDL). Este acordo assinado em 1997, foi resultado da preocupação sobre a influência das concentrações de CO₂ na intensificação do efeito estufa, levando ao aquecimento global, e a forma como este interfere no clima.

7. Letra D.

A fissão nuclear consiste na divisão do núcleo de um átomo em dois núcleos menores, com liberação de grande quantidade de energia (FELTRE, VOLUME 2, 2008), ao bombardear átomos de urânio de massa 235 com nêutrons, ocorre à fissão nuclear de acordo com o esquema a seguir:



Esta quebra produz três nêutrons que voltam a atacar outros 3 átomos de urânio de massa 235, dando origem a uma reação em cadeia. Logo esta energia não é decorrente da queima de combustíveis fósseis não liberando desta forma dióxido de carbono (CO₂).

A energia nuclear além de apresentar diversas aplicações em nossa sociedade apresenta efeitos para os seres vivos é que podem causar alterações nas moléculas de DNA (responsável pelo nosso código genético), e estas alterações podem provocar o aparecimento de câncer ou induzir mutações genéticas nos indivíduos (MÓL et al, VOLUME 3, 2010). Logo os dois argumentos devem ser levados em consideração na hora de comparar vantagens e riscos para este tipo de energia.

8. Letra B.

O gás natural é um ótimo combustível, tanto por seu alto poder calorífico como por ser menos poluente que outros derivados do petróleo, uma vez que contém menos impurezas (FELTRE, VOLUME 3, 2008), pode ser encontrado na natureza isoladamente em reservas de gás ou em reservas associadas ao petróleo. De acordo com REIS, VOLUME 3, 2010, o gás natural é formado por hidrocarbonetos de 1 a 2 carbonos, no qual o metano pode estar presente de 70 a 99% o resto do percentual seria etano e impurezas como H_2S , CO_2 etc.

9. Letra C.

De acordo com a tabela mostrada, é possível verificar que a maior concentração de petróleo está no Oriente Médio (64%) enquanto a de gás natural apresenta melhor distribuição geográfica, ou seja, os percentuais são melhores distribuídos e associado ao fato de que gera durante a queima menos dióxido de carbono (CO_2) de acordo com as emissões de CO_2 fornecidas pelo enunciado, apresenta desta forma menos perigo ao efeito estufa, sendo, portanto uma importante alternativa de combustível.

10. Letra D

O termo sequestro de carbono é usado para aprisionar o CO_2 em uma forma que não agrida o meio ambiente, a ideia é simples e está associada ao florestamento e reflorestamento de áreas já degradadas, pois as árvores (principalmente as jovens) retiram o dióxido de carbono do meio para o seu processo de fotossíntese (ROCHA, 2003 e FELTRE, VOLUME 1, 2008)

11. Letra E.

A questão pode ser resolvida através da análise do gráfico fornecido, no qual se pode verificar que a contribuição efetiva para o aumento da temperatura da atmosfera são os gases estufa seguidos da atividade solar e depois pelo ozônio, que apresentam uma contribuição efetiva em $^{\circ}C$ em escala positiva, ao contrário da atividade vulcânica e dos aerossóis.

12. Letra E.

Nas alternativas apresentadas para a diminuição dos gases causadores do aquecimento global é o vento, as demais alternativas, liberam energia através da combustão que gera como produto da queima completa (com bastante oxigênio) o dióxido de carbono, o que não acontece na energia eólica.

13. Letra E.

As três afirmativas estão corretas. O próprio enunciado mostra que o aquecimento global interfere no ciclo da água na península antártica, devido a maior temperatura, ocorrem maior umidade no ar e maior precipitação de neve que interfere nos biomas como citado no enunciado o caso dos pinguins.

14. Letra B.

O aquecimento global ao reduzir a cobertura de gelo, gera transtornos às espécies, pois ocorrem alterações no meio.

15. Letra C.

A produção de etanol de acordo com o texto apresenta diferentes gastos energéticos para a sua produção, o que gera diferentes impactos ambientais decorrentes desta energia, entretanto a produção de etanol a partir da fermentação da cana de açúcar necessita pouca quantidade de energia fóssil de acordo com GUBISICH, 2011, produzindo desta forma energia limpa. Uma das desvantagens segundo SANTOS, MÓL, 2010, é o esgotamento dos solos em muitas regiões devido ao plantio, mas é preferencial em frente a gasolina pois libera durante a combustão uma menor quantidade de dióxido de carbono (CO₂).

16. Letra D

As florestas são responsáveis pelo sequestro de carbono sob a forma de CO₂ durante o processo de fotossíntese, diminuindo a ação desse gás no processo de aquecimento global (efeito estufa). Logo, a destruição dessas florestas pode ser apontada como uma das causas do aumento de temperatura do planeta e, conseqüentemente, de mudanças ambientais das regiões polares.

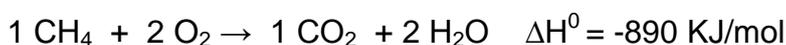
17. Letra D.

O gás de efeito estufa que mais tem aumentado ultimamente é o CO₂ devido a queima de combustíveis fósseis. Portanto, para diminuir a concentração desse gás uma das alternativas consideradas é a *redução do desmatamento*, o que implica aumento de vegetação para sequestro de CO₂ atmosférico através do processo de fotossíntese.

18. Letra A.

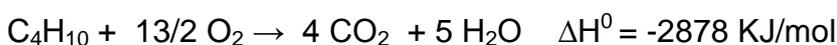
Através das entalpias padrões de combustão é possível definir as quantidades de calor para cada mol de CO₂ gerado.

Para o metano, de acordo com a reação:



Logo para a formação de 1 mol de CO₂ a partir da combustão do metano, serão obtidos 890 KJ de calor.

Para o butano, de acordo com a reação:



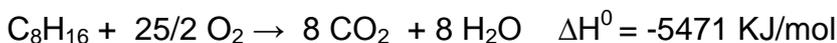
A queima de 1 mol de butano produz 4 mols de CO₂, logo:

4 mols de CO₂----- 2878 KJ

1 mol de CO₂ ----- X

X = 719,5 KJ para cada mol de CO₂ produzido.

Para o octano, de acordo com a reação:



A queima de 1 mol de octano produz 8 mols de CO₂, logo:

8 mols de CO₂----- 5471 KJ

1 mol de CO₂ ----- X

X = 683,87 KJ para cada mol de CO₂ produzido.

O exercício pede a ordem crescente de calor obtido para a produção de 1 mol de CO₂:

Gasolina < butano < gás natural.

19. Letra D.

Tanto as “ilhas de calor” quanto o efeito estufa aumentam a temperatura do ambiente, gerando maior sensação de calor, o que implica em maior consumo de energia elétrica para manter ligados os refrigeradores domésticos, aparelhos de ar-condicionado e ventiladores, por exemplo. Nas indústrias, devido ao uso de equipamentos que operam em certas faixas de temperatura, geralmente inferiores à temperatura ambiente, também ocorre o aumento do consumo de energia para manter a temperatura desejada.

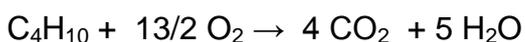
20. Letra D.

Os átomos de carbono apresentam-se disponíveis na atmosfera compondo moléculas de gás carbônico (CO₂). As plantas e algas, seres autótrofos, assimilam o gás carbônico através da fotossíntese e empregam o carbono inorgânico na produção de substâncias orgânicas. Apesar de o oxigênio também ser encontrado na atmosfera compondo moléculas de gás carbônico, os animais o obtêm a partir do gás oxigênio (O₂), por meio da respiração.

21. Letra B.

De acordo com o enunciado 1 pessoa eve liberar 1 Kg a menos de CO₂ por dia.

Pela queima do butano no gás de cozinha:



$$58\text{g} \text{-----} 4 (44\text{g}) = 176 \text{g}$$

$$X \text{-----} 1000 \text{g}$$

$$X = 329,54 \text{ g ou } 0,329 \text{ Kg arredondando } 0,33 \text{ Kg.}$$

8. REFERÊNCIAS

BARBOSA, L. C. A.; **Espectroscopia no Infravermelho – na caracterização de compostos orgânicos.**; UFV, Viçosa – MG, 2007.

BAIRD, C; CANN, M. **Química Ambiental.** 4^a ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

BARRETO, L. V.; FREITAS, A. C. S.; PAIVA, L. C. **Sequestro de carbono**. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Brasil. 2009.

FELTRE, R. **Química Geral**, 7ª edição volume 1, Moderna, São Paulo, 2008.

FELTRE, R. **Química Orgânica**, 7ª edição volume 3, Moderna, São Paulo, 2008.

GARRISON, T. **Fundamentos de oceanografia**. 4ª edição, Cengage Learning, São Paulo, 2010.

GUBISICH, J. C. **Análise: etanol de cana tem várias vantagens**. Disponível em: <http://www.bioetanol.org.br/noticias/detalhe.php?ID=NDI4>. Acessado em 24/03/2014.

KRUG, T. **O papel das atividades de projeto de florestamento e reflorestamento do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo na fixação de CO₂ atmosférico**. In: SANQUETTA, C.R.; BALBINOT, R.; e ZILLIOTTO, M.A. Fixação de Carbono: Atualidades, Projetos e Pesquisas. Curitiba, 2004. p. 39-54.

MANAHAM, S. **Química Ambiental**. 9ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

REIS, M. **Química – Meio ambiente – Cidadania – Tecnologia**. Volume 3, FTD, 2010.

ROCHA, M, T. **Aquecimento global e o mercado de carbono: uma aplicação do modelo CERT**. Tese de Doutorado, USP, 2003.

SANTOS, W; MÓL, G. **Química Cidadã**. Editora nova geração, volume 2, São Paulo, 2010.

SILVA, J. L; STRADIOTTO. N, R. **Soprando na água de cal**. Química Nova na Escola, nº 10, novembro de 1999.

PAZ, P; C. **Análise de áreas protegidas e o mercado de carbono**. Dissertação de Mestrado, UFSC, 2009.

USBERCO, J. SALVADOR, E. **Química volume 1 Química Geral**. Saraiva, São Paulo, 2009.

APÊNDICE C – Chuva ácida

1. OBJETIVO

Mostrar como funciona a chuva ácida, bem como as substâncias envolvidas durante o processo e como esta afeta o meio, tanto vegetação quanto a saúde humana.

2. UTILIZAÇÃO

Este assunto pode ser trabalhado tanto no 1º quanto no 2º ano do Ensino Médio, quando for trabalhar na parte de funções inorgânicas, na análise de óxidos, é importante que o professor trabalhe muito bem estes, como a classificação e reações dos óxidos, para que se possa retomar tais conceitos quando se trabalhar posteriormente acidez de substâncias.

3. CONTEÚDO TEÓRICO

3.1 Ácidos

Apresentam sabor azedo, apresentam ligações covalentes.

Indicadores:

	ACIDO	BASE
F	I	V
T	V	A

F = fenolftaleína; T = tornassol; I = incolor; V = vermelho-róseo; A = azul.

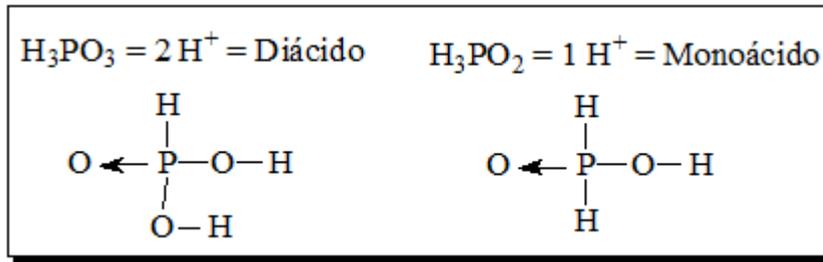
Classificação

Presença de oxigênio: *Oxiácido* = Com oxigênio. *Hidrácido* = Sem oxigênio.

Número de H⁺ = Monoácido: 1 H⁺ - HCl, HNO₃.....

Diácido: 2 H⁺ - H₂SO₄, H₂CO₃.....

Triácido: 3 H⁺ - H₃PO₄

CUIDADO!!!

Força: Grau de ionização (α): É calculado pela fórmula a seguir:

$\frac{\text{Número de mols ionizados}}{\text{Número de mols iniciais}}$
--

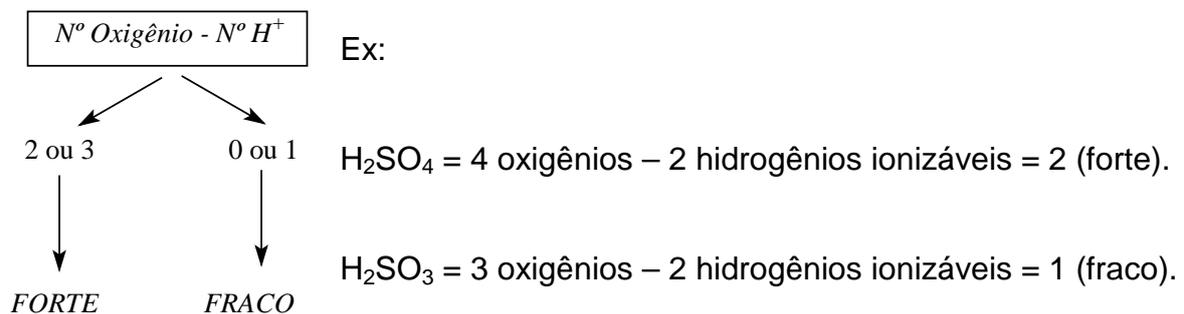
A ionização depende da liberação do H^+ , logo:

Ácidos fortes: Liberam H^+ com facilidade.

Ácidos fracos: Liberam H^+ com dificuldade.

Portanto quanto **mais forte** for o ácido, **mais facilmente** ele libera o hidrogênio ionizável (H^+), **maior** número de **mols ionizados**, maior será o grau de ionização.

Para oxiácidos a força pode ser analisada pela seguinte relação:

**Formulações**

A montagem de fórmulas estruturais pode ser feita da seguinte forma: achar o átomo central (aquele que realiza o maior número de ligações) em torno do

central, se colocar os oxigênios e os hidrogênios trocam covalências diretamente com os oxigênios, de acordo com a Figura 1:

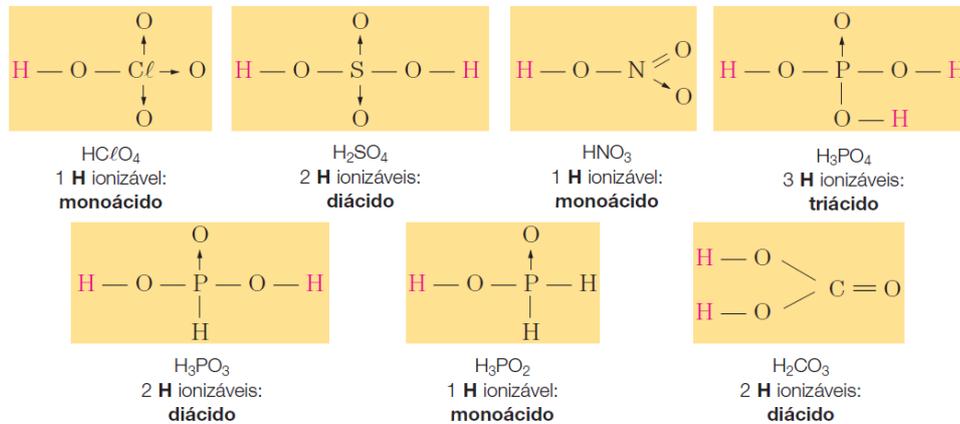


Figura 1: Fórmulas estruturais de oxiácidos.
 Fonte: Usberco e Salvador, Vol 1, (2009).

Nomenclatura

• Hidrácidos:

Ác. Elemento + ídrico ou

Elemento + eto de hidrogênio

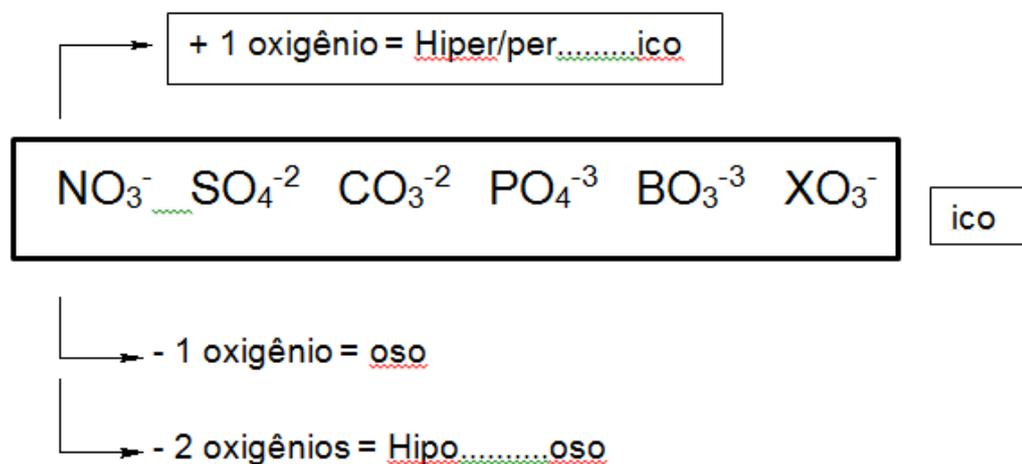
HCl = Ácido clorídrico ou cloreto de hidrogênio

HBr = Ácido bromídrico ou brometo de hidrogênio

H_2S = Ácido sulfídrico ou sulfeto de hidrogênio

HCN = Ácido cianídrico ou cianeto de hidrogênio.

• Oxiácidos: Usar a tabela de ânions padrões:



O ânion que estiver presente na tabela principal terá a terminação ICO, caso não esteja, verificar o que ocorre com o número de átomos de hidrogênio e seguir a terminação:

HNO_3 = Ácido nítrico

H_2SO_4 = Ácido sulfúrico

H_2SO_3 = Ácido sulfuroso

HNO_2 = Ácido nitroso

H_3PO_4 = Ácido fosfórico

H_3PO_3 = Ácido fosforoso

H_3PO_2 = Ácido hipofosforoso

HClO_4 = Ácido perclórico

HClO_3 = Ácido clórico

HClO_2 = Ácido cloroso

HClO = Ácido hipocloroso

HIO_3 = Ác. Iódico

HIO_2 = Ác. Iodoso

3.2 Bases

Apresentam sabor adstringente, possuem ligações iônicas. Exceto NH_4OH .

Classificação

Monobases = 1 OH = Ex: NaOH, KOH.....

Dibases = 2 OH = Ex: $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Ba}(\text{OH})_2$

Tribases = 3 OH = Ex: $\text{Al}(\text{OH})_3$...

Tetrabases = 4 OH = Ex. $\text{Mn}(\text{OH})_4$...

Solubilidade

Muito solúveis: Bases formadas por metais do grupo 1 e NH_4OH .

Solúveis: Bases formadas por metais do grupo 2.

Insolúveis: As demais bases.

Força: Grau de dissociação (α): Calculado pela seguinte fórmula:

$\frac{\text{Número de mols dissociados}}{\text{Número de mols iniciais}}$
--

O grau de dissociação da base é proporcional ao número de mols dissociados da base, ou seja, depende da liberação da hidroxila em presença de água.

Fórmula

Muito fortes: Formadas por metais do grupo 1.

Fortes: Formadas por metais do grupo 2. Exceto: **Mg(OH)₂**, que é **fraca**.

Fracas: As demais bases.

Nomenclatura

• Hidróxido de ELEMENTO

NaOH = Hidróxido de sódio

Ca(OH)₂ = Hidróxido de cálcio

Al(OH)₃ = Hidróxido de alumínio

NH₄OH = Hidróxido de amônio

CUIDADO!!!

Existem metais que apresentam o número de oxidação variável, nesse caso, especificar o nox do metal, ou por algarismo romano ou por uma terminação específica, ilustrado na Figura 2.

Fe(OH)₂ = Hidróxido de ferro II ou Hidróxido ferroso

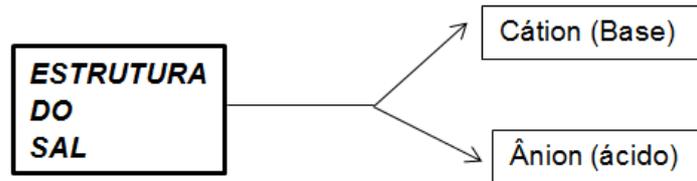
Fe(OH)₃ = Hidróxido de ferro III ou Hidróxido férrico

Maior nox = Ico Menor nox = Oso				
Fe	Cu	Mn	Pb	Au
+2	+1	+2	+2	+1
+3	+2	a	+4	+2
		+7		+3

Figura 2: Tabela dos principais cátions e terminação ICO e OSO para bases.
 Fonte: Adaptado de Usberco e Salvador, Vol 1, (2009).

3.3 Sais

Produtos de uma neutralização entre um ácido e uma base.

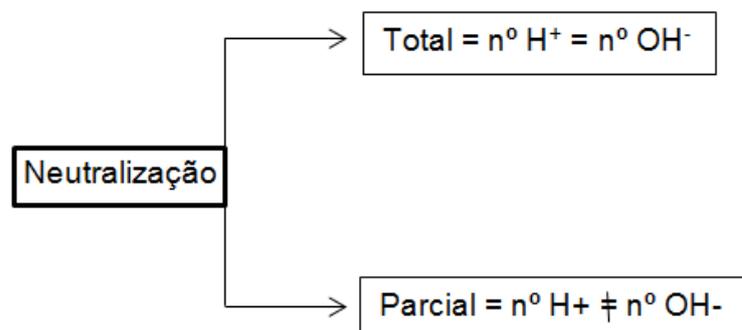


Classificação

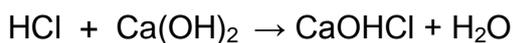
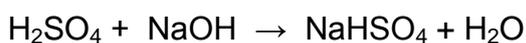
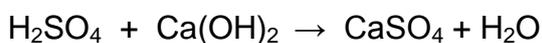
Presença de oxigênio

Oxísal: Apresenta oxigênio na sua constituição.

Halóide: Não apresenta oxigênio na sua constituição.



Tipos de neutralização: Retirar água da reação (H^+ do ácido + OH^- da base) o que sobra é sal.



• **Sal neutro:** é um sal cujo ânion não possui hidrogênio ionizável (H^+) e também não apresenta o ânion OH^- . Exemplos NaCl , BaSO_4 .

• **Hidrogeno-sal ou sal ácido:** é um sal que apresenta dois cátions, sendo um deles o H^+ (hidrogênio ionizável), e somente um ânion.

• **Hidróxi-sal ou sal básico:** é um sal que apresenta dois ânions, sendo um deles o OH^- (hidroxila), e somente um cátion.

Na nomenclatura desses sais, devem-se indicar a presença e a quantidade de grupos OH^- , de maneira semelhante aos sais que apresenta grupos H^+ . Assim, temos:

Reação do sal: Depende do ácido e base formadores, é o que define o meio produzido pela dissolução do sal em água.

Quando o **ácido** é mais forte que a base, o sal será de reação **ácida**.

Quando a **base** for mais forte que o ácido, o sal será de reação **básica**.

Nenhum dos casos anteriores, o sal será de reação **neutra**.

Hidrólise de sais

Tendo por base a hidrólise salina pode-se prever o meio gerado por esse sal em água, esse assunto é importante de ser trabalhado, porque é o que determina o meio quando se dissolve um sal em água, pois em consequência da classificação pelo tipo de neutralização, poder-se-ia concluir que sais neutros ou normais formam soluções neutras ($\text{pH} = 7$), sais ácidos formam soluções ácidas ($\text{pH} < 7$) e que sais básicos formam soluções básicas ($\text{pH} > 7$). Entretanto tal conclusão nem sempre é verdadeira, um exemplo disso é o caso do bicarbonato de sódio (NaHCO_3), que é um sal ácido quanto à neutralização, mas apresenta reação básica, logo em água forma uma solução básica ($\text{pH} > 7$). A razão para que isso ocorra está no fato de que o sal pode reagir com a água, desde que ocorra a formação de ácido ou base fraca, ou seja: o cátion somente reage com água se for para formar uma base fraca, o ânion somente reage com água para formar um ácido fraco (REIS, FÍSICO QUÍMICA, 2007).

Esse processo é reversível, logo envolve um estado de equilíbrio químico, na hidrólise do sal, quando este reage com água, liberando desta um H^+ ou um OH^- , torna a solução, respectivamente, ácida ou básica.

Na hidrólise de um sal, produto da reação de um **ácido forte** e uma **base fraca**, nesse caso, a base fraca se encontra pouco dissociada ao entrar em contato com água, razão pela qual ocorre hidrólise do cátion, que reage com água de acordo com a reação a seguir:



Que pode ser representado da seguinte forma:



Logo:

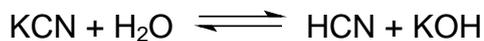


O H^+ liberado torna a solução ácida ($\text{pH} < 7$).

Como nesta situação, a base é fraca, pouco dissociada em presença de água, o cátion apresenta maior tendência a reagir com íons OH^- por isso: hidrólise do cátion.

Resumidamente: $\text{C}^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{C} - \text{OH} + \text{H}^+$ para que o equilíbrio se mantenha na forma da base fraca na forma agregada e não dissociada.

Na hidrólise de um sal, produto de uma reação entre um **ácido fraco** e uma **base forte**, nesse caso, o ácido fraco se encontra pouco ionizado ao entrar em contato com água, por essa razão, ocorre hidrólise do ânion, que reage com água de acordo com a reação a seguir:



Que pode ser representada da seguinte forma:

$\cancel{\text{K}^+} + \text{CN}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCN} + \cancel{\text{K}^+} + \text{OH}^-$ O OH^- liberado torna a solução básica ($\text{pH} > 7$).

Nessa situação, o ácido é fraco, pouco ionizado em presença de água, o ânion apresenta maior tendência a reagir com íons H^+ por isso: hidrólise do ânion.

Resumidamente: $\text{A}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HA} + \text{OH}^-$ para que o equilíbrio se mantenha na forma do ácido fraco na forma agregada e não ionizado.

Quando o sal é produto da reação entre um **ácido forte** e uma **base forte**, não ocorre hidrólise, já que como ambos permanecem na forma não agregada em presença de água, não há reação nem do cátion e nem do ânion com os íons H^+ e OH^- . Portanto, a solução final será neutra, isto é, terá $\text{pH} = 7$.

Quando o sal é produto da reação entre um **ácido fraco** e uma **base fraca**, quando os dois forem igualmente fracos $K_a = K_b$, a solução resultante será neutra, terá $\text{pH} = 7$.

Exemplo:



Se o ácido ou a base for mais forte, ou seja:

$K_a > K_b$ = Considerar ácido forte e base fraca, hidrólise do cátion = meio ácido.

$K_a < K_b$ = Considerar ácido fraco e base forte, hidrólise do ânion = meio básico.

Nomenclatura:

• Halóides: Ânion + eto de cátion

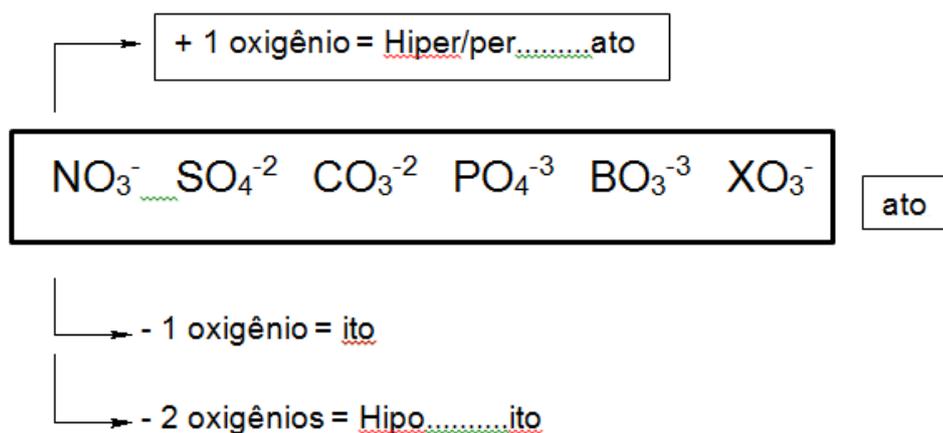
NaCl = Cloreto de sódio

AgBr = Brometo de prata

CaS = Sulfeto de cálcio

CaCl₂ = Cloreto de cálcio

• Oxissais: Ânion + terminação de cátion



NaNO₃ = Nitrato de sódio

CaCO₃ = Carbonato de cálcio

AgNO₃ = Nitrato de prata

AgNO₂ = Nitrito de prata

CaSO₄ = Sulfato de cálcio

Na₂SO₄ = Sulfato de sódio

CaSO₃ = Sulfito de cálcio

Ba(NO₂)₂ = Nitrito de bário

3.4 Óxidos

São compostos binários nos quais o oxigênio é o elemento mais eletronegativo.

Fórmula geral



E = elemento ; O = oxigênio; X e Y = índices dos átomos.

Nomenclatura

• Óxidos iônicos

Óxido de Elemento

Na₂O = Óxido de sódio

CaO = Óxido de cálcio

BaO = Óxido de bário

ZnO = Óxido de zinco

• Óxidos covalentes

Uso de prefixos

CO₂ = Dióxido de carbono

Cl₂O₃ = Trióxido de dicloro

P₂O₅ = Pentóxido de difósforo

CO = Monóxido de carbono

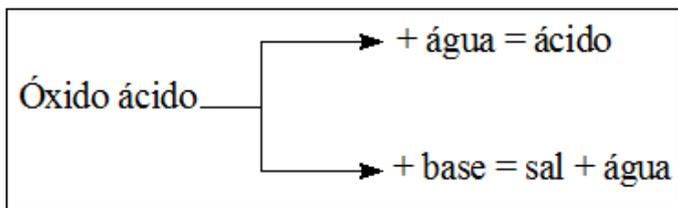
Classificação

Óxidos ácidos ou Anidridos

São óxidos covalentes que reagem com água, produzindo ácido e com base, produzindo sal e água. A denominação anidrido se origina da desidratação de um óxiácido:



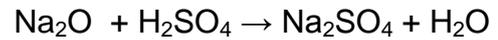
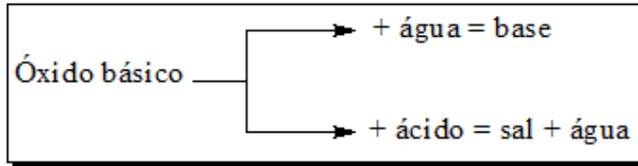
Essas reações são responsáveis pela chuva ácida.



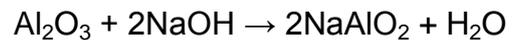
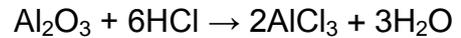
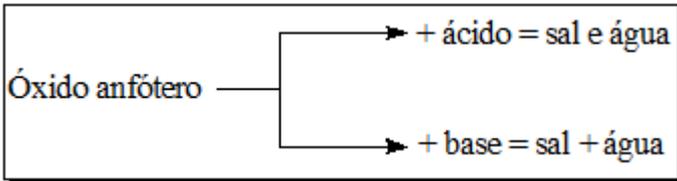
Na reação do óxido ácido com base, a água sai das hidroxilas = OH } água
OH }

Óxido básicos

São óxidos iônicos que reagem com água, produzindo base e, com ácido, produzindo sal e água.

**Óxidos anfóteros**

Comportam-se como óxidos ácidos na presença de base e como óxidos básicos na presença de ácido.



Principais: ZnO , Al_2O_3 , MnO_2

Óxidos neutros ou inertes

São óxidos que não reagem com água, nem com ácido e nem com base.

Principais: CO , NO , N_2O .

Óxidos duplos, mistos ou salinos

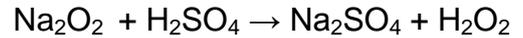
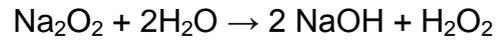
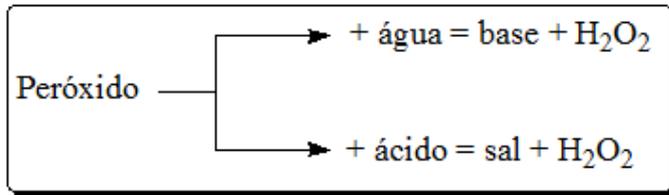
São óxidos que resultam da combinação de dois óxidos de um mesmo elemento.

Exemplos:



Peróxidos

São óxidos que apresentam em sua estrutura o grupo $(O_2)^{-2}$.



Superóxidos

São óxidos que apresentam em sua estrutura o grupo $(O_4)^{-1/2}$. Reagem com ácido produzindo sal, água oxigenada e oxigênio.



3.5 pH e pOH

São medidas de acidez e basicidade.

A água pura sofre uma fraca ionização representada por:



Como o processo é reversível, tende a um equilíbrio. A constante de equilíbrio para a ionização da água é:

$$K = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]}$$

Como são raras as moléculas de água que ionizam, pode-se dizer que a concentração de água antes e após o equilíbrio é praticamente constante:

$$K = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]} = \underbrace{K[H_2O]}_{\text{constante}} = [H^+] \cdot [OH^-]$$

O produto $K \cdot [H_2O]$ é denominado **Produto Iônico da Água** (K_w).

$$K_w = [H^+] \cdot [OH^-]$$

O K_w varia de acordo com a temperatura. Em temperatura ambiente (25°C), K_w é aproximadamente igual a 10^{-14} .

Na água pura: $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7}$

Pode-se medir os potenciais de H^+ e OH^- em uma solução por meio das fórmulas:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-]$$

Como

$$[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 10^{-14}$$

$$\log [\text{H}^+] + \log [\text{OH}^-] = -14$$

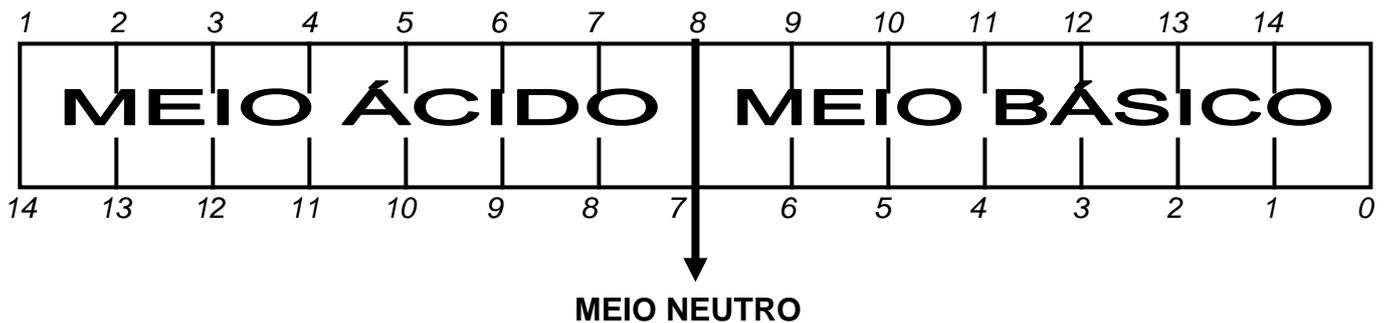
ou

$$-\log[\text{H}^+] - \log[\text{OH}^-] = 14$$

logo:

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14$$

Em qualquer solução, a soma dos valores de pH e pOH totaliza 14.



Solução neutra:

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7} \text{ mol/L}$$

$$\text{pH} = \text{pOH} = 7$$

Solução ácida:

$$[\text{H}^+] > [\text{OH}^-]$$

$$[\text{H}^+] > 10^{-7} \text{ mol/L}$$

Solução básica

$$[\text{H}^+] < [\text{OH}^-]$$

$$[\text{OH}^-] > 10^{-7} \text{ mol/L}$$

pH < 7

pOH < 7

pOH > 7

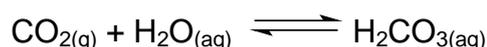
pH > 7

pH < pOH

pH > pOH

4. CHUVA ÁCIDA

A chuva ácida representa um dos problemas ambientais mais sérios de muitas regiões do mundo (BAIRD e CANN, 2011), a denominação desse fenômeno corresponde à precipitação de grandes quantidades substanciais de ácido, que gera uma alteração na medida do pH da água da chuva que, quando não poluída, é em torno de 5,6. Esse termo se aplica a toda precipitação aquosa ácida, incluindo: névoa, neblina, orvalho, neve e mesmo a uma mistura de neve e chuva, teoricamente qualquer chuva com um valor de pH abaixo de 5,6 será ácida (USBERCO & SALVADOR, vol.1 2011), entretanto para que a chuva seja considerada realmente ácida, o pH deve ter um valor abaixo de 5 (DA ROCHA, 2001). É importante salientar que o pH da chuva já é ácido, em razão da presença de gás carbônico na atmosfera que está dissolvido e forma o ácido carbônico (H₂CO₃), por essa razão, a chuva natural apresenta um grau de acidez, a reação a seguir ilustra a formação do ácido carbônico.



Outro fator que torna esse fenômeno perigoso é o fato de não respeitar fronteiras, um exemplo disso é que a chuva ácida, pelo menos a maior parte dela que cai sobre a Noruega, Suécia e Holanda tem como origem os óxidos de enxofre e nitrogênio emitidos de outros países da Europa (BAIRD e CANN, 2011).

Os poluentes atmosféricos, lançados ao meio, como óxidos de nitrogênio e de enxofre, que geram os dois ácidos principais presentes na chuva ácida: o ácido sulfúrico (H₂SO₄) e o ácido nítrico (HNO₃), ambos ácidos fortes que irão precipitar de acordo com a direção do vento, longe da fonte de poluentes primários, que são dióxido de enxofre (SO₂) e o óxido de nitrogênio (NO), estes óxidos lançados na baixa atmosfera por ações antrópicas sofrem reações em contato com água.

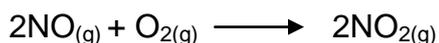
CURIOSIDADE: O fenômeno da chuva ácida foi descoberto por Angus Smith na Grã-Bretanha em 1880, no qual foi referida qualquer precipitação que seja significativamente mais ácida que a normal ou chuva “natural” ou não poluída, que é ligeiramente ácida por causa da presença de ácido carbônico, estudo realizado por meio de sua monografia *O Ar e a Chuva: O Início da Climatologia Química, A Chuva Ácida*, no qual foi estabelecido, pela primeira vez, uma ligação entre o pH da chuva e a combustão do carvão naquele centro industrial (REIS, 2007). A partir de 1960, iniciou-se um estudo sistemático desse efeito.

4.1 Óxidos de nitrogênio e de enxofre

Os óxidos de nitrogênios (NO_x) são formados em reações que ocorrem na atmosfera entre os gases nitrogênio (N₂) e o oxigênio (O₂), essa reação apresenta uma alta energia de ativação, durante as tempestades os raios fornecem a energia para que a reação ocorra (FELTRE, QUÍMICA GERAL, 2008).



No motor de automóveis, ocorre entrada de ar, pois o oxigênio é comburente e necessário à combustão, o nitrogênio também se encontra presente por ser um componente do ar atmosférico, em razão da alta temperatura interna do motor também ocorre a reação entre N_{2(g)} e O_{2(g)} (PERUZZO & CANTO, VOL. 1, 2010), quando produzido mediante altas temperaturas é denominado NO térmico, outras formas de produção desses óxidos de nitrogênio ocorrem por meio da decomposição de vegetais e animais, por bactérias do solo, entre outros. Outras reações que podem ocorrer na atmosfera que levam a formação do ácido nítrico (HNO₃):



Essas reações ocorrem mediante catalisadores como, por exemplo, os radicais HOO• (peroxila) e o radical ROO• (peroxila orgânico), que podem ser obtidos com base em processos bióticos naturais (MOZETO, 2001). O esquema a seguir mostra

as principais espécies ativas de óxido de nitrogênio na troposfera NO, NO₂ e HNO₃ e como tais espécies se convertem umas nas outras (Figura 3).

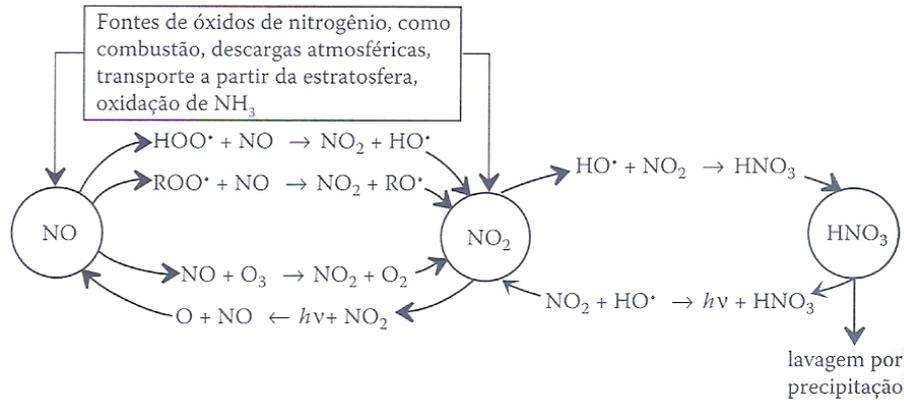
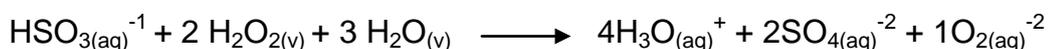
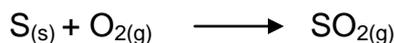


Figura 3: Conversões entre as espécies ativas de nitrogênio.
Fonte: Figura Manahan (2013).

O dióxido de enxofre (SO₂) existente na atmosfera, pode ser de origem natural ou artificial, o SO₂ natural é proveniente das erupções vulcânicas e da decomposição de vegetais no solo nos pântanos e oceanos, enquanto o SO₂ artificial é proveniente sobretudo da queima do carvão mineral que apresenta em torno de 2 a 4% de enxofre segundo Lee (1996) (em caldeiras industriais, em usinas termoelétricas etc.) e da queima de derivados do petróleo (em motores de veículos, de aviões, etc.), pode combinar-se diretamente com a água para formar ácido sulfuroso (H₂SO₃) que é um ácido fraco (ATKINS, 2001). O SO₂ que é altamente solúvel em água, dissolve-se nas nuvens ou até mesmo em gotas de chuva formando o íon hidrogenossulfito (HSO₃⁻¹), que reage com o peróxido de hidrogênio presente na alta atmosfera (decorrente das reações entre ozônio (O_{3(g)}) e H₂O_(l)) promovidas pela radiação ultravioleta proveniente do sol, convertendo-se em ácido sulfúrico (H₂SO₄) que precipita com a chuva (REIS, 2007).



A Figura 4 ilustra as reações em fase aquosa (gotículas de água).

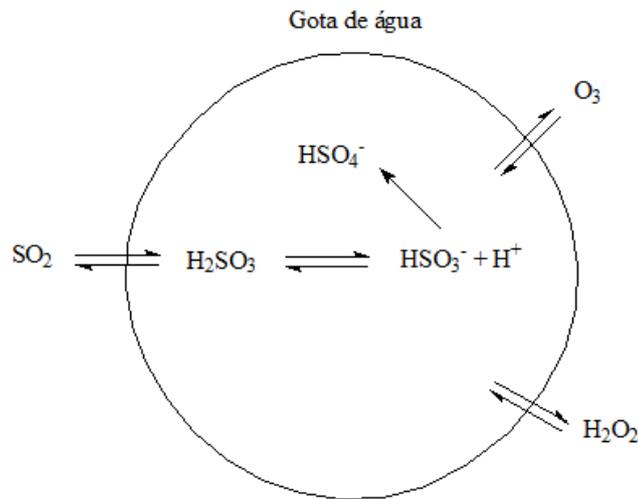
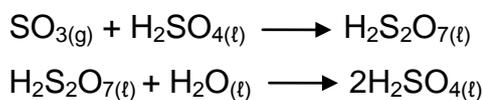


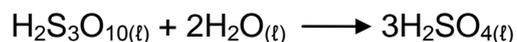
Figura 4: Dissolução de gases atmosféricos SO_2 , O_3 e H_2O_2 em gotículas de água.
Fonte: Baird e Cann (2011).

Em linhas gerais, as reações que ocorrem para a formação de ácido sulfúrico para a produção da chuva ácida, são: oxidação do SO_2 até SO_3 mediante ação do ozônio ou pelo H_2O_2 que reage na sequência com H_2O ou com radicais hidroxilas para formar o H_2SO_4 ocorre também a formação de sulfato de amônio formando um “nevoeiro” (LEE,1996).

A produção industrial de ácido sulfúrico, o mais usado na indústria química, tanto que é tomado como referência da economia de um país (<http://www.brasilecola.com/quimica/uso-Acido-sulfurico-pela-industria.htm>) o processo mais usado é o de contato, no qual o SO_2 é oxidado a SO_3 pelo ar em contato com um catalisador, atualmente o mais usado é o pentóxido de vanádio (V_2O_5), a formação de SO_3 ocorre quando o $\text{SO}_{2(g)}$ e o $\text{O}_{2(g)}$ entram em contato com a superfície do catalisador com uma velocidade de reação adequada. A reação direta do SO_3 com água produz uma névoa de difícil condensação, por isso, no processo comercial é feita a dissolução do gás com ácido sulfúrico, formando o ácido piro-sulfúrico ($\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$) e posteriormente a dissolução com água, a fim de formar o ácido sulfúrico (MAHAN – MYERS, 1998).



O ácido pirossulfúrico ($\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$) é chamado de “ácido sulfúrico fumegante” ou de “oleum”, também se forma uma pequena quantidade de ácido trissulfúrico ($\text{H}_2\text{S}_3\text{O}_{10}$) que também é lavada durante o processo com água para a produção de ácido sulfúrico.



4.2 Efeitos da chuva ácida

De acordo com Andrade e Sarno, 1990, um pH menor do que 5, ocasionou, nos lagos dos Estados Unidos e Suécia, uma redução sensível nos peixes, no Canadá, verificou-se que a acidificação num período de 4 anos fez com que os camarões desaparecessem e as trutas sofressem alterações morfológicas. A acidificação do solo dificulta a chegada de nutrientes às raízes do vegetal, o que no cultivo agrícola, faz com que ocorram gastos na correção do solo com calcário, o que acaba se tornando não eficaz no momento em que a chuva cai novamente o processo deve ser repetido (DA ROCHA, 2001). A acidez da chuva causa um arraste de metais tóxicos para o solo, em especial o alumínio e cobre, afetando a microflora de rios e lagos, alterando a concentração de bactérias, algas e fungos, provocando escassez de oxigênio na água e impossibilitando a vida aquática de vários outros seres vivos. Os lagos acidificados apresentam altas concentrações de cátion Al^{+3} dissolvido, que juntamente com a chuva ácida, segundo cientistas é uma das razões para a redução da população de peixes em muitos sistemas aquáticos (BAIRD E CANN, 2011). A quantidade de alumínio em águas naturais geralmente é muito pequena, consequência da faixa típica de pH de águas não acidificadas que vai de 6 a 9, a solubilidade do alumínio contido em rochas e solos é definida pela solubilidade do hidróxido de alumínio ($\text{Al}(\text{OH})_3$), que apresenta um valor de K_{ps} na ordem de 10^{-33} a uma temperatura normal para a água.

De acordo com a reação:



Pelo valor do K_{ps} do $\text{Al}(\text{OH})_3$: $[\text{Al}^{+3}] \cdot [\text{OH}^-]^3 = 10^{-33}$

No momento em que ocorrer uma redução no pH da água, a concentração de cátion alumínio irá aumentar, como mostrado a seguir:

Para um pH = 6, a concentração de íons OH⁻ será de 10⁻⁸ mols.L⁻¹, pelo valor do K_{ps}:

$$[Al^{+3}].[OH^{-}]^3 = 10^{-33}$$

$$[Al^{+3}].[10^{-8}]^3 = 10^{-33}$$

$$[Al^{+3}] = 10^{-33}/10^{-24}$$

$$[Al^{+3}] = 10^{-9} \text{ mol.L}^{-1}$$

Para um pH = 4, a concentração de íons OH⁻ será de 10⁻¹⁰ mols.L⁻¹, pelo valor do K_{ps}:

$$[Al^{+3}].[OH^{-}]^3 = 10^{-33}$$

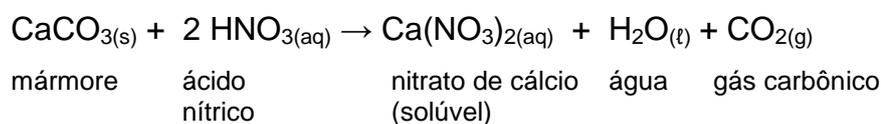
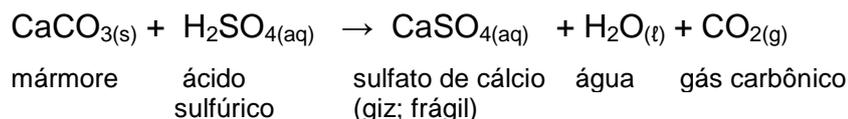
$$[Al^{+3}].[10^{-10}]^3 = 10^{-33}$$

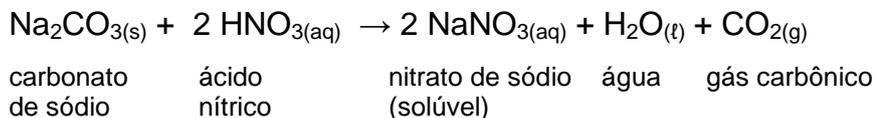
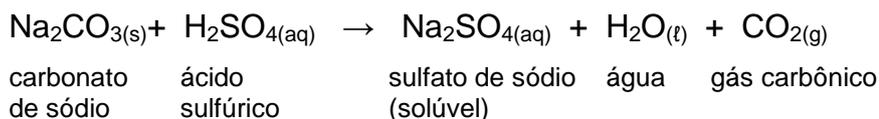
$$[Al^{+3}] = 10^{-33}/10^{-30}$$

$$[Al^{+3}] = 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

De acordo com as demonstrações é possível observar que uma acidificação da água causa um aumento da concentração de íons Al⁺³, o que torna esse cátion muito mais solúvel em rios mais ácidos, de acordo com Baird e Cann (2011), o solo acidificado pela chuva ácida pode mobilizar o cátion alumínio resultando a morte da floresta, mesmo em solos que contêm rochas calcárias que, no primeiro momento, efetua um tamponamento pela hidrólise do sal, mas, com o tempo, o calcário é gasto, e, no momento em que a chuva ácida retorna, o solo se torna acidificado.

As construções, estátuas, obras de arte, monumentos também sofrem o efeito da chuva ácida (MIRLEAN e BAISCH, 2000), já que a maioria dos monumentos são feitos de mármore que é carbonato de cálcio em sua forma cristalina (CaCO_{3(s)}) e de pedra-sabão constituído de carbonato de sódio (Na₂CO_{3(s)}). As reações a seguir ilustram como isso ocorre:





Fonte: Reações que mostram como a chuva ácida corrói monumentos

<http://www.mundoeducacao.com/quimica/por-que-chuva-acida-corroi-os-monumentos-historicos.htm>

De acordo com regras de solubilidade, os sais que apresentam nitratos (NO_3^-) são solúveis em água e os que apresentam ânions sulfatos (SO_4^{2-}), também são exceto os que apresentam cátion cálcio na estrutura salina (PERUZZO E CANTO, 2006). O Quadro 1 a seguir mostra as solubilidades, de forma simplificada dos sais com os respectivos cátions em água:

São geralmente solúveis os sais contendo o Ânion	Exceções importantes (insolúveis)
NO_3^- (nitrato)	-----
CH_3COO^- (acetato)	-----
Cl^- (cloreto)	Se o cátion for Ag^+ , Hg^{+2} , ou Pb^{+2}
Br^- (brometo)	Se o cátion for Ag^+ , Hg^{+2} , ou Pb^{+2}
I^- (iodeto)	Se o cátion for Ag^+ , Hg^{+2} , ou Pb^{+2}
SO_4^{2-} (sulfato)	Se o cátion for Ca^{+2} , Sr^{+2} , Ba^{+2} , Hg^{+2} , ou Pb^{+2}
São geralmente insolúveis os sais contendo o Ânion	Exceções importantes (solúveis)
S^{2-} (sulfeto)	Se o cátion for NH_4^+ , alcalino ou alcalino terroso
CO_3^{2-} (carbonato)	Se o cátion for NH_4^+ , ou alcalino
PO_4^{3-} (fosfato)	Se o cátion for NH_4^+ , ou alcalino

Quadro 1: Solubilidade de sais em água.

Fonte: Tabela elaborada pelos autores Peruzzo e Canto, Vol. 1, (2006).

A Figura 5 mostra algumas ilustrações da consequência da chuva acida em estátuas e monumentos:



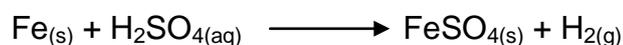
(a)



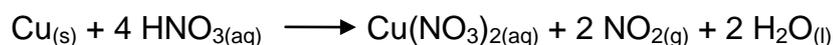
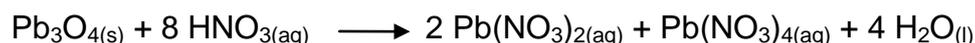
(b)

Figura 5 : (a) Estátua na Catedral de Notre Dame – Paris (França) e (b) Coliseu – Roma (Itália)
 Fonte: (a) <http://www.mundoeducacao.com/quimica/por-que-chuva-acida-corroi-os-monumentos-historicos.htm> e (b) http://www.vivaterra.org.br/vivaterra_chuva_acida.htm

Além de afetar monumentos e estátuas, o H_2SO_4 da chuva também reage com o ferro metálico presente no aço que é utilizado nas estruturas de casas, prédios, pontes e veículos causando muitos prejuízos, de acordo com a reação a seguir:



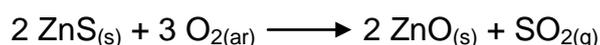
Os efeitos nocivos da chuva ácida sobre a saúde humana deve-se ao fato dos metais, em razão da maior acidificação do meio, se tornarem mais solúveis e da maior mobilização destes em solos e águas, portanto metais tóxicos como mercúrio, chumbo, cádmio, alumínio, selênio e arsênio acabam chegando até os humanos por meio da água e de alimentos (GERHARDSON, OSKARSSON e SKERFVINGA, 2012). Uma vez que a chuva ácida libera metais pesados presentes no solo como é o caso do chumbo e do cobre, ilustrados a seguir:



De acordo com o Quadro 01 de solubilidade dos sais, os nitratos (NO_3^-) são solúveis em água, logo esses metais podem atingir águas subterrâneas, rios, lagos e represas usadas para a provisão de água potável (REIS, 2007).

4.3 Chuva ácida em consequência das atividades humanas

A queima de combustíveis fósseis, como o carvão e o petróleo, utilizados para movimentar máquinas, despejam na atmosfera milhares de toneladas de gases poluentes, sobretudo em usinas termoelétrica que queimam carvão e de combustíveis automotores. Outra atividade que agrava muito o problema é a metalurgia, vários minérios de cobre, chumbo e zinco apresentam-se na forma de sulfetos (CuS, PbS, ZnS), e a utilização desses minérios, que consiste no aquecimento do mineral em presença de gás oxigênio com o objetivo de separar o metal do ânion sulfeto (LARA *et al*, 2009), forma dióxido de enxofre SO₂ de acordo com as reações a seguir:



4.4 Efeitos dos óxidos causadores da chuva ácida

Os principais óxidos formadores da chuva ácida: óxidos de nitrogênio (NO_x) e óxidos de enxofre (SO₂) apresentam alguns efeitos nocivos, razão pela qual é conveniente minimizar ao máximo as emissões desses poluentes.

4.4.1 Óxidos de nitrogênio (NO_x)

Em termos de toxicidade, o NO é mais tóxico que o NO₂, pois o NO apresenta um efeito semelhante ao do CO na hemoglobina, coordenando-se à hemoglobina e dificultando o transporte de oxigênio, entretanto em uma atmosfera poluída, o efeito do NO é menor do que do CO, devido a menor concentração monóxido de nitrogênio neste tipo de ambiente. O NO₂, mediante uma exposição aguda, pode ser muito nocivo para os seres humanos, já que é solúvel nos tecidos biológicos e é um oxidante, o que faz com que seu efeito ocorra no sistema respiratório, Manahan (2013), relata que a exposição no período de uma hora, a um nível de 50-100 ppm de NO₂, é suficiente para causar inflamação do tecido pulmonar, que apresenta uma duração média de 6 até 8 semanas para que a pessoa possa se recuperar e que a

exposição a um nível de 150-200 ppm, causa uma doença fatal chamada *bronchiolitis fibrosa obliterans* (bronquiolite obliterante).

4.4.2 Dióxido de enxofre

O principal efeito desse gás é no sistema respiratório, efeito mais agravado em pessoas portadoras de insuficiência respiratória e asmáticos sensíveis. Altera a defesa dos pulmões, agravamento de doenças respiratórias e cardiovasculares. O composto irrita o nariz, garganta e pulmões causando tosse falta de ar, chiado no peito, catarro e crises de asma (CETESB, 2012).

4.5 O que pode ser feito para amenizar

Com base no que foi analisado, fica claro que para resolver os problemas da chuva ácida, deve-se diminuir as emissões de óxidos de nitrogênio e de óxidos de enxofre. No caso dos veículos, que são grandes poluidores, a fumaça que sai do cano de descarga apresenta várias partículas poluentes, o sistema de emissão de combustíveis fósseis, em condições de temperatura e pressão elevadas em um motor de combustão interna e os produtos da queima incompleta da gasolina colaboram para grande quantidade de poluentes emitidos. Uma das formas que a indústria automobilística para a redução de **compostos orgânicos voláteis (COVs)** e de óxidos de nitrogênio (NO_x), a fim de que seus veículos possam alcançar padrões governamentais, é o uso de **conversores catalíticos (catalisadores)**. Para Feltre, Físico-Química (2008), a diminuição da poluição proveniente dos automóveis possa ocorrer são necessários: o aperfeiçoamento dos motores que implica na substituição do sistema de carburação pelo de injeção eletrônica e o uso de **catalisadores** nos escapamentos de automóveis.

O **catalisador** é formado por uma colmeia de cerâmica ou de metal, no qual estão impregnados metais preciosos, no caso de veículos a gasolina, platina e ródio e em veículos a álcool, paládio e molibdênio, o catalisador é enrolado em uma manta termoexpansiva com o objetivo de isolar e vedar, para evitar que os poluentes escapem pelo encanamento que é montado dentro de uma carcaça de aço. Os **conversores catalíticos de duas vias**, que controlavam apenas os gases contendo carbono, incluindo o monóxido de carbono e o dióxido de carbono, por **conversores**

catalíticos de três vias esta denominação se aplica ao fato de que uma unidade catalítica é capaz de destruir três classes principais de poluentes de escape de automóveis (hidrocarbonetos, monóxido de carbono e óxidos de nitrogênio). O catalisador depende da detecção precisa dos níveis de oxigênio no escape, um sensor de oxigênio no sistema de exaustão é monitorado por um microchip de computador que controla a razão ar-combustível na entrada do motor, para que sejam mantidos os valores estequiométricos a fim de que se tenha uma alta taxa de conversão dos gases poluentes. A Figura 6 ilustra um conversor catalítico.

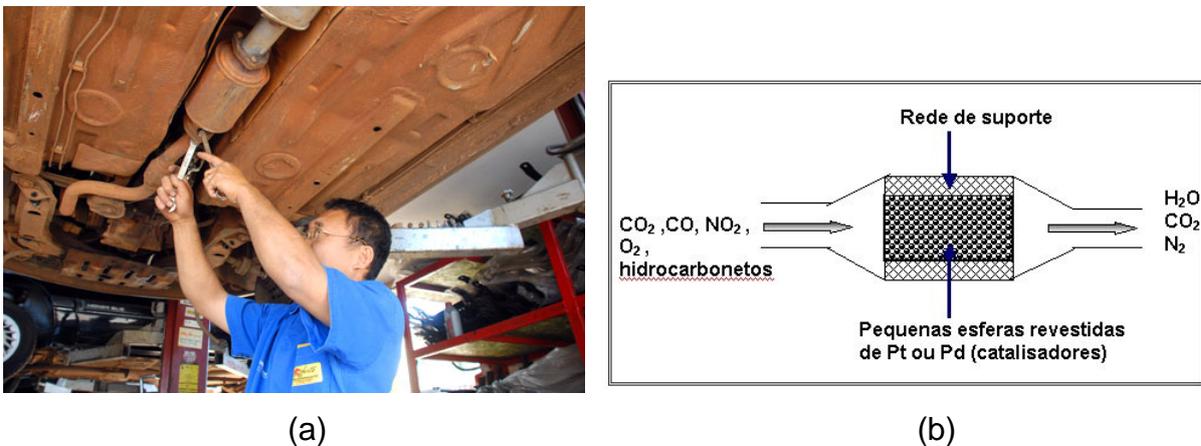
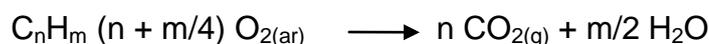
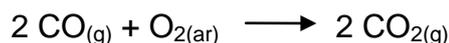


Figura 6: Conversor catalítico: (a) Localização embaixo do carro e (b) esquema simplificado.
 Fonte: <http://mc2h2o.blogspot.com.br/2011/05/conversores-cataliticos-em-alta.html>

Os **conversores de três vias** alteram os óxidos de nitrogênio de volta a nitrogênio e oxigênio elementares, utilizando os hidrocarbonetos não queimados e a combustão dos compostos intermediários CO e H₂ como agentes redutores, como ilustra as reações a seguir:



Gases contendo carbono, no exaustor, são cataliticamente oxidados quase que completamente a dióxido de carbono (CO₂) e água pelo oxigênio conforme as reações a seguir (BAIRD e CANN, 2011):



Quando o motor trabalha com uma quantidade de oxigênio menor em relação à proporção estequiométrica ideal, as quantidades de monóxido de carbono e de hidrocarbonetos serão mais elevadas, enquanto que as quantidades de óxidos de nitrogênios serão menores, da mesma forma, se as quantidades de oxigênio forem maiores do que o necessário, as quantidades de monóxido de carbono e de hidrocarbonetos serão menores e as de óxidos de nitrogênios serão maiores, por isso a importância da manutenção do veículo.

Manfredi (2004), destaca que o desenvolvimento de uma comunidade implica na adoção de meios de produção modernos, transporte rápido e eficiente e comodidades urbanas e domésticas, atividades que consomem energia e utilizam insumos potencialmente poluidores, ressaltando a importância de investimentos em novas tecnologias.

5. SUGESTÃO DE EXPERIMENTO

5.1 Óxido básico

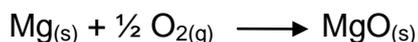
O objetivo deste experimento é mostrar o caráter básico dos óxidos formados por metais de baixo número de oxidação.

Material

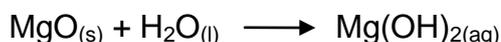
- 1 pinça metálica;
- Raspas de magnésio (vendido como eletrodo de sacrifício em lojas para produtos de piscinas);
- 1 comprimido de Lactopurga ou Fórmula 46 (Fenolftaleína);
- 1 lamparina;
- 1 tubo de ensaio.

Se houver fenolftaleína, esse procedimento não será necessário, caso contrário: triturar o comprimido de Lactopurga, adicionar umas gotas de etanol e dissolver em uma pequena quantidade de água, será usada como indicador ácido-base.

Queimar um pouco de magnésio usando a pinça metálica na chama da lamparina, a queima libera uma grande quantidade de luz branca, orientar os alunos a não olhar diretamente para essa luz, a reação a seguir ilustra a formação do óxido de magnésio, MgO (oxidação do magnésio).

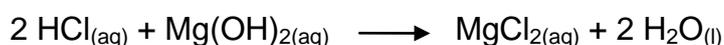


Após a reação ocorrer, recolher o óxido em um tubo, adicionar água e agitar brandamente, dessa forma, irá ocorrer a formação do hidróxido de magnésio, Mg(OH)₂, de acordo com a reação a seguir:



Colocar umas gotas da solução de fenolfataleína sobre o hidróxido e observar a mudança de cor.

Esse experimento pode ser efetuado na parte de funções inorgânicas, após o estudo de óxidos, é interessante ressaltar que o metal em presença do oxigênio sofre uma reação de oxidação, logo o magnésio irá sofrer um aumento do seu nox. Uma sugestão de seguimento do experimento é pegar a solução resultante de Mg(OH)_{2(aq)} que será rosada em razão do indicador em presença de meio básico, e usar uma quantidade de qualquer ácido, por exemplo ácido clorídrico (HCl), esse procedimento possibilita o aluno verificar a mudança de cor do indicador pela neutralização, mostrar a reação que ocorre:



O professor pode usar esse experimento para reforçar os tipos de reações inorgânicas, dupla-troca, síntese ou formação. Pode também indicar algumas curiosidades cotidianas, como o fato da reação do magnésio com o oxigênio ser usada por muito tempo em flashes de máquinas fotográficas.

Experimento adaptado: Usberco e Salvador, 2002.

5.2 Chuva ácida

Este experimento tem por objetivo simular a formação da chuva ácida e verificar como esta atua na vegetação.

Material:

- Vidro com tampa de metal, pode ser um vidro de pepino;
- Enxofre (S_8), pode ser comprado em farmácias;
- Indicador ácido-base, papel tornassol. Ou fenoltaleína
- água;
- flor de cor intensa;
- arame e fios de cobre.

Montar o sistema como ilustrado na Figura 7.

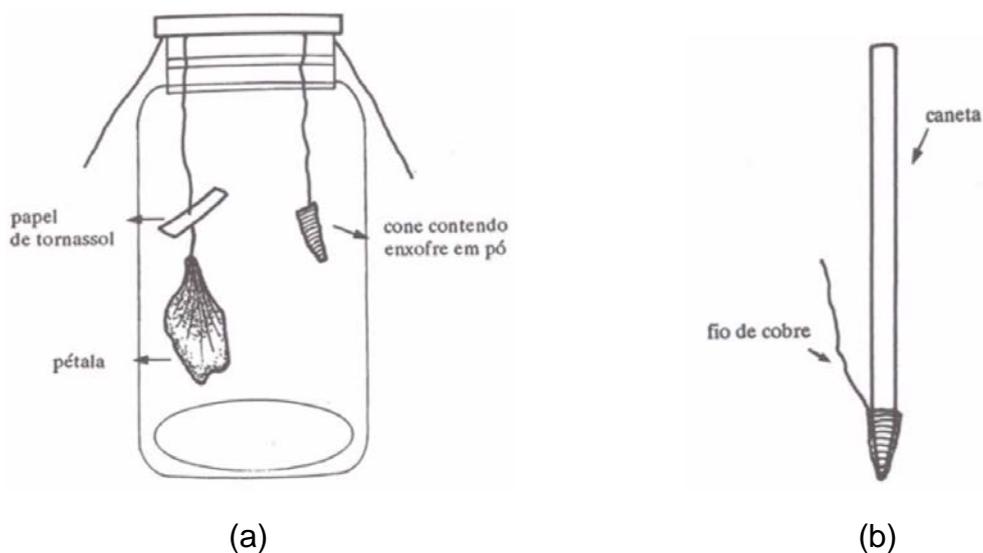
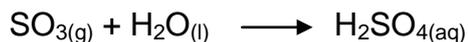
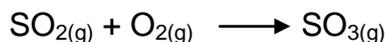
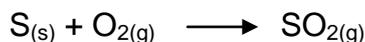


Figura 07: (a) Sistema montado, (b) como enrolar o fio de cobre usando uma caneta.
Fonte: Site GEPEQ – Grupo de Pesquisa em Educação Química.

Furar a tampinha e colocar o arame, em uma extremidade colocar o cone feito como fio de cobre com enxofre e no outro uma pétala com o papel tornassol. Queimar o enxofre, que é perceptível por uma chama azul, fechar o sistema, no qual irá se formar uma névoa branca e pedir para os alunos verificarem a coloração do papel tornassol e a pétala (o papel ficará vermelho e a pétala irá descolorir). Para mostrar a chuva ácida, colocar um pouco de água e deixar cair na água o mesmo papel tornassol, verificando-se que a água realmente está ácida.

Partindo da realização desse experimento, o professor pode revisar a cor dos diferentes indicadores em meio ácido e básico, equacionar as reações de forma simplificada como ilustrado a seguir:



O professor também pode explicar aos alunos que derivados do petróleo, como gasolina, querosene, óleo diesel apresentam enxofre como impurezas e que na queima desses combustíveis, seja no motor ou em termoelétricas ocorre também a queima do enxofre.

Experimento adaptado: Usberco e Salvador, 2002, Site GEPEQ e ARROIO *et al*, 2006.

6. QUESTÕES PROPOSTAS

1. (VUNESP) Sabe-se que a chuva ácida é formada pela dissolução, na água, de óxidos ácidos presentes na atmosfera. Entre os pares de óxidos relacionados, qual é constituído apenas por óxidos que provocam a chuva ácida?

- a) Na_2O e NO_2 .
- b) CO_2 e MgO .
- c) CO_2 e SO_3 .
- d) CO e N_2O .
- e) CO e NO .

2. (UEL-PR) A chuva ácida é um dos fenômenos mais preocupantes causados pela sociedade moderna. O enxofre, presente nos combustíveis, é um dos elementos que contribui para a sua formação. Essa chuva provoca a corrosão, por exemplo, em monumentos artísticos de mármore, por causa de uma reação química. A corrosão nesse material é consequência de o mármore ser formado, sobretudo, de:

- a) óxido de silício.
- b) sulfato de cálcio.
- c) silicato de cálcio.

- d) fosfato de sódio.
e) carbonato de cálcio.

3. (ENEM) A chuva em locais não poluídos é levemente ácida. Em locais onde os níveis de poluição são altos, os valores do pH da chuva podem ficar abaixo de 5,5, recebendo, então, a denominação de chuva ácida. Esse tipo de chuva causa prejuízos nas mais diversas áreas: construção civil, agricultura, monumentos históricos, entre outras. A acidez da chuva está relacionada ao pH da seguinte forma: concentração de íons hidrogênio = $10^{-\text{pH}}$, sendo que o pH pode assumir valores entre 0 e 14. Ao realizar o monitoramento do pH da chuva em Campinas (SP) nos meses de março, abril e maio de 1998, um centro de pesquisa coletou 21 amostras, das quais quatro têm seus valores mostrados na tabela:

Mês	Amostra	pH
Março	6ª	4
Abril	8ª	5
Abril	14ª	6
Maio	18ª	7

A análise da fórmula e da tabela permite afirmar que:

- I. da 6ª para a 14ª amostra ocorreu um aumento de 50% na acidez.
- II. a 18ª amostra é a menos ácida dentre as expostas.
- III. a 8ª amostra é dez vezes mais ácida que a 14ª.
- IV. as únicas amostras de chuvas denominadas ácidas são a 6ª e a 8ª.

São corretas apenas as afirmativas:

- a) I e II.
- b) II e IV.
- c) I, II e IV.
- d) I, III e IV.
- e) II, III e IV

4. (ENEM-2010) Decisão de asfaltamento da rodovia MG -010, acompanhada da introdução de espécies exóticas, e a prática de incêndios criminosos ameaçam o sofisticado ecossistema do campo rupestre da reserva da Serra do Espinhaço. As plantas nativas dessa região, altamente adaptadas a uma alta concentração de alumínio, que inibe o crescimento das raízes e dificulta a absorção de nutrientes e água, estão sendo substituídas por espécies invasoras que não teriam naturalmente adaptação para esse ambiente; no entanto, elas estão dominando as margens da

rodovia, equivocadamente chamada de “estrada ecológica”. Possivelmente, a entrada de espécies de plantas exóticas nesse ambiente foi provocada pelo uso, no empreendimento, de um tipo de asfalto (cimento-solo) que possui uma mistura rica em cálcio, que causou modificações químicas aos solos adjacentes à rodovia MG - 010. **Scientific American. Brasil.** Ano 7, nº 79, 2008 (adaptado).

Essa afirmação se baseia no uso de cimento-solo, mistura rica em cálcio que

- a) inibe a toxicidade do alumínio, elevando o pH dessas áreas.
- b) inibe a toxicidade do alumínio, reduzindo o pH dessas áreas.
- c) aumenta a toxicidade do alumínio, elevando o pH dessas áreas.
- d) aumenta a toxicidade do alumínio, reduzindo o pH dessas áreas.
- e) neutraliza a toxicidade do alumínio, reduzindo o pH dessas áreas.

5. (ENEM-2009) O processo de industrialização tem gerado sérios problemas de ordem ambiental, econômica e social, entre os quais se pode citar a chuva ácida. Os ácidos usualmente presentes em maiores proporções na água da chuva são o H_2CO_3 , formado pela reação do CO_2 atmosférico com a água, o HNO_3 , o HNO_2 , o H_2SO_4 e o H_2SO_3 . Esses quatro últimos são formados especialmente partindo da reação da água com os óxidos de nitrogênio e de enxofre gerados pela queima de combustíveis fósseis. A formação de chuva mais ou menos ácida depende não só da concentração do ácido formado, como também do tipo de ácido. Esta pode ser uma informação útil na elaboração de estratégias para minimizar esse problema ambiental. Se consideradas concentrações idênticas, quais dos ácidos citados no texto conferem maior acidez às águas das chuvas?

- a) HNO_3 e HNO_2 .
- b) H_2SO_4 e H_2SO_3 .
- c) H_2SO_3 e HNO_2 .
- d) H_2SO_4 e HNO_3 .
- e) H_2CO_3 e H_2SO_3 .

6. (ENEM-2006) Chuva ácida é o termo utilizado para designar precipitações com valores de pH inferiores a 5,6. As principais substâncias que contribuem para esse processo são os óxidos de nitrogênio e de enxofre provenientes da queima de combustíveis fósseis e também de fontes naturais. Os problemas causados pela chuva ácida ultrapassam fronteiras políticas regionais e nacionais. A amplitude geográfica dos efeitos da chuva ácida está relacionada sobretudo com:

- a) a circulação atmosférica e a quantidade de fontes emissoras de óxidos de nitrogênio e de enxofre.
- b) a quantidade de fontes emissoras de óxidos de nitrogênio e de enxofre e a rede hidrográfica.
- c) a topografia do local das fontes emissoras de óxidos de nitrogênio e de enxofre e o nível dos lençóis freáticos.
- d) a quantidade de fontes emissoras de óxidos de nitrogênio e de enxofre e o nível dos lençóis freáticos.
- e) a rede hidrográfica e a circulação atmosférica.

7. (ENEM-2000) Uma região industrial lança ao ar gases como o dióxido de enxofre e óxidos de nitrogênio, causadores da chuva ácida. A figura mostra a dispersão desses gases poluentes.



Considerando o ciclo da água e a dispersão dos gases, analise as seguintes possibilidades:

- I. As águas de escoamento superficial e de precipitação que atingem o manancial poderiam causar aumento de acidez da água do manancial e provocar a morte de peixes.
- II. A precipitação na região rural poderia causar aumento de acidez do solo e exigir procedimentos corretivos, como a calagem.
- III. A precipitação na região rural, embora ácida, não afetaria o ecossistema, pois a transpiração dos vegetais neutralizaria o excesso de ácido.

Dessas possibilidades,

- a) pode ocorrer apenas a I.
- b) pode ocorrer apenas a II.
- c) podem ocorrer tanto a I quanto a II.
- d) podem ocorrer tanto a I quanto a III.
- e) podem ocorrer tanto a II quanto a III.

8. (ENEM-1998) Um dos problemas ambientais decorrentes da industrialização é a poluição atmosférica. Chaminés altas lançam ao ar, entre outros materiais, o dióxido de enxofre (SO_2) que pode ser transportado por muitos quilômetros em poucos dias. Dessa forma, podem ocorrer precipitações ácidas em regiões distantes, causando vários danos ao meio ambiente (chuva ácida).

Um dos danos ao meio ambiente diz respeito à corrosão de certos materiais. Considere as seguintes obras:

- I) monumento Itamarati – Brasília (mármore).
- II) esculturas do Aleijadinho – MG (pedra sabão, contém carbonato de cálcio).
- III) grades de ferro ou alumínio de edifícios.

A ação da chuva ácida pode acontecer em:

- a) I, apenas.
- b) I e II, apenas.
- c) I e III, apenas.
- d) II e III, apenas.
- e) I, II e III.

09. (ENEM-1998) Com relação aos efeitos sobre o ecossistema, pode-se afirmar que:

- I) as chuvas ácidas poderiam causar a diminuição do pH da água de um lago, o que acarretaria a morte de algumas espécies, rompendo a cadeia alimentar.
- II) as chuvas ácidas poderiam provocar acidificação do solo, o que prejudicaria o crescimento de certos vegetais.
- III) as chuvas ácidas causam danos se apresentarem valor de pH maior que o da água destilada.

Dessas afirmativas está(ão) correta(s):

- a) I apenas.
- b) III apenas.
- c) I e II apenas.
- d) II e III apenas.
- e) I e III apenas.

10. (FUVEST) A criação de camarão em cativeiro exige, entre outros cuidados, que a água a ser usada apresente um pH próximo de 6. Para tornar a água, com pH igual a 8,0, adequada à criação de camarão, um criador poderia:

- a) adicionar água de cal.
- b) adicionar carbonato de sódio sólido.

- c) adicionar solução aquosa de amônia.
- d) borbulhar, por certo tempo, gás carbônico.
- e) borbulhar, por certo tempo, oxigênio.

11. (ENEM-2008) No ciclo da água, usado para produzir eletricidade, a água de lagos e oceanos, irradiada pelo Sol, evapora-se dando origem a nuvens e se precipita como chuva. É então represada, corre de alto a baixo e move turbinas de uma usina, acionando geradores. A eletricidade produzida é transmitida através de cabos e fios e é utilizada em motores e outros aparelhos elétricos. Assim, para que o ciclo seja aproveitado na geração de energia elétrica, constrói-se uma barragem para represar a água. Entre os possíveis impactos ambientais causados por essa construção, devem ser destacados:

- a) aumento do nível dos oceanos e chuva ácida.
- b) chuva ácida e efeito estufa.
- c) alagamentos e intensificação do efeito estufa.
- d) alagamentos e desequilíbrio da fauna e da flora.
- e) alteração do curso natural dos rios e poluição atmosférica.

12. (ENEM-2010) Atualmente, sistemas de purificação de emissões poluidoras estão sendo exigidos por lei em um número cada vez maior de países. O controle das emissões de dióxido de enxofre gasoso, provenientes da queima de carvão que contém enxofre, pode ser feito pela reação desse gás com uma suspensão de hidróxido de cálcio em água, sendo formado um produto não poluidor do ar.

A queima do enxofre e a reação do dióxido de enxofre com o hidróxido de cálcio, bem como as massas de algumas das substâncias envolvidas nessas reações, podem ser assim representadas: enxofre (32 g) + oxigênio (32 g) → dióxido de enxofre (64 g), dióxido de enxofre (64 g) + hidróxido de cálcio (74 g) → produto não poluidor. Dessa forma, para absorver todo o dióxido de enxofre produzido pela queima de uma tonelada de carvão (contendo 1% de enxofre) é suficiente a utilização de uma massa de hidróxido de cálcio de, aproximadamente,

- a) 23 kg.
- b) 43 kg.
- c) 64 kg.
- d) 74 kg.
- e) 138 kg.

13. (ENEM-2004) Suponha que um agricultor esteja interessado em fazer uma plantação de girassóis. Procurando informação, leu a seguinte reportagem:

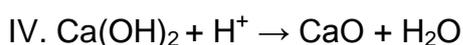
Solo ácido não favorece plantio

Alguns cuidados devem ser tomados por quem decide iniciar o cultivo do girassol. A oleaginosa deve ser plantada em solos descompactados, com pH acima de 5,2 (que indica menor acidez da terra). Conforme as recomendações da Embrapa, o agricultor deve colocar, por hectare, 40 kg a 60 kg de nitrogênio, 40 kg a 80 kg de potássio e 40 kg a 80 kg de fósforo. O pH do solo, na região do agricultor, é de 4,8. Dessa forma, o agricultor deverá fazer a “calagem”.

(Folha de S. Paulo, 25/09/1996)

Suponha que o agricultor vá fazer calagem (aumento do pH do solo por adição de cal virgem – CaO). De maneira simplificada, a diminuição da acidez se dá pela interação da cal (CaO) com a água presente no solo, gerando hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂), que reage com os íons H⁺ (dos ácidos), ocorrendo, então, a formação de água e deixando íons Ca²⁺ no solo.

Considere as seguintes equações:



O processo de calagem descrito acima pode ser representado pelas equações:

- a) I e II d) II e IV
- b) I e IV e) III e IV
- c) II e III

14. (ENEM-2007) O ferro pode ser obtido partindo da hematita, minério rico em óxido de ferro, pela reação com carvão e oxigênio. A tabela a seguir apresenta dados da análise de minério de ferro (hematita) obtido de várias regiões da Serra de Carajás.

Minério da região	Teor de enxofre (S)/% em massa	Teor de ferro (Fe)/% em massa	Teor de sílica (SiO ₂)/% em massa
1	0,019	63,5	0,97
2	0,020	68,1	0,47
3	0,003	67,6	0,61

Fonte: ABREU, S. F. *Recursos minerais do Brasil*, vol. 2. São Paulo: Edusp, 1973

No processo de produção do ferro, dependendo do minério utilizado, forma-se mais ou menos SO₂, um gás que contribui para o aumento da acidez da chuva. Considerando esse impacto ambiental e a quantidade de ferro produzida, pode-se afirmar que seria mais conveniente o processamento do minério da(s) região(ões):

- a) 1, apenas.
- b) 2, apenas.
- c) 3, apenas.
- d) 1 e 3, apenas.
- e) 2 e 3, apenas.

15. (UEG GO/2010/Julho) Um dos efeitos da poluição atmosférica é o acúmulo de alguns poluentes provenientes, por exemplo, da queima de combustíveis fósseis, os quais liberam substâncias que reagem com a água e ocasionam as chuvas ácidas.

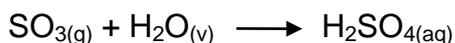
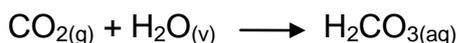
Sobre a chuva ácida, é CORRETO afirmar:

- a) a acidificação das águas libera alumínio do solo que, por sua vez, pode intoxicar os peixes, interferindo na capacidade de filtração das brânquias, órgão de respiração do peixe.
- b) o ácido nítrico e o ácido sulfúrico diminuem a acidez da chuva, ou seja, aumentam seu pH, reduzindo a ocorrência de eventuais consequências oriundas dessa acidez de compostos.
- c) o fósforo e o hidrogênio são os principais componentes das chuvas ácidas, visto que, cada vez que se queima algo que tenha enxofre, forma-se dióxido de fósforo que sobe para as nuvens onde reage com o vapor da água.
- d) o mar, o lago, o rio e o córrego não são afetados pela chuva ácida, já que eles possuem sua acidificação inalterada, uma vez que o pH nestes locais é neutralizado.

7. GABARITO COMENTADO:

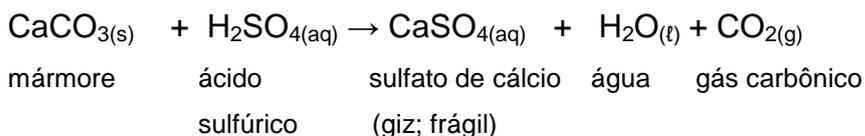
1. Letra C

Os óxidos responsáveis pela formação da chuva ácida devem ser óxidos ácidos, ou seja, formados por não metais e oxigênio, reagem com água e produzem ácido que precipita diluído nas gotas de água de chuva. As reações a seguir ilustram essa característica:



2. Letra E

O mármore é formado especialmente por carbonato de cálcio (CaCO_3) que reage com o ácido sulfúrico formado da reação do SO_3 (resultado da oxidação do enxofre com oxigênio) de acordo com a reação a seguir:



3. Letra E

- I – Errada, da 6ª para a 14ª amostra, o pH foi de 4 para 6, logo ocorreu uma redução na acidez em razão do aumento do pH.
- II – Correta, a 18ª amostra apresenta maior valor de pH, logo a menor acidez.
- III – Correta, a diferença de uma unidade de pH é de dez vezes de força ácida, pois a concentração de íons H^+ da 8ª amostra é de 10^{-5} M e a da 14ª amostra é de 10^{-6} M. Então a razão $10^{-5}/10^{-6} = 10$ vezes.
- IV – Correta, para a chuva ser denominada como “ácida” o pH deve ser inferior a 5,5, logo as únicas amostras que apresentam a medida de pH compatível são a 6ª e 8ª amostras.

4. Letra A.

O solo adjacente à rodovia MG -010 sofreu modificações químicas durante o processo de asfaltamento da rodovia, especialmente pelo uso de cimento-solo, mistura rica em cálcio que elevou o pH dessas áreas reduzindo drasticamente a sua toxicidade. Nesse “novo” ambiente, as espécies invasoras encontraram condições

propícias para o seu estabelecimento. Problema agravado pelas queimadas que são comuns às margens das estradas, o uso desse cimento também inibe temporariamente a toxidez do alumínio, que também é um problema decorrente da chuva ácida que leva cátions alumínio para solo atingindo raízes.

5. Letra D.

O pH depende da concentração de íons H^+ presentes na chuva ácida, logo depende da “força” com que os ácidos ionizam. Dos ácidos citados, o de maior “força ácida” é o ácido sulfúrico (H_2SO_4) e o ácido nítrico (HNO_3).

6. Letra A.

O texto menciona que os efeitos causados pela chuva ácida ultrapassam fronteiras ou seja ocorre incidência de chuva ácida longe dos agentes emissores de poluentes, isso se deve aos ventos (circulação atmosférica) e a grande quantidade de fontes emissoras.

7. Letra C

- I – correta, o escoamento da água com baixo pH afeta a vida aquática, em valores inferiores a 4, não há mais condições de vida aquática.
- II – correta, uma das consequências da chuva ácida é um aumento da acidez do solo, que pode ser corrigida através do processo da calagem que consiste em adição de calcário ($CaCO_3$) que é um sal de reação básica e em água a sua hidrólise neutraliza os íons H^+ resultados da acidez.
- III – errada, o excesso de acidez afeta de forma nociva os vegetais.

8. Letra E.

A chuva ácida afeta determinados tipos de materiais constituídos de carbonato de cálcio ($CaCO_3$) e de metais como ferro ou alumínio, pelas reações ilustradas a seguir:

$CaCO_{3(s)} + H_2SO_{4(aq)} \rightarrow CaSO_{4(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$ afetando desta forma o mármore e a pedra sabão.



$2 Al_{(s)} + 3 H_2SO_{4(aq)} \rightarrow Al_2(SO_4)_{3(aq)} + 3H_{2(g)}$ afetando desta forma o ferro e alumínio.

9. Letra C.

- I – Correta, a chuva ácida causa uma diminuição do pH na água de um lago, afetando desta forma as espécies que habitam esse lago.
- II – Correta, a acidificação do solo dificulta a absorção de determinados nutrientes necessários ao crescimento de vegetais e plantas.
- III – Falsa, o pH da água destilada (água pura) é 7,0. A chuva para ser considerada realmente ácida deve apresentar um valor de pH abaixo de 5,0.

10. Letra D.

Para a redução do pH, a fim de tornar a água adequada para a criação de camarão, se deve adicionar a esta água uma substância de caráter ácido. O gás carbônico (CO_2) é um óxido ácido que reage com água produzindo ácido carbônico (H_2CO_3) que é um ácido fraco.

11. Letra D

A construção de uma barragem envolve alterações na fauna e flora da região, essas alterações geram um desequilíbrio e quando houver uma grande quantidade de chuva, aumentando o nível de água na barragem, pode gerar alagamentos.

12. Letra A

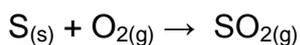
Uma tonelada de carvão corresponde a 1000Kg com 1% de enxofre:

1000Kg----- 100%

X ----- 1%

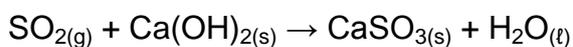
10Kg de enxofre serão gerados.

Pela reação:



32g ----- 64g

10Kg ----- X serão produzidos 20Kg de $\text{SO}_{2(g)}$.



64g ----- 74g

20Kg ----- X serão necessários 23Kg para neutralizar o $\text{SO}_{2(g)}$.

13. Letra C

O processo de calagem descrito no enunciado é representado pelas reações II e III, que indicam a formação do hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) pela reação do óxido de cálcio (CaO) ou cal virgem, que é um óxido básico, logo a sua reação com água produz a base, que em contato com o solo produz água (da neutralização dos íons OH^- da base com os íons H^+ do solo) e liberando o cátion Ca^{+2} .

14. Letra C

O minério da região 3 é o mais adequado para a produção do ferro, pois apresenta um menor teor de enxofre, e uma quantidade de ferro não muito baixa em comparação ao minério da região 2.

15. Letra A.

A acidificação das águas aumenta a solubilidade do cátion Al^{+3} que afeta diretamente a população de peixes através da absorção deste cátion nas brânquias o que dificulta a absorção de oxigênio.

8. REFERÊNCIAS

ARROIO, A; *et al.* **O show da Química: Motivando o interesse científico.** *Quim. Nova*, Vol. 29, N^o. 1, 173-178, 2006.

ATKINS, P. JONES, L. **Princípios de Química.** Porto Alegre, Bookman, 2001.

BAIRD, C; CANN, M. **Química Ambiental.** 4^a ed. Porto Alegre, Bookman, 2011.

DA ROCHA, J. S. M. **Educação Ambiental Técnica para os Ensinos Fundamental, Médio e Superior.** 2. ed. Brasília: Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior ABEAS, 2001.

FELTRE, R. **Química Geral**, São Paulo, vol. 1, 7^a ed, Moderna, 2008.

FELTRE, R. **Físico Química**, São Paulo, vol. 2, 7^a ed, Moderna, 2008.

GERHARDSSON, L. OSKARSSON, A. SKERFVINGA, S. **Chuva ácida – Efeitos sobre oligoelementos e a saúde humana.** IINTERFACEHS – Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade, vol. 7, n. 1, 2012.

LARA, B. R. F. E SILVA, L. D. C.; NOLASCO, O. A. Q.; GALLO, R. C.; DE LIMA, R. S. M. **Modernização do sistema de controle da ustulação na Votorantim Metais.** Technol. Metal. Mater. Miner., São Paulo, v. 6, n. 2, p. 103-107, out.-dez. 2009.

LEE, J. D. **Química Inorgânica Concisa.** São Paulo, Tradução da 4ª edição inglesa, Edgard Blücher LTDA, 1996.

MAHAM, B. M. MYERS, R. J. **Química um Curso Universitário.** São Paulo, tradução da 4ª edição americana, Edgard Blücher LTDA, 1998.

MANAHAM, S. **Química Ambiental.** 9ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

MANFREDI, J, F. **Poluição atmosférica.** Revista das Faculdades de Educação, Ciências e Letras e Psicologia Padre Anchieta, ARGUMENTO - Ano VI – nº 11, pág 61 a 72 - julho/2004.

MIRLEAN, N. BAISCH, P. **Níveis e origem da acidificação das chuvas na região do Rio Grande, RS.** Química Nova, vol. 23, 2000.

MOZETO, A. A. **Química atmosférica: a química sobre nossas cabeças.** Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola, Edição especial, maio 2001.

PERUZZO, F. M. CANTO, E. L. do. **Química na abordagem do cotidiano,** São Paulo, vol. 1, 4ª ed, Moderna, 2010.

PERUZZO, F. M. CANTO, E. L. do. **Química Geral e Inorgânica,** São Paulo, vol. 1, 4ª ed, Moderna, 2010.

RANGEL, M. C.; CARVALHO, M. F. A. **Impacto dos catalisadores automotivos no controle da qualidade do ar.** Quím. Nova vol.26 nº.2 São Paulo mar./apr. 2003. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422003000200021&script=sci_arttext&tlng=es

REIS, M. **Química – Textos e Atividades Complementares.** Bela Vista, FTD, 2007. http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/fit/dioxido_de_enxofre.pdf - Acessado em 27 de novembro de 2013.

Site GEPEQ – Grupo de Pesquisa em Educação Química.

Disponível: <http://gepeqiusp.wix.com/gepeq#!experimentos/c24ib>. Acessado em 27/11/2013.

USBERCO, J. SALVADOR, E. **Química Geral,** São Paulo, vol. 1, ed. 14 reformada, Saraiva, 2009.

USBERCO, J.; SALVADOR, E. **Conecte Química,** São Paulo, vol. 1, Saraiva, 2011.

USBERCO, J.; SALVADOR, E. **Experimentos de Química,** São Paulo, Saraiva, 2002.

APÊNDICE D – Água, Poluição e Tratamento

1. OBJETIVO

Mostrar como funciona o ciclo da água bem como a importância do tratamento e não poluição da água para a vida, também trabalhar com os alunos como funciona uma Estação de Tratamento de Água (ETA) e Estação de Tratamento de Esgotos (ETE).

2. UTILIZAÇÃO

Preferencialmente no primeiro ano do Ensino Médio, em consequência dos processos de separação de misturas e funções inorgânicas, também pode ser trabalhado no terceiro ano do ensino médio para discutir com os alunos o uso de sabões e detergentes e como eles podem poluir as águas.

3. CONTEÚDO TEÓRICO

3.1 Sistemas materiais

Os sistemas materiais podem ser classificados em: substâncias puras ou misturas.

Substâncias puras: São aquelas que são formadas por um único tipo de átomo ou de molécula, podem ser classificadas como substâncias puras simples, que são aquelas formadas por um único tipo de átomo, como o caso do hidrogênio (H_2), cloro (Cl_2), sódio (Na), ferro (Fe) entre outros.

As substâncias puras compostas são aquelas formadas por átomos diferentes, como é o caso da água (H_2O), etanol (C_2H_6O) entre outros. Substâncias puras apresentam constantes fixas, ou seja, ponto de fusão (PF), ponto de ebulição (PE) e densidade são valores constantes.

As misturas podem ser do tipo: misturas comuns ou misturas especiais. As misturas comuns não apresentam constantes fixas como as substâncias puras apresentam ponto de fusão, ponto de ebulição e densidade variáveis, e pode ser:

Mistura homogênea ou solução: São aquelas em que os componentes não podem ser detectados pela visão e nem pelo microscópio comum, apresentam uma única fase ou aspecto. São exemplos desse tipo de mistura: água e sal, água e açúcar (desde que não ultrapasse o coeficiente de solubilidade), água e álcool, álcool e gasolina, toda mistura de gases e todas as ligas metálicas.

Mistura heterogênea ou suspensão: São aquelas em que os componentes podem ser detectados pela visão ou pelo microscópio comum, apresentam mais que uma fase ou aspecto. São exemplos desse tipo de mistura: óleo e água, água e gasolina, toda mistura de sólidos exceto ligas metálicas, água e sal ou açúcar com excesso de soluto (formação do corpo de chão), o leite, sangue e granito (formado por mica, quartzo e feldspato), a Figura 1 mostra leite e o sangue que ao olho nu não se detecta componentes, entretanto com auxílio do microscópio eles são visíveis.



Figura 1: Leite e sangue com análise no microscópio.

Fonte: <http://www.alunosonline.com.br/quimica/tipos-misturas.html>

Misturas especiais: Apresentam parte do comportamento de uma substância pura em relação à temperatura constante durante a mudança de estado da fusão ou da ebulição. A mistura **eutética** apresenta apenas o ponto de fusão constante, são exemplos desse tipo de mistura: a solda e gelo e sal. As mistura azeotrópica apresenta apenas o ponto de ebulição constante, um exemplo desse tipo de mistura é o álcool 96% (96% etanol e 4% água) os gráficos identificando os diferentes sistemas matérias podem ser analisados na Figura 2.

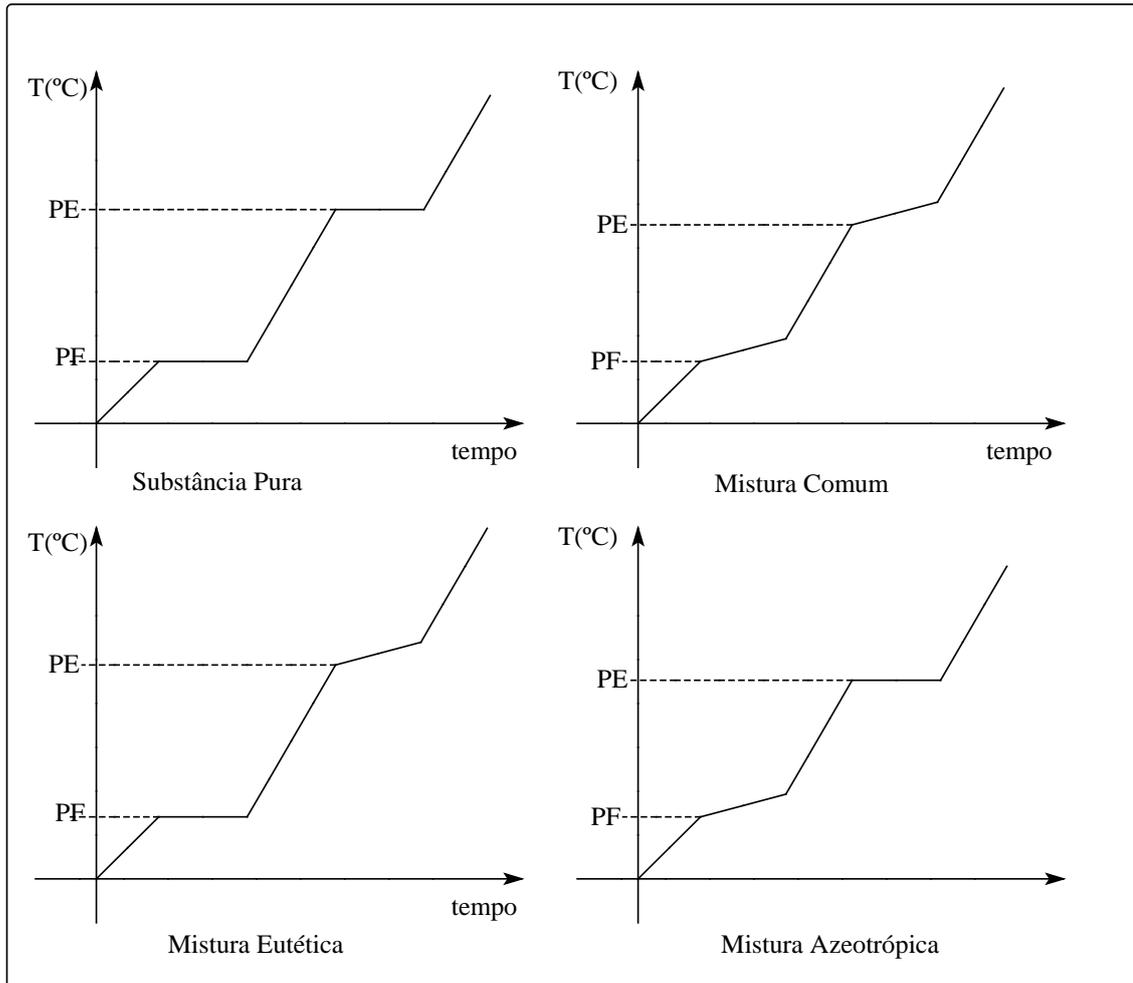


Figura 02: Gráficos dos diferentes sistemas materiais.
Fonte: Reis (2007).

3.2 Separações de misturas

São utilizados processos físicos de separação, baseados na diferença de propriedades físicas entre os componentes da mistura como, por exemplo: densidade, ponto de fusão, ponto de ebulição, solubilidade etc. Esses processos também podem ser denominados de Análise Imediata.

É importante considerar dois aspectos antes de definir o melhor processo de separação:

- 1) Tipo de mistura – homogênea ou heterogênea.
- 2) Estado físico dos componentes.

Misturas heterogêneas de sólidos

Catação: Consiste em um processo manual, é baseado na diferença de tamanho e de aspecto das partículas de uma mistura de sólidos granulados. Pode ser utilizada uma pinça para separar os componentes dessa mistura, a Figura 3 ilustra esse tipo de mistura.



Figura 3: Separação do feijão das impurezas.
Fonte: Reis, (2007).

Outro exemplo em que é possível usar as mãos para separação dos componentes, é o caso da separação do lixo urbano, para a obtenção de materiais de valor econômico, como latas, plásticos, vidros e papéis.

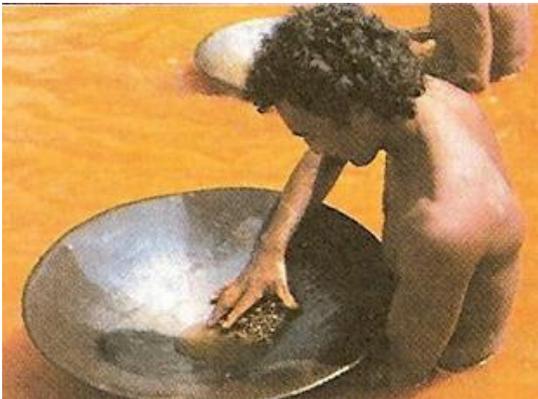
Peneiração ou tamização: É possível de se efetuar no momento em que uma mistura de sólidos granulados apresenta uma diferença sensível quanto ao tamanho. O componente de grânulos menores atravessa a malha da peneira enquanto o componente de grânulos maiores fica retido. A Figura 4 ilustra o processo.



Figura 4: Farinha de trigo sendo peneirada.
Fonte: <http://www.brasilecola.com/quimica/tamisacao-ventilacao-imantacao.htm>

Outro exemplo de peneiração é a separação da areia fina e pequenas pedras, a separação é necessária na preparação da massa para a construção civil, pois essas pequenas pedras podem riscar a massa quando ela é colocada.

Levitação: É usada quando na mistura heterogênea de sólidos, um dos componentes é facilmente arrastado por um líquido (menos denso) enquanto o outro componente não (mais denso). Esse processo é utilizado no garimpo de ouro, nesse caso, a areia por ser menos densa que o ouro é arrastado pela água corrente, enquanto o ouro, que é o componente mais denso, permanece no fundo da bateia. A Figura 5 ilustra o processo.



A bateia é um utensílio metálico usado na mineração em pequena escala. O garimpeiro mergulha a bateia e vai colocando pequenas porções de água com o objetivo de arrastar a areia.

Figura - 05: Uso da bateia no garimpo.

Fonte: <http://www.agracadaquimica.com.br/index.php?&ds=1&acao=quimica/ms2&i=3&id=138>

Flotação: Nesse processo é possível separar sólidos com diferentes densidades, por meio do uso de um líquido que apresente densidade intermediária e que não solubilize nenhum dos sólidos. Um exemplo prático é a separação da areia da serragem (Figura 6).

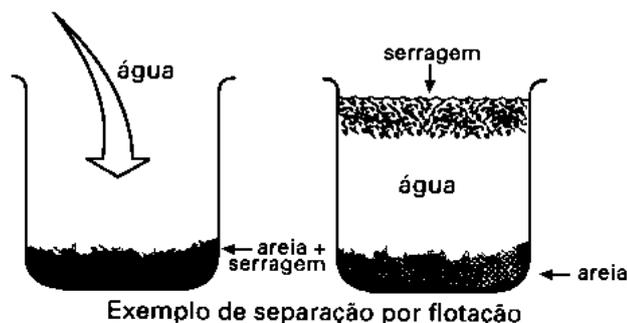


Figura 6: Separação da areia e serragem.

Fonte: http://www.profpc.com.br/Separa%C3%A7%C3%A3o_misturas.htm

Essa técnica também é utilizada pela adição de bolhas de ar ao sistema contendo as partículas em suspensão, as partículas de menor densidade aderem às bolhas de ar formando uma espuma que pode ser facilmente separada. Um exemplo é a separação de cobre na calcopirita (CuFeS_2), o minério é pulverizado e combinado com óleo, água e detergente, então é borbulhado ar através da mistura, o sulfeto recoberto de óleo irá flotar (flutuar) até a superfície com a espuma, enquanto o resíduo não desejado chamado de ganga, deposita-se no fundo (ATKINS e Jones, 2001).

Dissolução fracionada: Processo usado na separação de uma mistura sólido-sólido está baseado na diferença de solubilidade dos sólidos em um determinado líquido, o líquido dissolve apenas um dos sólidos que compões a mistura. Um exemplo disto é a separação da areia e do sal, a adição de água solubiliza o sal sem dissolver a areia.

Fusão fracionada: Processo usado na separação de uma mistura sólido-sólido está baseado na diferença de ponto de fusão dos sólidos. Um exemplo disso é a separação da cera e da areia, ao aquecer a cera de menor ponto de fusão derrete primeiro.

Separação magnética: Separa mistura sólido-sólido em que um dos componentes apresenta propriedades magnéticas e é atraído por um ímã. Um exemplo simples é a separação do enxofre da limalha de ferro (Figura 7).



Figura 7: Enxofre e limalha de ferro.

Fonte: <http://www.brasilecola.com/quimica/tamisacao-ventilacao-imantacao.htm>

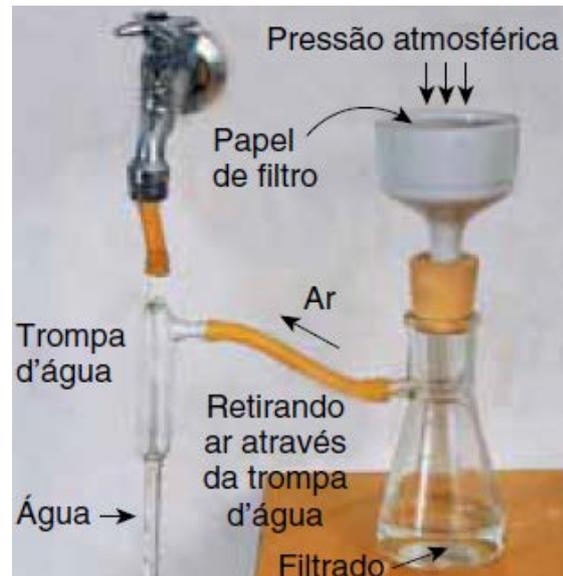
Esse processo também é utilizado na obtenção de metais em uma usina de compostagem e reciclagem, o lixo passa sob um eletroimã, o material orgânico segue para a compostagem, os metais são extraídos pelo eletroimã.

Misturas heterogêneas sólido-líquido

Filtração: Processo que consiste no uso de um filtro com o objetivo de reter o componente sólido, pode ser efetuado de duas formas: filtração comum ou filtração a vácuo. Na filtração comum, Figura 8 (a), o processo é utilizado para separar areia da água, o filtro retém a areia, passando a água, a Figura 8 (b) é denominada de filtração a vácuo, consiste no mesmo princípio, entretanto é utilizada no momento em que a filtração comum não se torna eficiente na velocidade do processo.



(a)



(b)

Figura 8: (a) filtração comum. (b) filtração a vácuo,
Fonte: Canto e Tito, (2009).

Decantação: Processo usado para separar misturas de um sólido em suspensão em um líquido, um exemplo disso é uma mistura de água e barro, o barro lentamente começa a sedimentar no fundo do recipiente, no final a água pode ser separada por inclinação cuidadosa do recipiente (decantação) ou por intermédio de um sifão (sifonação) a Figura 9 mostra o processo.

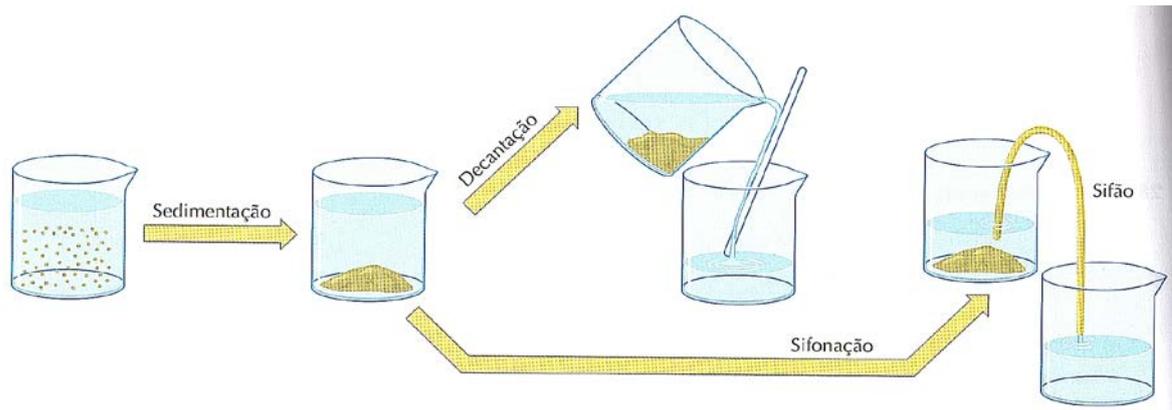


Figura 9: Processo de decantação e sifonação.
Fonte: Feltre, (2008).

Centrifugação: Método usado para separar uma mistura de um sólido em suspensão em um líquido, o princípio é semelhante à decantação, entretanto na centrifugação ocorre a indução da sedimentação por um movimento giratório pelo uso de uma centrífuga (Figura 10).



Figura 10: Centrífuga de laboratório.
Fonte: CANTO e TITO, (2009).

Mistura heterogênea de líquidos

Funil de Bromo ou funil de decantação: Método usado na separação de líquidos imiscíveis e de diferentes densidades, a mistura é colocada no funil de Bromo (Figura 11), o líquido de maior densidade vai para o fundo, ao abrir a torneira do funil esse líquido escoar sendo dessa forma separado.



Figura 11: Funil de bromo ou de decantação.

Fonte: <http://www.infoescola.com/materiais-de-laboratorio/funil-de-bromo/>

Mistura heterogênea sólido-gás: Um exemplo cotidiano desse tipo de mistura é o caso de partículas de poeira no ar, o aspirador de pó é o aparelho usado para separação efetiva, a poeira que é o componente sólido fica retido em um filtro, portanto dentro do aparelho ocorre uma filtração.

Mistura heterogênea líquido-gás: A separação do gás de um líquido pode ser feita por agitação ou redução da pressão ou por aquecimento, um exemplo é o caso do refrigerante.

Misturas homogêneas de sólidos

A separação deste tipo de mistura envolve também como no caso da heterogênea de sólidos, os processos: dissolução fracionada e fusão fracionada. O que muda nesse caso é que a mistura homogênea de sólidos deve ser uma liga metálica, os princípios de separação permanecem os mesmos. Na dissolução fracionada pode ser usado um ácido que reaja com um dos componentes da liga metálica, por exemplo: ácido clorídrico (HCl) em uma liga de prata e alumínio, o ácido reage com alumínio sem reagir com a prata. No caso de uma fusão fracionada é importante que a liga metálica não seja uma mistura eutética (são aquelas que apresentam ponto de fusão constante), porque os componentes entrariam em fusão à mesma temperatura. Uma liga de bronze é composta por estanho que apresenta ponto de fusão de 232°C e cobre que apresenta ponto de fusão de 1084, 77°C, ao aquecer essa liga, o estanho funde primeiro.

Mistura homogênea sólido-líquido

Evaporação: Evaporação é um tipo de vaporização, no qual o líquido vai lentamente para a fase de vapor, é um meio de separação de uma mistura água/sal, processo usado nas salinas, no qual a água do mar é disposta em tanques largos e rasos para que a evaporação vá ocorrendo gradualmente, após a evaporação se obtém o sal sólido que é passado para um processo de purificação ou refino, para que sejam eliminadas as impurezas presentes sobretudo o cloreto de magnésio e o sulfato de magnésio que se não retirados darão um gosto amargo ao sal. Essa técnica tem por objetivo obter o componente sólido, o componente líquido é perdido no processo.

Destilação simples: Nesse processo, ao contrário da evaporação, o objetivo é a obtenção e purificação do líquido. Um exemplo é a obtenção de água pura tendo por base a água do mar. A Figura 12 ilustra o processo:

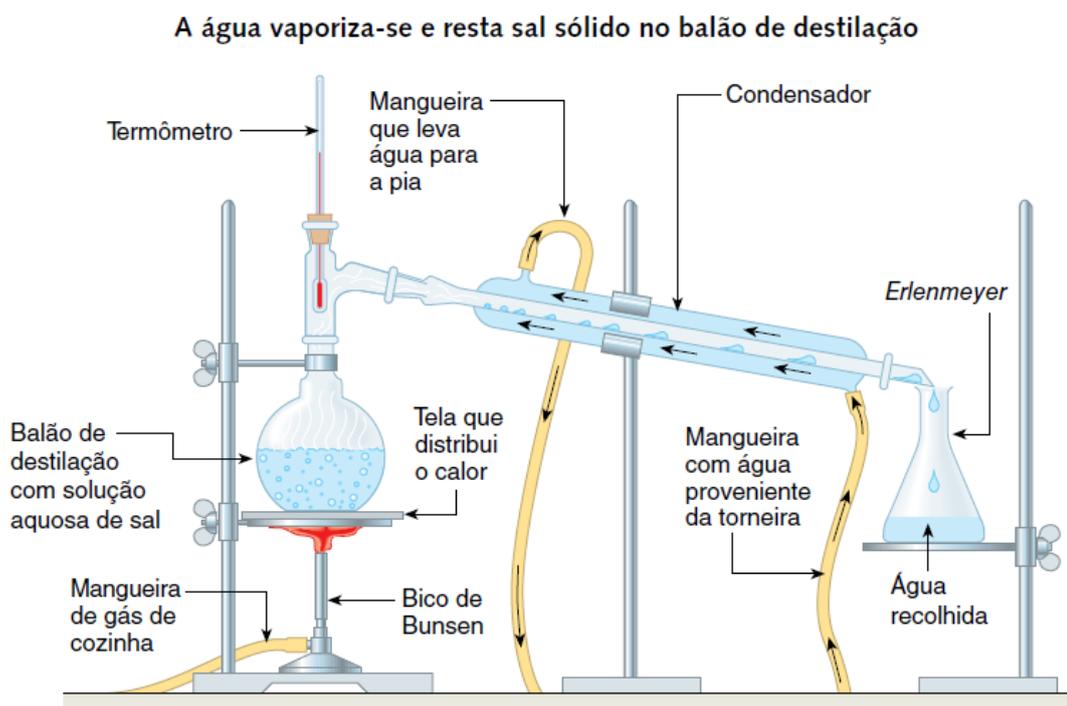


Figura 12: Esquema da destilação simples
Fonte: Tito e Canto, (2009).

A mistura é aquecida dentro do balão de vidro, a água entra em ebulição os sais presentes na água não, seus vapores entram no condensador que apresenta as paredes recheadas de água fria, os vapores são então resfriados e coletados no erlenmeyer. O líquido purificado obtido após o processo é denominado *destilado*.

Mistura homogênea de líquidos

Destilação fracionada: Os líquidos são separados em ordem crescente de pontos de ebulição, PE. Portanto para que se possa efetuar esse processo, os líquidos devem apresentar diferentes PE, não sendo viável em uma mistura **azeotrópica** (apresentam ponto de ebulição constante) já que os líquidos entrarão em ebulição à mesma temperatura. A Figura 13 ilustra o processo:

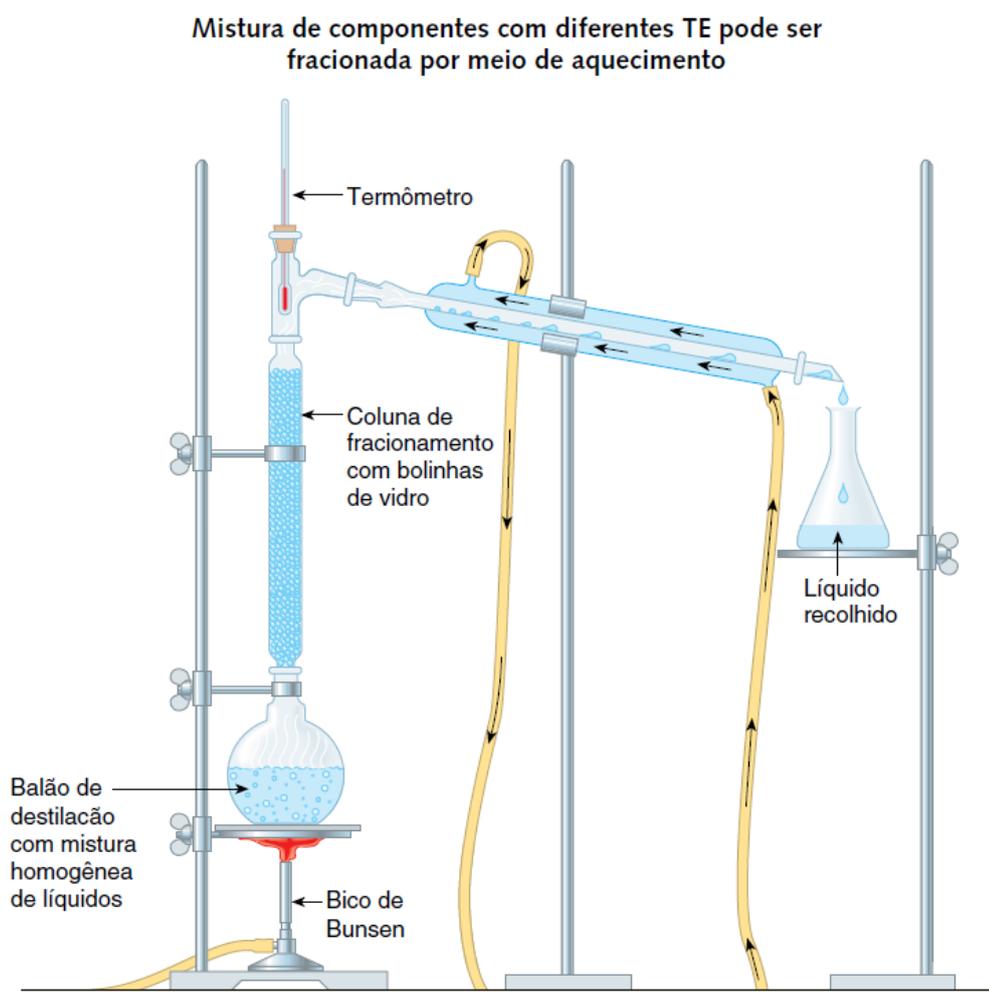


Figura 13: Esquema da destilação fracionada.
Fonte: Tito e Canto, (2009).

A mistura de líquidos miscíveis é aquecida, o líquido de menor PE entra primeiro em ebulição e seus vapores serão resfriados no condensador. Ao contrário da destilação simples, a destilação fracionada exige a presença de uma coluna de fracionamento, o objetivo dessa coluna é impedir que vapores do líquido menos volátil (maior PE) entre no condensador com os vapores do líquido mais volátil

(menor PE). Garantindo dessa forma uma melhor qualidade de separação. Um exemplo para esse processo é a separação do etanol de uma mistura com água.

Destilação fracionada do petróleo: O petróleo representa um mistura homogênea composta por hidrocarbonetos de diferentes massas moleculares, seus componentes são separados por meio da destilação fracionada em grandes colunas de aço nas refinarias (Figura 14). As frações assim como na destilação fracionada são obtidas em ordem crescente de ponto de ebulição. A primeira fração do petróleo apresenta temperatura de ebulição menor que a segunda, a segunda menor que a terceira e assim sucessivamente, essa temperatura de ebulição está associada à maior massa molecular das frações, que apresentam maior número de ligações intermoleculares logo maior será a energia necessária para quebra dessas ligações o que justifica o aumento no ponto de ebulição.

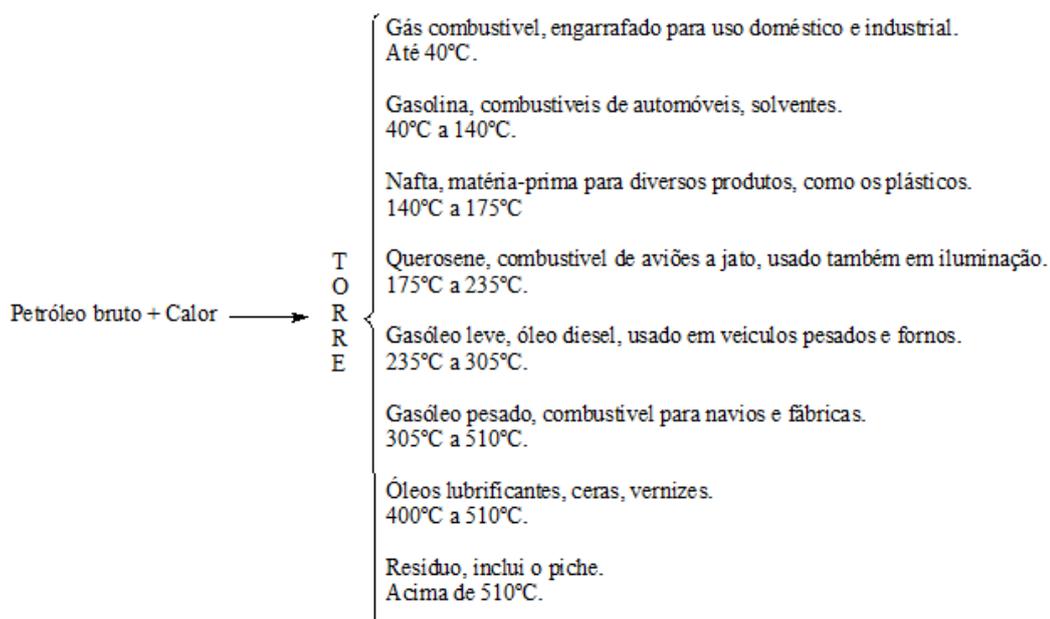


Figura 14: Esquema das frações do petróleo e a faixa de temperatura destas frações.
Fonte: Adaptado de Tito e Canto, (2009).

3.3 Saponificação ou Hidrólise básica de ésteres

A reação de saponificação ou hidrólise básica de ésteres é uma reação entre um lipídio, glicerídio (éster de cadeia longa, pode ser óleo ou gordura) com uma base forte, produzindo um sal orgânico de cadeia grande mais glicerina (propanotriol) como mostra a Figura 15.

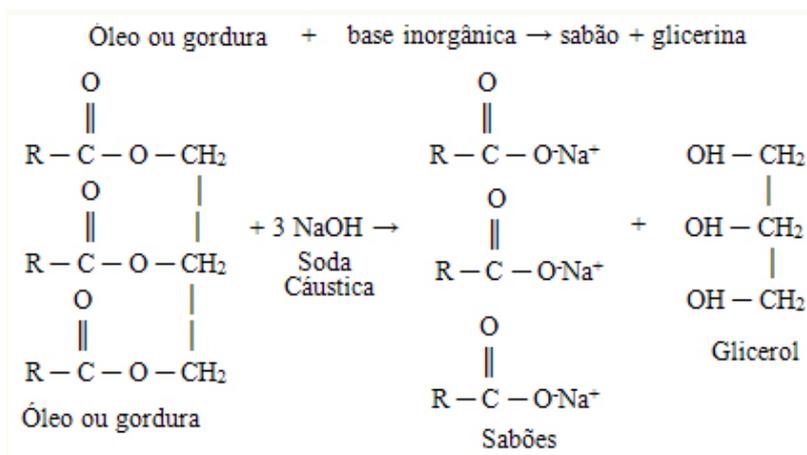


Figura 15: Reaç\~ao de Saponificaç\~ao.

Fonte: <http://www.alunosonline.com.br/quimica/reacao-saponificacao.html>

O uso de hidr\~oxido de pot\~assio (KOH) em vez de hidr\~oxido de s\~odio ou soda c\~austica (NaOH), leva \~a formaç\~ao de sab\~oes pot\~assicos, que s\~ao sab\~oes mais macios, usados na fabricaç\~ao de cremes de barbear (TITO e CANTO, 2006). O sab\~ao tem grande import\~ancia na limpeza que somente a \~agua n\~ao conseguiria remover certos tipos de sujeira como, por exemplo, restos de \~oleo, isso se deve ao fato de que a \~agua \~e uma mol\~ecula polar e as mol\~eculas de \~oleo s\~ao apolares. O sab\~ao ent\~ao se torna fundamental nessa limpeza, porque consegue interagir tanto com subst\~ancias polares, como a \~agua, quanto com subst\~ancias apolares como \~oleos e gorduras, isso \~e justificado pela estrutura do sab\~ao (Figura 16).

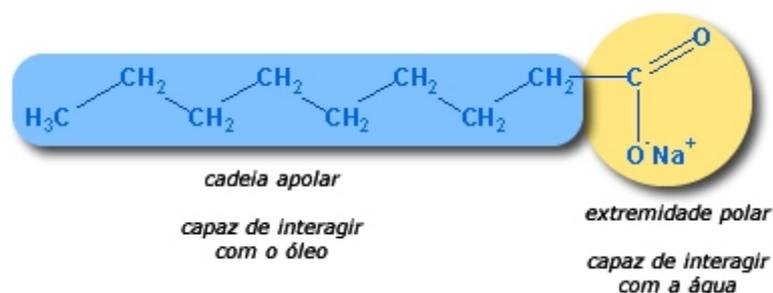


Figura 16: Estrutura do sab\~ao.

Fonte: <http://www.brasilecola.com/quimica/como-sabao-limpa.htm>

A parte polar interage com a \~agua, enquanto a parte apolar que representam a cadeia carb\~onica interage com o \~oleo ou gordura, ocorrendo a formaç\~ao de micelas que s\~ao pequenas got\~iculas microsc\~opicas de gordura envolvidas por mol\~eculas de sab\~ao orientadas com a cadeia apolar para o interior (\~oleo), e a parte apolar para fora interagindo com a \~agua (SOLOMONS e FRYHLE, 2002) de acordo com a Figura 17.

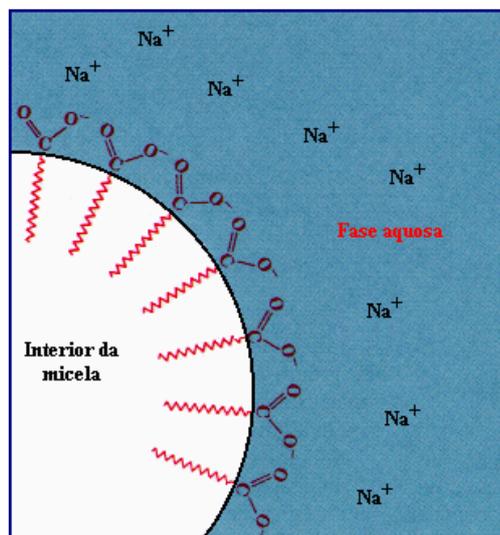


Figura 17: Interior de uma micela.
Fonte: SOLOMONS e FRYHLE, 2002.

Esse processo é denominado de emulsificação, a micela formada se dispersa em água sendo levada por esta. O sabão atua como um tensoativo, diminuindo a tensão superficial da água.

Tensão Superficial da água são as ligações intermoleculares realizadas pelas moléculas de água na superfície do líquido, essa tensão é responsável pela flutuação de pequenos objetos como agulhas, lâmina de barbear, folhas e até mesmo possibilita que pequenos insetos caminhem sobre a superfície da água.

Os detergentes sintéticos atuam da mesma forma que os sabões, porém apresentam diferenças estruturais, enquanto os sabões são sais de ácidos carboxílicos de cadeia longa, os detergentes sintéticos são sais de ácidos sulfônicos de cadeia longa. A Figura 18 mostra as estruturas de um sabão e de um detergente.

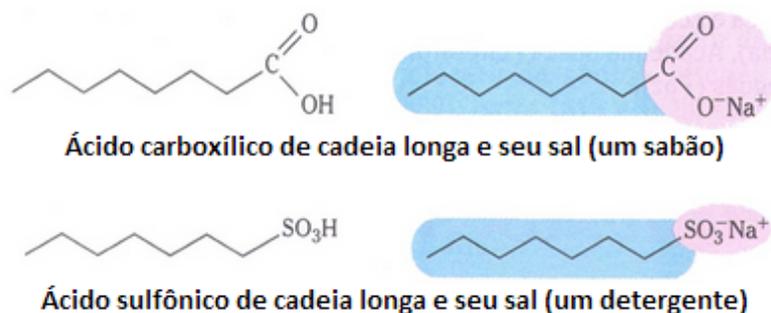


Figura 18: Estrutura de um sabão e de um detergente.
Fonte: <http://quimicasemsegredos.com/reacao-de-Saponificacao.php>

Diariamente sabões e detergentes são usados nas residências, conseqüentemente, eles atingem o sistema de esgoto e acaba indo parar em rios e lagos que, com o movimento das águas, formam uma camada de espuma na superfície que impede a entrada de luz, dificultando também a entrada de oxigênio, essencial para a vida dos peixes, as aves aquáticas apresentam em suas penas um revestimento de óleo e boiam na água graças à camada de ar que fica presa debaixo delas, caso o revestimento seja removido, elas não conseguem mais boiar.

Por essa razão, a importância do uso de detergentes biodegradáveis, o sabão é fabricado com base em substâncias existentes no meio (óleos e gorduras), logo todo sabão é biodegradável, ou seja, os resíduos de sabão que vão para os rios e lagos são decompostos por micro-organismos presentes no meio. No caso dos detergentes sintéticos, eles podem ser biodegradáveis ou não biodegradáveis. A Figura 19 mostra a diferença entre os detergentes sintéticos.

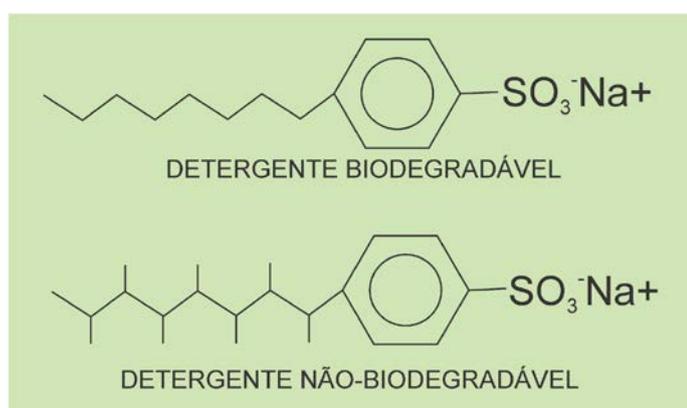


Figura 19: Diferenças estruturais entre detergentes biodegradáveis e não biodegradáveis.
Fonte: <http://www.portoepereira.com.br/?s=bm90aWNpYXM=&p=MTEEx>

Os detergentes sintéticos biodegradáveis apresentam cadeia carbônica não ramificada enquanto que os detergentes não biodegradáveis apresentam cadeia carbônica ramificada.

4. IMPORTÂNCIA DA ÁGUA

A água é importante para todas as formas de vida na Terra, sabe-se que, ao longo da história, a qualidade e quantidade dessa substância sempre foram um aspecto vital na determinação de seu bem estar, desde a parte de nutrição, pois um ser humano necessita de vários litros de água para melhor manutenção e

funcionamento do corpo. A água também é importante nas atividades domésticas na qual é usada diariamente no chuveiro, lavagem de louça, para cozinhar e na higiene bem como na irrigação de jardins e gramados. Dentro da indústria, a água é utilizada para obtenção de bens materiais, medicamentos, alimentos industrializados entre outros, por essa razão, processos que visam à purificação da água para que se torne potável são extremamente importantes para o bem estar e saúde humana, já que muitas doenças são transmitidas através da água, como: cólera, febre tifóide que mataram milhares de pessoas no passado e continuam causando muita angústia em países menos desenvolvidos. Muitos programas de construção de represas reduzem os prejuízos causados por enchentes, entretanto geram muitos problemas indesejáveis para algumas áreas, como inundação de terras agrícolas, perda de terras férteis e madeira, bem como perda da biodiversidade e deslocamento de animais selvagens. A água doce, segundo Baird e Cann (2011) representa um prêmio, pelo fato de 97% da água no mundo estão nos oceanos e mares, portanto indisponíveis para se beber ou ser utilizadas na agricultura, além disso, três quartos da água doce estão presos nas geleiras e calotas polares.

Dessa forma, lagos e rios constituem uma das principais fontes de água potável, mesmo constituindo 0,1% do total de suprimento de água doce. Corpos de água doce em contato direto com a atmosfera (lagos, rios, riachos, reservatórios) são denominados as águas desses corpos de águas superficiais. A quantidade de sais dissolvidos nas águas superficiais gera duas categorias de água: águas doces e águas salinas. As águas doces apresentam um baixo teor de sais dissolvidos, enquanto as águas salinas, via de regra apresentam níveis em torno de 35 g/L de sais dissolvidos, no qual os íons predominantes são sódio e cloreto.

4.1 Ciclo da água

O ciclo da água representa a contínua circulação de água sobre o nosso planeta e é vital para a existência, também conhecido como ciclo hidrológico, representado na Figura 20, mostra como se processa esse ciclo que tem início no aquecimento solar causando a evaporação da água de rios e mares, ocorrendo também evaporação de parte da água presente nos solos.

A transferência de água da superfície terrestre também ocorre através da transpiração de plantas e animais, nas geleiras ocorre a sublimação, a passagem do

estado sólido diretamente para a fase de vapor. Após a evaporação, os vapores de água são levados pelas massas de ar para regiões mais altas da atmosfera, no qual em razão das baixas temperaturas, a água se condensa e liquefaz levando à formação de nuvens, que quando fica carregada de grande quantidade de água esta cai sobre a superfície terrestre e dependendo da região (mais ou menos frio) a água pode chegar ao solo na forma de chuva, granizo ou neve. Como ilustrado na Figura 20.



Figura 20: Ciclo da água.
Fonte: <http://ga.water.usgs.gov/>

A água que precipita apresenta vários escoamentos, uma parte cai diretamente nos grandes reservatórios que são os oceanos, rios e lagos, outra parte cai diretamente no solo seguindo duas rotas diferentes: uma parte cai na superfície aumentando o nível de água nos lagos, riachos e rios, que por sua vez acabam desaguando no mar, outra parte infiltra-se nos solos e rochas através de fissuras e poros, alimentando as reservas subterrâneas denominadas de lençóis freáticos. O ciclo hidrológico é essencial para a renovação de água no planeta.

4.2 Poluição aquática

De acordo com a Lei Federal n. 6938/81 (BRASIL):

Poluição:

A degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- a) Prejudiquem a saúde, a segurança, e o bem estar da população;
- b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- c) afetem desfavoravelmente as biotas;
- d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

Existem duas formas de poluição para questões de legislação: poluição pontual e a poluição difusa. A poluição pontual, os poluentes atingem o corpo d'água concentrados em uma determinada região, como o caso de uma rede de esgotos de uma comunidade, a descarga de efluentes partindo de indústrias, dentre outras, nesse tipo de poluição a identificação das fontes poluidoras é fácil de fazer ao contrário da poluição difusa, em que os poluentes atingem várias regiões, e são particularmente mais difíceis de serem determinadas, dentro dessas fontes estão: escoamento superficial urbano, escoamento superficial de áreas agrícolas, deposição atmosférica (seca e úmida), a Figura 21 ilustra esses dois tipos de poluição.

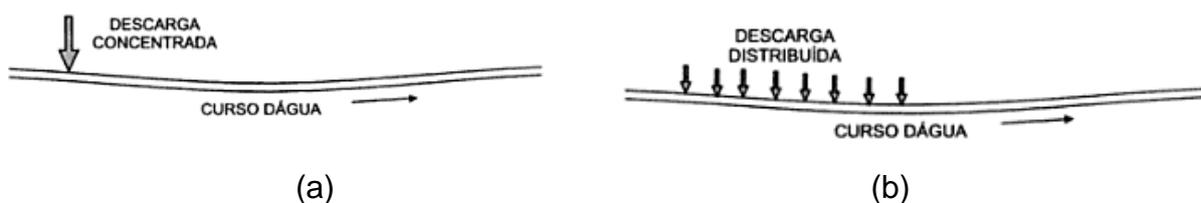


Figura 21: (a) Poluição pontual; (b) poluição difusa.
Fonte: Sperling, (2005).

De forma didática, podem-se classificar as poluições da água com base nos seus agentes poluentes em: térmica, sedimentar, biológica e química, ou seja:

Térmica: ocorre via descarte de uma grande quantidade de água aquecida proveniente de sistemas de resfriamento de processos industriais, o aumento da temperatura da água provoca aumento da atividade bacteriana o que causa um maior consumo de oxigênio dissolvido, e o aumento de temperatura também provoca uma redução da solubilidade do oxigênio.

Sedimentar: proveniente do acúmulo de partículas em suspensão no ar, no solo ou de produtos químicos insolúveis, tais partículas são resultado de extrações minerais, desmatamentos e erosões, nos quais, os sedimentos contaminados são transportados para rios e lagos por enxurradas.

Biológica: resultado da presença de micro-organismos patogênicos na água potável, agentes causadores de doenças, que podem conter: Bactérias - Provocam infecções intestinais epidêmicas e endêmicas. Vírus - provocam hepatites, infecções nos olhos etc. Protozoários - Responsáveis pelas amebíases e giardíases, etc. Vermes - Esquistossomose e outras infestações.

Química: resultado de produtos químicos nocivos, como o caso de defensivos agrícolas, detritos sólidos, líquidos e gasosos provenientes das indústrias, os quais, geralmente são tóxicos.

A poluição química é considerada a mais perigosa (MÓL *et al*, 2010), pois seus efeitos podem ser mais sutis e só percebidos a longo prazo, dentro dessa categoria estão: fertilizantes, materiais orgânicos sintéticos, petróleo e seus derivados, e materiais inorgânicos.

As consequências dessas poluições para a sociedade são preocupantes, especialmente quando os poluentes aquáticos são micro-organismos patogênicos, os seja, aqueles que são causadores de doenças e de mortes, estes podem ser: bactérias, vírus, parasitas entre outros. Outro problema é a **eutrofização** (Figura 22) que indica modificações das propriedades de uma massa de água, em resultado do enriquecimento em nutrientes (por exemplo, nitratos e fosfatos), provocando um aumento excessivo na comunidade de algas (FONSECA, BRASIL ESCOLA), gerando uma biomassa maior do que o sistema poderia naturalmente controlar, problema agravado por descargas de esgotos não tratados, e de resíduos agrícolas e industriais.



Figura 22: Eutrofização.

Fonte: <http://ambientesaudavelbiologia.wordpress.com/>

Esse processo de **eutrofização** gera uma maior **demanda bioquímica de oxigênio (DBO)**, em consequência da decomposição da biomassa, diminui a quantidade de oxigênio dissolvida na água (**OD**).

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBQ): Corresponde à quantidade de oxigênio necessário para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável.

4.2.1 Decomposição de matéria orgânica na água

Os processos de decomposição ocorrem pela ação de bactérias, podendo ser anaeróbio ou aeróbio, em condições anaeróbicas ocorre predomínio de espécie reduzidas, enquanto em condições aeróbicas, ocorre o predomínio de espécies oxidadas (BAIRD e CANN, 2011). É muito comum encontrar essas duas situações presentes em um lago, no verão ocorre uma estratificação das águas como mostrado na Figura 23.

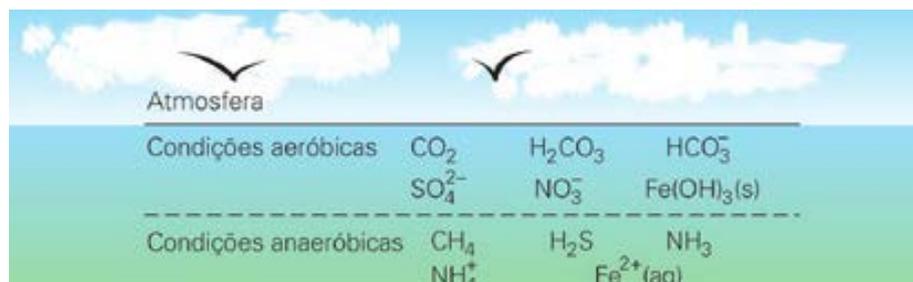


Figura 23: Estratificação de m lago no verão.

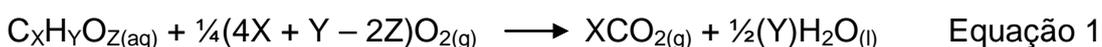
Fonte: Adaptado BAIRD, (2011).

A parte superior, denominada *epilimínio*, é aquecida pela absorção da luz solar, representa a parte menos densa, enquanto a parte inferior, denominada *hipolimínio*, é a parte mais fria, e a mais densa, como há pouca transferência térmica, esta estratificação se mantém e o limite entre elas é denominado *termoclima* (MANAHAN, 2013). A parte superior mais aquecida contém uma maior quantidade de oxigênio dissolvido em razão do maior contato com o ar e do próprio oxigênio molecular produzido pela fotossíntese de algas, nessa parte estão presentes espécies mais oxidadas em razão do meio aeróbico.

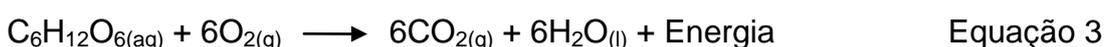
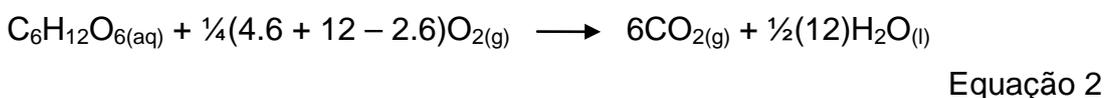
Na parte inferior, a água é deficiente de oxigênio por causa do pouco contato com o ar, nessa parte estão presentes espécies reduzidas em consequência do meio anaeróbico.

É importante também levar em conta o efeito da sazonalidade no perfil de OD com a profundidade. Normalmente, as condições anaeróbicas das regiões mais profundas de um lago de clima temperado não perduram indefinidamente. Durante o outono e o inverno, a camada superior da água é resfriada pelo ar frio que passa sobre ela, de modo que, finalmente, a água rica em oxigênio da parte superior torna-se mais densa que a da parte inferior e ocorre uma mistura por convecção das camadas de água com diferentes temperaturas, ou seja, a camada superior mais fria e densa tende a se deslocar para o fundo, ao mesmo tempo em que a camada inferior mais quente e menos densa tende a se mover para a superfície. Assim, durante o inverno e primeiros dias da primavera, o ambiente próximo ao fundo de um lago é, em geral, aeróbico (FIORUCCI e FILHO, 2005). Descreve de forma simplificada as reações que ocorrem na decomposição da matéria orgânica no meio anaeróbico e no meio aeróbico.

Mecanismo via reação geral no meio aeróbico:



A Equação 1 pode ser exemplificada por meio da decomposição aeróbica da glicose:



A energia liberada é utilizada para a manutenção das atividades vitais de micro-organismos (reprodução, locomoção etc.).

Na decomposição anaeróbica, a degradação da matéria orgânica envolve diferentes espécies de bactérias (FIGURA 24).

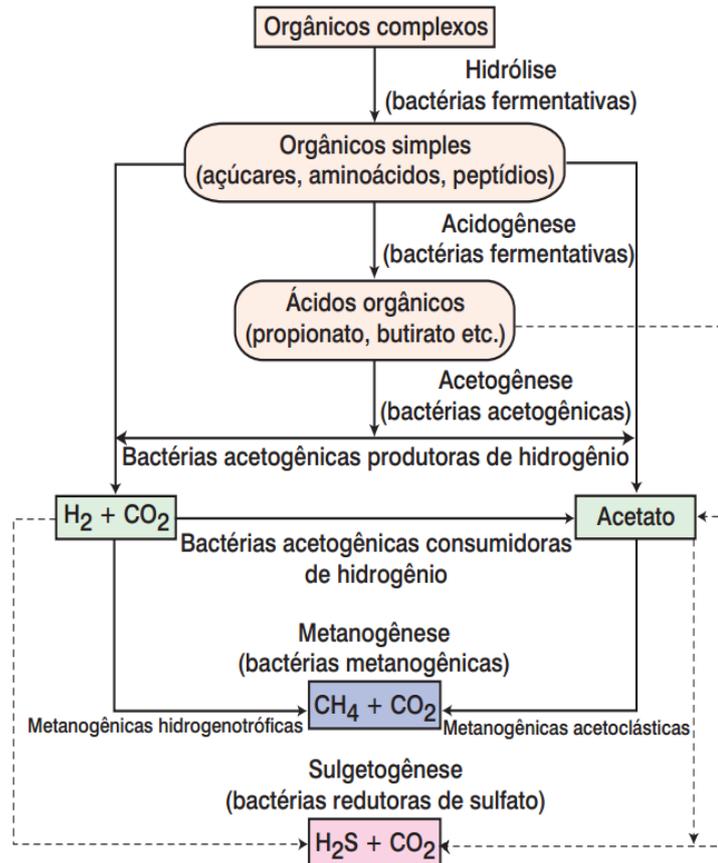
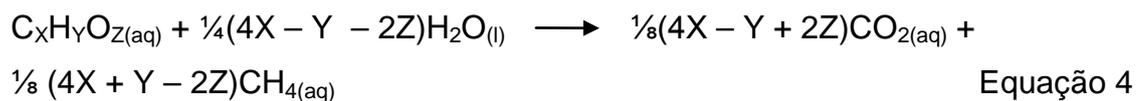


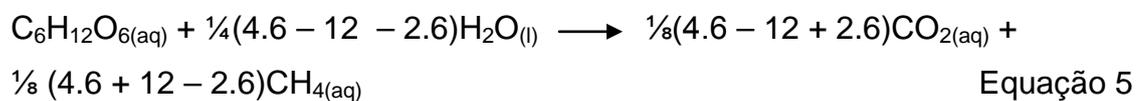
Figura 24: Sequências de degradação e grupos microbianos envolvidos na decomposição anaeróbica.

Fonte: Chernicharo, (1997).

A decomposição da matéria orgânica em condições anaeróbicas pode ser representado simplifcadamente pela Equação 4.



Usando a glicose como exemplo teremos:





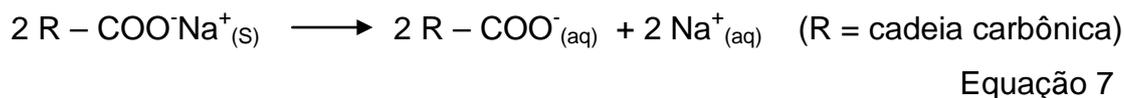
Nessas condições anaeróbicas ocorre uma sincronia entre as várias espécies de bactérias envolvidas, ou seja: os produtos de degradação são os substratos usados em uma etapa seguinte.

4.2.2 Tratamento da água

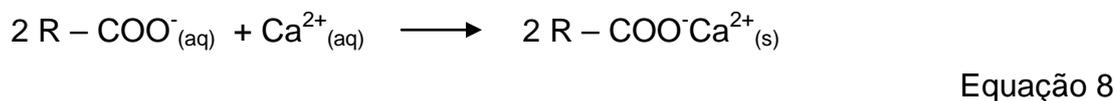
As estações de tratamento de água (ETA) existem com o objetivo de tornar a água potável, pois a água embora indispensável ao ser humano pode conter substâncias (elementos químicos e micro-organismos) que devem ser eliminados ou reduzidos a concentrações que não sejam prejudiciais à saúde. Por essa razão, há necessidade do tratamento da água, a fim de torná-la adequada ao consumo humano, quando provém de um curso de água usado como abastecimento (CORSAN – SITE). De acordo com Manahan (2013), a expectativa é de a água que sai da torneira seja límpida e segura e que, muitas vezes, não sabem que essa água pode ter saído de um rio poluído, lamacento e com inúmeras bactérias, ou de um poço, no qual a água é muito **dura** para uso doméstico, logo o trabalho do operador do tratamento de água é garantir que o produto da planta não apresente perigo para o consumidor.

Água dura: A dureza da água é definida com base nas concentrações de cátions cálcio e magnésio presentes. Águas com concentrações desses cátions acima de 150 mg/L são classificadas como águas duras, abaixo de 75mg/L são classificadas como águas moles, entre 75 e 150 mg/L são classificadas como águas moderadas (MÓL, BARBOSA e DA SILVA, 1995). Esse tipo de água não é adequado pelo fato de poderem se alojar em tubulação causando prejuízos. Outro fato é que esses cátions interferem na ação de sabões e detergentes (RUSSEL, 1994).

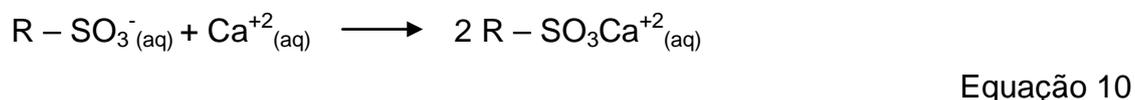
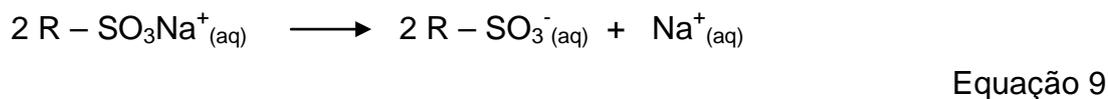
No caso da água dura, ocorre uma não eficiência do sabão durante o processo de limpeza, isso ocorre por causa da reação entre os cátions provenientes da água dura com a parte aniônica do sabão, (isto ocorre devido à) e também pela dissolução do sabão em água formando um ânion carboxilado e o cátion sódio em meio aquoso:



Ocorre a reação do ânion carboxilado com o cátion cálcio, formando um sabão insolúvel (RUSSEL, 1994), de acordo com a Equação 8 a seguir.



Por causa da formação desse sal insolúvel, forma-se uma crosta nos tanques e banheiras, os detergentes sintéticos funcionam da mesma forma que os sabões, mas apresentam uma vantagem em relação a estes, diante da água dura, a reação com os cátions presentes na água formando alcanosulfonatos de cátions são bastante solúveis em água, permanecendo, dessa forma, em solução (SOLOMONS, 2002), de acordo com as reações a seguir:



As ETAs realizam a seguinte sequência para o tratamento da água:

Captação: Consiste na retirada da água da fonte (manancial, rio, barragem etc).

Adução: Caminho percorrido pela água bruta até a Estação de Tratamento.

Mistura rápida: Consiste na adição de um coagulante, geralmente são usados sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) ou cloreto férrico (FeCl_3). Esse processo é necessário pelo fato de existir na água, partículas de dimensões muito pequenas da ordem de $1 \mu\text{m}$ (10^{-6} m) ou até mesmo menores, que são chamadas de **partículas coloidais** que podem permanecer na água em suspensão por muito tempo por causa da presença de carga negativa em sua superfície, podem interagir com moléculas de água. Para que tais partículas possam ser separadas por filtração ou decantação,

existe a necessidade de aumentar o tamanho delas pela coagulação. Ocorrem dois fenômenos do decorrer do processo: um químico, em que ocorre a hidrólise do agente coagulante, gerando partículas de carga positiva e um fenômeno físico resultado dos choques entre as partículas coloidais de carga negativa com as partículas de carga positiva. Esses choques resultam em uma neutralização das cargas e a formação de partículas de maior densidade. Adiciona-se nesse processo cal virgem ou hidróxido de cálcio para correção do pH.

Floculação: É o processo que ocorre logo após a coagulação, resultado dos choques entre as partículas formadas anteriormente de modo a produzir outras maiores denominadas de flocos.

Decantação: A sedimentação dos flocos ocorre mediante ação da gravidade.

A Figura 25 mostra os processos discutidos: Coagulação, floculação e decantação:

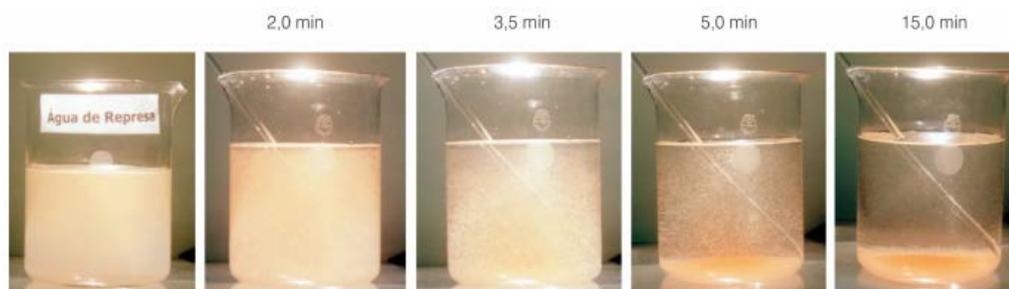


Figura 25: Etapas da coagulação/floculação e decantação
Fonte: Maia, Oliveira e Osório, (2003).

Filtração: A água atravessa tanques contendo filtros. Um filtro é constituído de um meio poroso granular, normalmente areia, de uma ou mais camadas, instalado sobre um sistema de drenagem, capaz de reter e remover as impurezas ainda presentes na água.

Desinfecção: É feita uma última adição de cloro no líquido antes de sua saída da Estação de Tratamento. Ela garante que a água fornecida chegue isenta de bactérias e vírus até a casa do consumidor.

Fluoretação: A fluoretação da água de abastecimento público é efetuada por meio de compostos à base de flúor. A aplicação desses compostos na água de

abastecimento público contribui para a redução da incidência de cárie dentária em até 60%, se as crianças ingerirem desde o seu nascimento quantidades adequadas de íon fluoreto.

(CORSAN, CAESB e SABESP – SITES).

4.2.3 Tratamento de esgotos

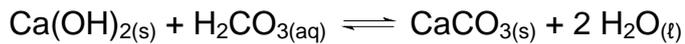
As estações de tratamento de esgoto sanitário (ETE) são de extrema importância no ciclo da água, pois é onde o esgoto doméstico e industrial proveniente da cidade recebe o devido tratamento para retornar ao leito do rio, o processo tem início no momento em que o esgoto entra na ETE através de tubulações como mostrado na Foto 1 (a). Ao entrar na tubulação o esgoto passa por uma grade antes de seguir nas seguintes etapas, Foto 1 (b), a funcionalidade dessa grade é evitar que objetos maiores passem, como o caso de animais mortos.



Foto 1: (a) Entrada do esgoto na ETE. (b) Grade de proteção.

Nessa etapa, é adicionada cal hidratada, com o objetivo de melhorar a eficiência na remoção de contaminantes como, por exemplo, bactérias, pela precipitação de fosfatos presentes nos esgotos em alto pH (PIMENTA), esses precipitados agem como coagulantes para as partículas presentes no esgoto, removendo também contaminantes orgânicos por adsorção. O fósforo é altamente removido nessa fase, enquanto o pH se mantiver elevado. O fósforo está presente nos esgotos por processos fundamentais do metabolismo dos seres vivos, tais como estruturação da membrana celular e no armazenamento de energia (pela formação

de uma parte substancial da molécula de trifosfato de adenosina, conhecida como ATP), todo fósforo presente nas águas naturais se encontra na forma de fosfatos (AISSE *et al*). Embora o nitrogênio também seja importante para a eutrofização, o fator limitante é o fósforo, pois as algas cianofíceas apresentam a capacidade de fixar no nitrogênio atmosférico, por essa razão, o controle de fósforo no controle da eutrofização em um corpo d'água é fundamental (SINELLI, 2002). As reações que ocorrem seguem a seguir:



Equação 11

Caso o pH aumente acima de 10, ocorre a reação dos íons cálcio com o fosfato presente na água levando à precipitação da hidroxilapatita (AISSE, *et al*).



Equação 12

A água, a partir desse momento, é levada por duas elevações através de turbinas para bombear água, ilustradas na Figura 2 (b).



(a)

(b)

Foto 2: (a) Elevatória para levar esgoto até as caixas de areia. (b) Turbinas para levar o esgoto.

As elevatórias levam o esgoto até as caixas de areia Foto 3 e Foto 3.1, que têm por objetivo sedimentar a areia presente, após esse processo, a areia vai para o cone de areia Foto 3.2.



Foto 3: Caixas de areia.



Foto 3.1: Caixas de areia.



Foto 3.2: Cone de areia: (a) entrada e (b) saída.

O esgoto isento de areia, é então bombeado para o tanque de aeração, local onde ocorre a mistura do lodo obtido durante o processo. Lodo é o resíduo semissólido, pastoso e de natureza predominantemente orgânica, o tratamento desse lodo residual representa um grande problema para as ETEs, pois o gerenciamento deste envolve atividade de alto grau de complexidade (PEDROZA, 2010). O sistema utilizado pelas ETEs é denominado de *Lodo Ativado*, que consiste no retorno desse lodo até o esgoto no tanque de aeração, como fonte de biomassa para atuação microbiana, para ativar a ação das bactérias aeróbias dentro do tanque.

A Foto 4 mostra a entrada do lodo no tanque de aeração que está no lado direito, que representa o líquido mais escuro.



Foto 4: Mistura do lodo com a água do esgoto.

A mistura dentro do tanque de aeração fortemente agitada por turbinas para melhorar a quantidade de oxigênio em contato com a mistura, para que as bactérias aeróbias tenham excesso de oxigênio e possam oxidar a matéria orgânica. A Foto 5 e Foto 5.1 mostram o tanque de aeração.



Foto 5: Tanque de aeração.



Foto 5.1: Tanque de aeração.

Na saída do tanque de aeração, é adicionado a mistura cloreto férrico (FeCl_3) Foto 6, que atua como coagulante para matéria orgânica, também para retirada de mais fosfato restante e conseqüentemente formação de mais lodo.



Foto 6: Adição de cloreto férrico

Após a saída do tanque de aeração e adição do cloreto férrico, a mistura segue duas rotas diferentes. Uma parte vai para os chamados adensadores, que têm por objetivo compactar o lodo obtido durante o processo, esse lodo é então removido para os leitos de secagem (Foto 7 e Foto 7.1), depois de seco, pode receber o tratamento de estabilização ou simplesmente ser descartado.



Foto 7: Adensador para compactação do lodo.



Foto 7.1: Leito de secagem.

A outra parte da mistura que sai do tanque de aeração vai para o decantador, no qual se obtém mais lodo com outras substâncias na forma de uma espuma escura (rica em matéria orgânica) que retorna ao tanque de aeração Foto 8.



Foto 8: Decantador.

A água então é levada para outro decantador, no qual é escoada novamente para o leito do rio, a Foto 8.1 mostra o decantador em que a água esco.



Foto 8.1: Decantador de escoamento da água.

A Foto 8.2 mostra os dois decantadores e o canal localizado no meio que leva o lodo residual novamente ao tanque de aeração.



Foto 8.2: Foto frontal dos decantadores com o canal central de lodo residual.

A Foto 8.3 mostra a água saindo do decantador, e retornando à fonte primária.



Foto 8.3: Água pós-tratamento saindo do decantador e retornando a fonte.

As fotos foram tiradas na ETE da Corsan na cidade de Santa Maria – RS, a água pós-tratamento foi canalizada de volta até o Arroio Cadena. As Fotos 9, 9.1 e 9.2 mostram respectivamente: Sequência de processos relatados.

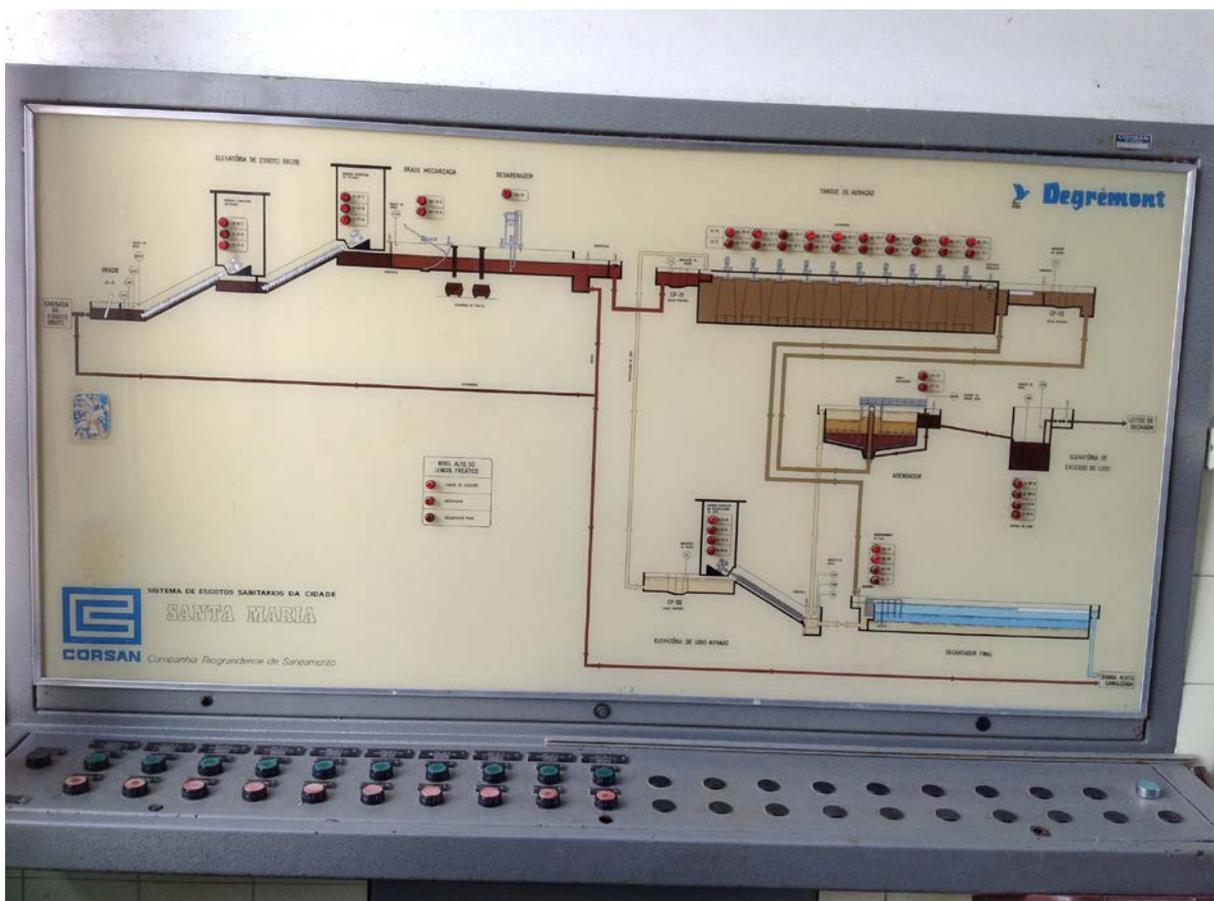


Foto 9: Sequencia dos processos realizados.

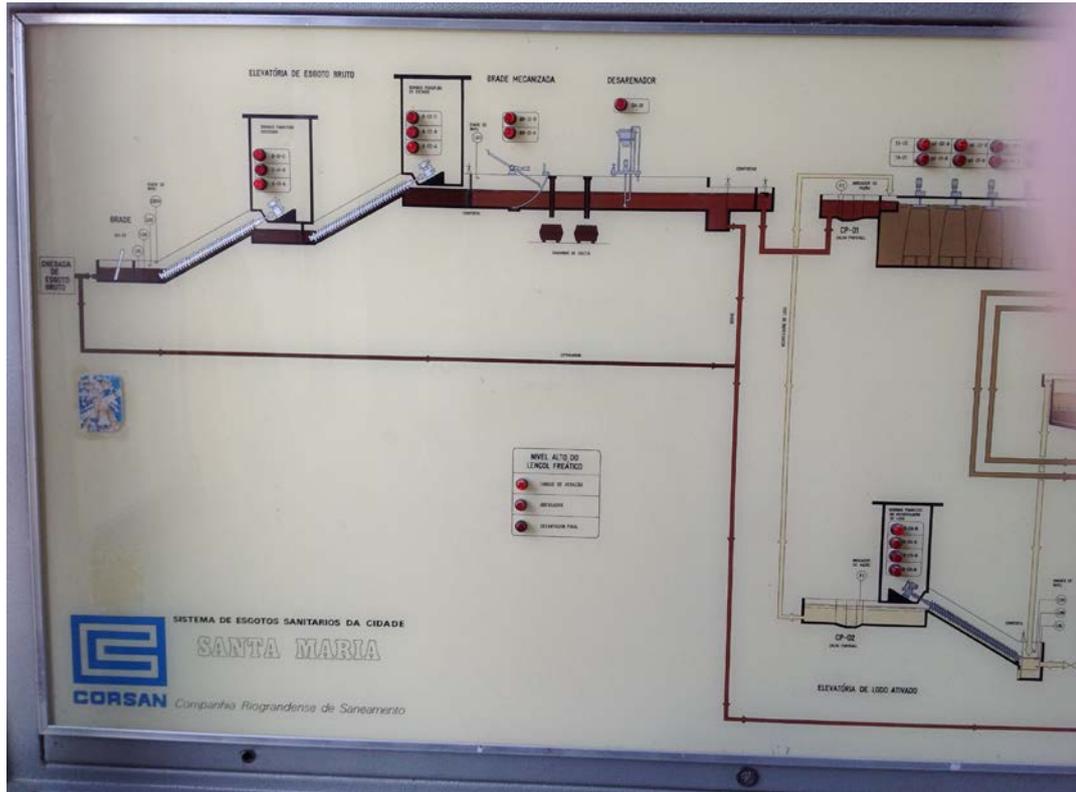


Foto 9.1: Sequência dos processos realizados.

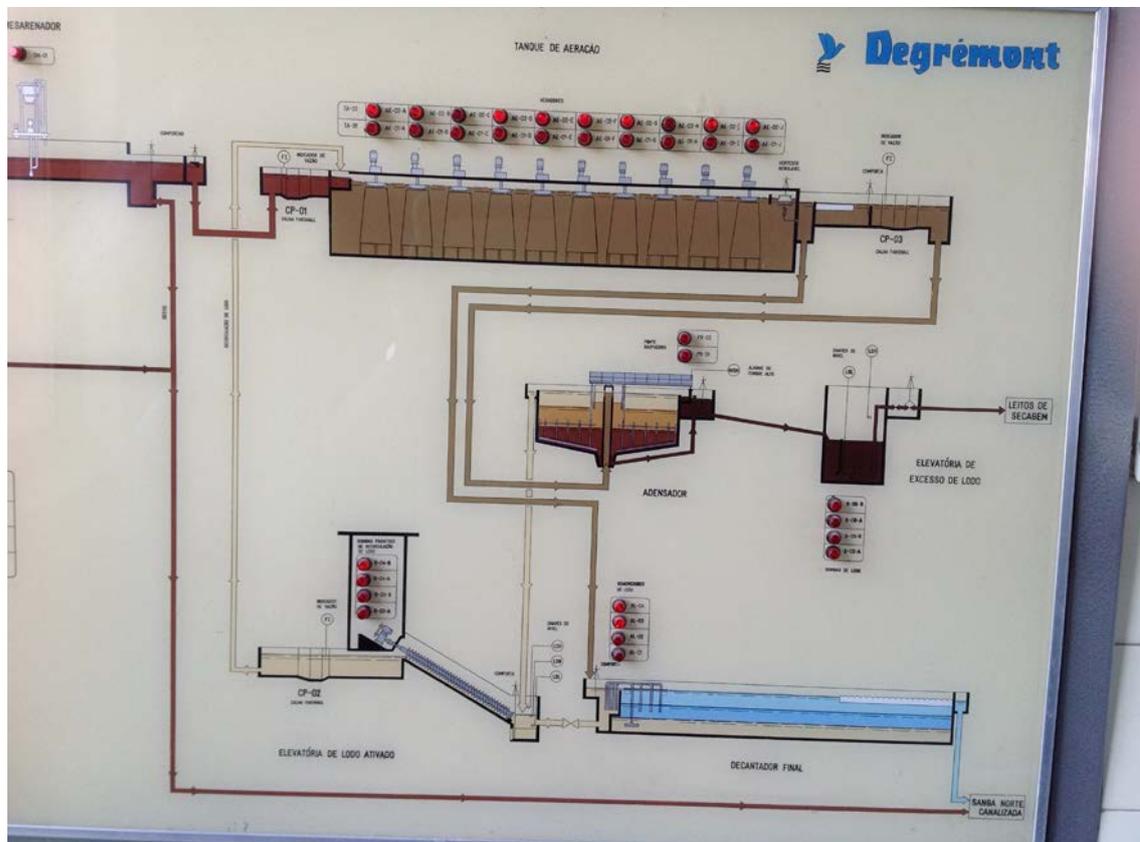


Foto 9.2: Sequência dos processos realizados.

4.2.4 Qualidade da água

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA) existem alguns parâmetros que são considerados para definir se a água bruta apresenta boa qualidade visando ao seu uso para abastecimento público. Esses parâmetros fazem parte do chamado índice de Qualidade das Águas (IQA) criado pela *National Sanitation Foundation* nos Estados Unidos no ano de 1970. Os parâmetros são:

Oxigênio Dissolvido (OD) – A presença do oxigênio dissolvido na água é fundamental para a vida aquática, já que muitos peixes precisam dele para respirar. A aeração (constante passagem de oxigênio na interface ar-água) intensifica a sua penetração. As águas contaminadas com esgoto apresentam baixa concentração de OD, pois o oxigênio é consumido da decomposição da matéria orgânica, em contrapartida, águas limpas apresentam uma concentração de OD superior a 5 mg/L e a concentração de OD diminui com o aumento da temperatura.

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) – A Demanda Bioquímica de Oxigênio representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica presente na água pela decomposição microbiana aeróbia. A $DBO_{5,20}$ representa a quantidade de oxigênio consumido durante 5 dias em uma temperatura de 20°C, altos valores desse parâmetro são provocados por lançamento de cargas orgânicas especialmente esgoto doméstico. Sua presença na água indica o oposto da concentração OD em uma relação de causa e efeito.

Temperatura da água – Muitos organismos marinhos dependem da temperatura da água, no momento em que essa temperatura estiver fora dos limites térmicos, isso vai afetar tanto a reprodução quanto o crescimento desses organismos. A concentração de OD também é afetada pela temperatura da água.

Coliformes fecais ou termotolerantes – Coliformes fecais ou termotolerantes são indicadores biológicos da presença de matéria orgânica fecal levada por esgotos sanitários, as bactérias que geram esses coliformes estão presentes no trato intestinal em animais de sangue quente, embora não sejam patogênicos (não causam doenças) sua presença em grande número, indicam a

presença de micro-organismos patogênicos responsáveis pela propagação de doenças.

Potência hidrogeniônico (pH) – A medida de acidez da água afeta o metabolismo de organismos aquáticos. De acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) na Resolução 357, item? II , art. 14, página 7: Para a proteção da vida aquática o pH deve estar entre 6 e 9.

Outros fatores também são levados em conta, como: nitrogênio e fósforo totais, turbidez e resíduo total.

5. QUESTÕES PROPOSTAS

1. (ENEM-2003) A falta de água doce no Planeta será, possivelmente, um dos mais graves problemas deste século. Prevê-se que, nos próximos vinte anos, a quantidade de água doce disponível para cada habitante será drasticamente reduzida. Por meio de seus diferentes usos e consumos, as atividades humanas interferem no ciclo da água, alterando:

- a) a quantidade total, mas não a qualidade da água disponível no Planeta.
- b) a qualidade da água e sua quantidade disponível para o consumo das populações.
- c) a qualidade da água disponível, apenas no subsolo terrestre.
- d) apenas a disponibilidade de água superficial existente nos rios e lagos.
- e) o regime de chuvas, mas não a quantidade de água disponível no Planeta.

2. (ENEM-2000) Encontram-se descritas a seguir algumas das características das águas que servem três diferentes regiões.

Região I – Qualidade da água pouco comprometida por cargas poluidoras, casos isolados de mananciais comprometidos por lançamento de esgotos; assoreamento de alguns mananciais.

Região II – Qualidade comprometida por cargas poluidoras urbanas e industriais; área sujeita a inundações; exportação de carga poluidora para outras unidades hidrográficas.

Região III – Qualidade comprometida por cargas poluidoras domésticas e industriais e por lançamento de esgotos; problemas isolados de inundação; uso da água para irrigação.

De acordo com essas características, pode-se concluir que:

- a) a região I é de alta densidade populacional, com pouca ou nenhuma estação de tratamento de esgoto.
- b) na região I ocorrem tanto atividades agrícolas como industriais, com práticas agrícolas que estão evitando a erosão do solo.
- c) a região II tem predominância de atividade agrícola, muitas pastagens e parque industrial inexpressivo.
- d) na região III ocorrem tanto atividades agrícolas como industriais, com pouca ou nenhuma estação de tratamento de esgotos.
- e) a região III é de intensa concentração industrial e urbana, com solo impermeabilizado e com amplo tratamento de esgotos.

3. (ENEM-2006) À produção industrial de celulose e de papel estão associados alguns problemas ambientais. Um exemplo são os odores característicos dos compostos voláteis de enxofre (mercaptanas) que se formam durante a remoção da lignina da principal matéria-prima para a obtenção industrial das fibras celulósicas que formam o papel: a madeira. É nos estágios de branqueamento que se encontra um dos principais problemas ambientais causados pelas indústrias de celulose. Reagentes como cloro e hipoclorito de sódio reagem com a lignina residual, levando à formação de compostos organoclorados. Esses compostos, presentes na água industrial, despejada em grande quantidade nos rios pelas indústrias de papel, não são biodegradáveis e acumulam-se nos tecidos vegetais e animais, podendo levar a alterações genéticas.

Celênia P. Santos et al. Papel:
como se fabrica? In: *Química
nova na escola*, no. 14, nov./2001, p. 3-7
(com adaptações).

Para se diminuïrem os problemas ambientais decorrentes da fabricação do papel, é recomendável

- a) a criação de legislação mais branda, a fim de favorecer a fabricação de papel biodegradável.

- b) a diminuição das áreas de reflorestamento, com o intuito de reduzir o volume de madeira utilizado na obtenção de fibras celulósicas.
- c) a distribuição de equipamentos de desodorização à população que vive nas adjacências de indústrias de produção de papel.
- d) o tratamento da água industrial, antes de retorná-la aos cursos d'água, com o objetivo de promover a degradação dos compostos orgânicos solúveis.
- e) o recolhimento, por parte das famílias que habitam as regiões circunvizinhas, dos resíduos sólidos gerados pela indústria de papel, em um processo de coleta seletiva de lixo.

4. (FUVEST-2003) O ciclo da água na natureza, relativo à formação de nuvens, seguida de precipitação da água na forma de chuva, pode ser comparado, em termos das mudanças de estado físico que ocorrem e do processo de purificação envolvido, à seguinte operação de laboratório:

- a) sublimação
- b) filtração
- c) decantação
- d) dissolução
- e) destilação

5. (ENEM-2004) Por que o nível dos mares não sobe, mesmo recebendo continuamente as águas dos rios?

Essa questão já foi formulada por sábios da Grécia antiga. Hoje responderíamos que

- a) a evaporação da água dos oceanos e o deslocamento do vapor e das nuvens compensam as águas dos rios que deságuam no mar.
- b) a formação de geleiras com água dos oceanos, nos polos, contrabalança as águas dos rios que deságuam no mar.
- c) as águas dos rios provocam as marés, que as transferem para outras regiões mais rasas, durante a vazante.
- d) o volume de água dos rios é insignificante para os oceanos e a água doce diminui de volume ao receber sal marinho.
- e) as águas dos rios afundam no mar pela sua maior densidade, onde são comprimidas pela enorme pressão resultante da coluna de água.

6. (ENEM-2007) De acordo com a legislação brasileira, são tipos de água engarrafada que podem ser vendidos no comércio para o consumo humano:

- água mineral: água que, proveniente de fontes naturais ou captada artificialmente, possui composição química ou propriedades físicas ou físico-químicas específicas, com características que lhe conferem ação medicamentosa;
- água potável de mesa: água que, proveniente de fontes naturais ou captada artificialmente, possui características que a tornam adequada ao consumo humano;
- água purificada adicionada de sais: água produzida artificialmente por meio da adição à água potável de sais de uso permitido, podendo ser gaseificada.

Com base nessas informações, conclui-se que:

- a) os três tipos de água descritos na legislação são potáveis.
- b) toda água engarrafada vendida no comércio é água mineral.
- c) água purificada adicionada de sais é um produto natural encontrado em algumas fontes específicas.
- d) a água potável de mesa é adequada para o consumo humano porque apresenta extensa flora bacteriana.
- e) a legislação brasileira reconhece que todos os tipos de água têm ação medicamentosa.

7. (ENEM-2007) O artigo 1º, da Lei Federal n. 9.433/1997 (Lei das Águas) estabelece, entre outros, os seguintes fundamentos:

- I. a água é um bem de domínio público;
- II. a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- III. em situações de escassez, os usos prioritários dos recursos hídricos são o consumo humano e a dessedentação de animais;
- IV. a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas.

Considere que um rio nasça em uma fazenda cuja única atividade produtiva seja a lavoura irrigada de milho e que a companhia de águas do município em que se encontra a fazenda colete água desse rio para abastecer a cidade. Considere, ainda, que, durante uma estiagem, o volume de água do rio tenha chegado ao nível crítico, tornando-se insuficiente para garantir o consumo humano e a atividade agrícola mencionada.

Nessa situação, qual das medidas abaixo estaria de acordo com o artigo 1º, da Lei das Águas?

- a) Manter a irrigação da lavoura, pois a água do rio pertence ao dono da fazenda.
- b) Interromper a irrigação da lavoura para se garantir o abastecimento de água para consumo humano.
- c) Manter o fornecimento de água apenas para aqueles que pagam mais, já que a água é bem dotado de valor econômico.
- d) Manter o fornecimento de água tanto para a lavoura quanto para o consumo humano, até o esgotamento do rio.
- e) Interromper o fornecimento de água para a lavoura e para o consumo humano, a fim de que a água seja transferida para outros rios.

8. (ENEM-2006) O aquífero Guarani, megareservatório hídrico subterrâneo da América do Sul, com 1,2 milhão de km², não é o “mar de água doce” que se pensava existir. Enquanto em algumas áreas a água é excelente, em outras, é inacessível, escassa ou não-potável. O aquífero pode ser dividido em quatro grandes compartimentos. No compartimento Oeste, há boas condições estruturais que proporcionam recarga rápida partindo das chuvas e as águas são, em geral, de boa qualidade e potáveis. Já no compartimento Norte-Alto Uruguai, o sistema encontra-se coberto por rochas vulcânicas, a profundidades que variam de 350m a 1.200m. Suas águas são muito antigas, datando da Era Mesozóica, e não são potáveis em grande parte da área, com elevada salinidade, sendo que os altos teores de fluoretos e de sódio podem causar alcalinização do solo.



Em relação ao aquífero Guarani, é correto afirmar que

- a) seus depósitos não participam do ciclo da água.
- b) águas provenientes de qualquer um de seus compartimentos solidificam-se a 0°C.
- c) é necessário, para utilização de seu potencial como reservatório de água potável, conhecer detalhadamente o aquífero.
- d) a água é adequada ao consumo humano direto em grande parte da área do compartimento Norte- Alto Uruguai.
- e) o uso das águas do compartimento Norte-Alto Uruguai para irrigação deixaria ácido o solo.

9. (ENEM-2006) Com base em projeções realizadas por especialistas, prevê-se, para o fim do século XXI, aumento de temperatura média, no planeta, entre 1,4°C e 5,8°C. Como consequência desse aquecimento, possivelmente o clima será mais quente e mais úmido, bem como ocorrerão mais enchentes em algumas áreas e secas crônicas em outras. O aquecimento também provocará o desaparecimento de algumas geleiras, o que acarretará o aumento do nível dos oceanos e a inundação de certas áreas litorâneas. As mudanças climáticas previstas para o fim do século XXI:

- a) provocarão a redução das taxas de evaporação e de condensação do ciclo da água.
- b) poderão interferir nos processos do ciclo da água que envolve mudanças de estado físico.
- c) promoverão o aumento da disponibilidade de alimento das espécies marinhas.
- d) induzirão o aumento dos mananciais, o que solucionará os problemas de falta de água no planeta.
- e) causarão o aumento do volume de todos os cursos de água, o que minimizará os efeitos da poluição aquática.

10. (UFMS-2013) Um dos principais desafios mundiais, nos dias de hoje, é obter água de boa qualidade. É a água uma molécula simples, mas fundamental para a sobrevivência humana.

A água é uma molécula que possui geometria_____; por isso, é_____.

Assinale a alternativa que completa corretamente as lacunas.

- a) linear – polar.
- b) linear – apolar.
- c) angular – polar.
- d) angular – apolar.
- e) piramidal – polar.

11. (ENEM-2013) Uma das etapas do tratamento da água é a desinfecção, sendo a cloração o método mais empregado. Esse método consiste na dissolução do gás cloro numa solução sob pressão e sua aplicação na água a ser desinfetada. As equações das reações químicas envolvidas são:



$$\text{pK}_a = -\log K_a = 7,53$$

A ação desinfetante é controlada pelo ácido hipocloroso, que possui um potencial de desinfecção cerca de 80 vezes superior ao ânion hipoclorito. O pH do meio é importante, porque influencia na extensão com que o ácido hipocloroso se ioniza. Para que a desinfecção seja mais efetiva, o pH da água a ser tratada deve estar mais próximo de:

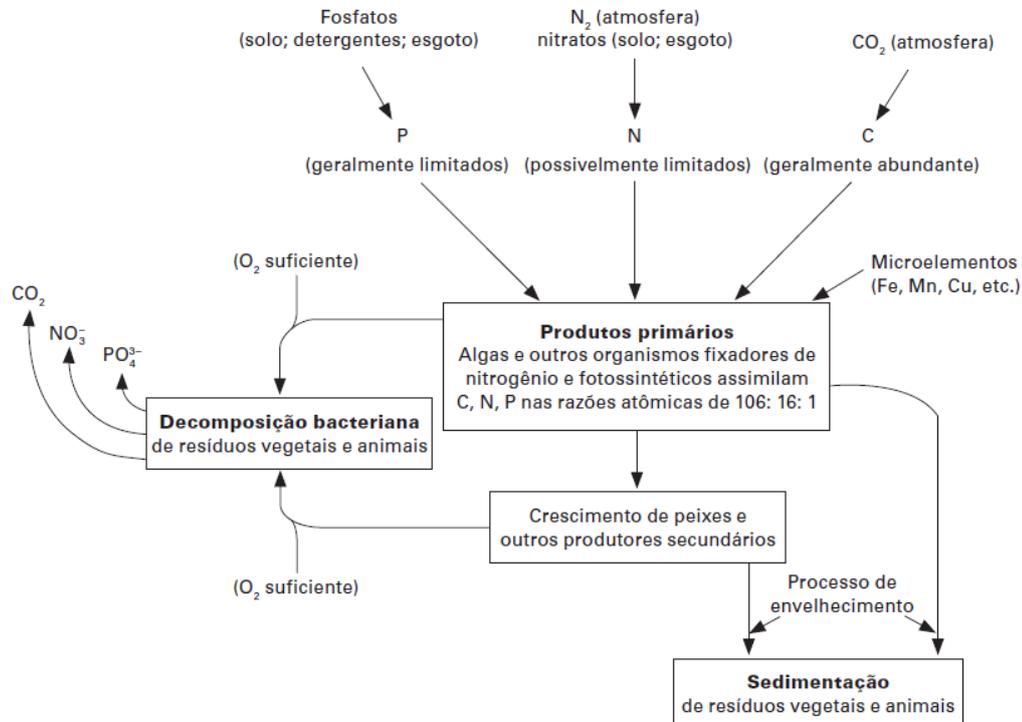
- a) 0.
- b) 5.
- c) 7.
- d) 9.
- e) 14.

12. (ENEM-2011) Belém é cercada por 39 ilhas, e suas populações convivem com ameaças de doenças. O motivo, apontado por especialistas, é a poluição da água do rio, principal fonte de sobrevivência dos ribeirinhos. A diarreia é frequente nas crianças e ocorre como consequência da falta de saneamento básico, já que a população não tem acesso à água de boa qualidade. Como não há água potável, a alternativa é consumir a do rio.

O procedimento adequado para tratar a água dos rios, a fim de atenuar os problemas de saúde causados por micro-organismos a essas populações ribeirinhas é a:

- a) filtração.
- b) cloração.
- c) coagulação.
- d) fluoretação.
- e) decantação.

13. (ENEM-2011) A eutrofização é um processo em que rios, lagos e mares adquirem níveis altos de nutrientes, especialmente fosfatos e nitratos, provocando posterior acúmulo de matéria orgânica em decomposição. Os nutrientes são assimilados pelos produtores primários e o crescimento destes é controlado pelo nutriente limitrofe, que é o elemento menos disponível em relação à abundância necessária à sobrevivência dos organismos vivos. O ciclo representado na figura seguinte reflete a dinâmica dos nutrientes em um lago.



SPIRO, T. G.; STIGLIANI, W. M. **Química Ambiental**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2008 (adaptado).

A análise da água de um lago que recebe a descarga de águas residuais provenientes de lavouras adubadas revelou as concentrações dos elementos carbono (21,2 mol/L), nitrogênio (1,2 mol/L) e fósforo (0,2 mol/L). Nessas condições, o nutriente limitante é o:

- a) C.
- b) N.
- c) P.
- d) CO₂.
- e) PO₄⁻³

14. (ENEM-2009) A economia moderna depende da disponibilidade de muita energia em diferentes formas, para funcionar e crescer. No Brasil, o consumo total de energia pelas indústrias cresceu mais de quatro vezes no período entre 1970 e 2005. Enquanto os investimentos em energias limpas e renováveis, como solar e eólica, ainda são incipientes, ao se avaliar a perspectiva de instalação de usinas geradoras de energia elétrica, diversos fatores devem ser levados em consideração, tais como os impactos causados ao ambiente e às populações locais.

RICARDO, B.; CAMPANILI, M.
Almanaque Brasil Socioambiental.
São Paulo: Instituto Socioambiental,
2007. [Adaptado]

Em uma situação hipotética, optou-se por construir uma usina hidrelétrica em região que abrange diversas quedas-d'água em rios cercados por mata, alegando-se que causaria impacto ambiental muito menor que uma usina termelétrica. Entre os possíveis impactos da instalação de uma usina hidrelétrica nessa região, inclui-se:

- a) a poluição da água por metais da usina.
- b) a destruição do *habitat* de animais terrestres.
- c) o aumento expressivo na liberação de CO₂ para a atmosfera.
- d) o consumo não renovável de toda água que passa pelas turbinas.
- e) o aprofundamento no leito do rio, com a menor deposição de resíduos no trecho de rio anterior à represa.

15. (ENEM-2010) O despejo de dejetos de esgotos domésticos e industriais vem causando sérios problemas aos rios brasileiros. Esses poluentes são ricos em substâncias que contribuem para a eutrofização de ecossistemas, que é um enriquecimento da água por nutrientes, o que provoca um grande crescimento bacteriano e, por fim, pode promover escassez de oxigênio.

Uma maneira de evitar a diminuição da concentração de oxigênio no ambiente é:

- a) Aquecer as águas dos rios para aumentar a velocidade de decomposição dos dejetos.
- b) Retirar do esgoto os materiais ricos em nutrientes para diminuir a sua concentração nos rios.
- c) Adicionar bactérias anaeróbicas às águas dos rios para que elas sobrevivam mesmo sem o oxigênio.
- d) Substituir produtos não degradáveis por biodegradáveis para que as bactérias possam utilizar os nutrientes.
- e) Aumentar a solubilidade dos dejetos no esgoto para que os nutrientes fiquem mais acessíveis às bactérias.

16. (ENEM-2010) Todos os organismos necessitam de água e grande parte deles vive em rios, lagos e oceanos. Os processos biológicos, como respiração e fotossíntese, exercem profunda influência na química das águas naturais em todo o planeta. O oxigênio é ator dominante na química e na bioquímica da hidrosfera. Por causa de sua baixa solubilidade em água (9,0 mg/L a 20°C) a disponibilidade de oxigênio nos ecossistemas aquáticos estabelece o limite entre a vida aeróbica e anaeróbica. Nesse contexto, um parâmetro chamado Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) foi definido para medir a quantidade de matéria orgânica presente em um sistema hídrico. A DBO corresponde à massa de O₂ em miligramas necessária para realizar a oxidação total do carbono orgânico em um litro de água.

BAIRD, C. **Química Ambiental**. Ed.

Bookmam, 2005 (adaptado).

Dados: Massas molares em g/mol: C = 12; H = 1; O = 16.

Suponha que 10 mg de açúcar (fórmula mínima CH₂O e massa molar igual a 30 g/mol) são dissolvidos em um litro de água; em quanto a DBO será aumentada?

- a) 0,4 mg de O₂/litro
- b) 1,7 mg de O₂/litro
- c) 2,7 mg de O₂/litro
- d) 9,4 mg de O₂/litro
- e) 10,7 mg de O₂/litro

6. GABARITO COMENTADO

1. Letra B.

As atividades humanas causam modificações principalmente na qualidade das águas, além da quantidade, através da grande utilização deste recurso. A qualidade é afetada por meio de esgotos gerados que são lançados em cursos d'água sem o devido tratamento, gerando a poluição hídrica. Ocorre também a contaminação de águas subterrâneas devido à infiltração de águas poluídas pelo solo atingindo o lençol freático.

2. Letra D.

O texto destacou que existem nas três regiões certos graus de agentes poluidores que acabam afetando a qualidade da água. A região III é característica de atividade agrícola e industrial, pois o uso de água para irrigação indica atividades agrícolas, a poluição da água por resíduos de esgoto doméstico e industrial também confere a região atividades industriais, como o texto declara que a qualidade da água desta região está comprometida com agentes poluidores, isto sugere pouco tratamento da água.

3. Letra D

De acordo com o texto da questão, o cloro e o hipoclorito de sódio reagem com a lignina residual, levando a formação de compostos organoclorados, estes não são biodegradáveis e estão presentes na água industrial, despejada em grande quantidade nos rios. Portanto o tratamento desta água contaminada antes de retorná-la aos cursos d'água, com o objetivo de promover a degradação destes compostos orgânicos solúveis representa a melhor alternativa.

4. Letra E.

O processo de destilação simples consiste na separação de uma mistura homogênea formada entre um sólido e um líquido. É feito o aquecimento do líquido para a sua ebulição (líquido para vapor) e ao entrar no condensador os seus vapores são resfriados e condensam (vapor para líquido), tal qual como observado no ciclo da água, em que ocorre evaporação (líquido para vapor) da água de rios, mares, lagos, etc. Posteriormente ocorre a condensação destes vapores (formação das nuvens) e na sequência a precipitação (chuva).

5. Letra A.

O volume de água no mar não aumenta devido ao fato de que há um processo contínuo de evaporação e condensação o que compensa a quantidade de água que chega até os rios.

6. Letra A.

De acordo com a resolução da CONAMA 357: água potável é toda aquela que pode ser usada para o consumo humano. Os três tipos de água engarrafada mencionados no texto (mineral, potável de mesa e purificada adicionada de sais) são potáveis, logo podem ser comercializados.

7. Letra B.

No caso de uma estiagem, ou seja, no caso de escassez de água, como relata a questão, seguindo o dispositivo legal, deve-se priorizar a água para o consumo humano, interrompendo, dessa forma, o uso dessa água para a irrigação da lavoura, mesmo que a nascente esteja em uma propriedade privada e que a água apresenta um valor econômico.

8. Letra C.

Com base no enunciado da questão, o aquífero Guarani, não apresenta em toda a sua extensão água potável, em uma parte, apresenta águas de excelente qualidade, outras inacessíveis e no Norte Uruguai, águas com alta salinidade o que tornam o solo mais alcalino, esta água com maior teor de sais não solidifica a 0°C, mais abaixo desse valor por um efeito coligativo denominado crioscopia. Desta

forma para que se possa fazer bom uso da água potável do Aquífero Guarani, é necessário conhecer as partes do Aquífero que disponibilizam esta água.

9. Letra B.

O ciclo da água envolve mudanças de estado físico da água, representa a contínua circulação de água no planeta e indispensável para a vida. O processo inicia com a evaporação de águas superficiais (rios, mares, lagos...) para a posterior condensação, formação das nuvens até a precipitação das chuvas. No momento em que o aquecimento global causa maior velocidade de evaporação, este equilíbrio é afetado, conseqüentemente aumentará a precipitação das chuvas causando danos à sociedade.

10. Letra C.

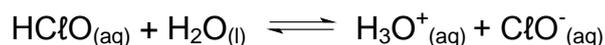
O oxigênio na molécula de água apresenta dois pares de elétrons não compartilhados, estes pares geram repulsões eletrostáticas entre eles e entre os pares eletrônicos compartilhados, esta repulsão entre pares de elétrons faz com que a molécula se tenha a menor repulsão possível entre os pares compartilhados e não compartilhados, conferindo a molécula uma geometria angular. Em razão dessa geometria a molécula de água apresenta um polo negativo (grande densidade de elétrons por causa da maior tendência do oxigênio em atrair elétrons) e polos positivos que serão os hidrogênios.

11. Letra B

De acordo com Le Chatelier: Todo sistema em equilíbrio químico se mantém em estado de equilíbrio, quando houver uma perturbação, o sistema se organiza para anular essa perturbação e estabelecer novamente o estado de equilíbrio. Uma dessas perturbações é quando se altera a quantidade de uma substância presente no equilíbrio. É importante salientar que a substância deve estar em meio aquoso ou em estado gasoso para alterar o estado de equilíbrio.

Quando se retira parte da substância, o sistema se organiza para formar mais dessa substância, deslocando, dessa forma, o equilíbrio no sentido de formação dessa substância. De forma análoga, ao se adicionar uma substância, o sistema se organiza para gastar o que foi adicionado, deslocando, dessa forma, o equilíbrio para o sentido de consumo dessa substância.

A questão é resolvida com base no deslocamento do equilíbrio químico, como a ação desinfetante depende do ácido hipocloroso (HClO), e as equações apresentadas são reversíveis, logo quanto maior for o deslocamento no sentido inverso da segunda equação, maior será a concentração desse ácido no meio. Com base nas alternativas apresentadas, verifica-se que o $\text{pH} = 5$ (meio ácido) desloca o equilíbrio na segunda equação no sentido de formação do ácido hipocloroso.



Com o pH ácido, maior será a concentração de íons hidrônio ou hidroxônio (H_3O^+) deslocando o equilíbrio para o lado oposto ou seja no sentido do ácido hipocloroso, mantendo dessa forma, o ácido na forma não ionizada. Mediante pH alcalino ocorreria o contrário, a concentração de íons H_3O^+ seria neutralizada pelo meio alcalino e o equilíbrio seria deslocado no sentido de formar mais íons H_3O^+ favorecendo, dessa forma, a ionização do ácido. Se o pH fosse zero, seria muito ácido e favoreceria a formação do cloro (Cl_2).

12. Letra B.

Entre as etapas do processo de tratamento de águas para abastecimento público, a cloração (adição de cloro) poderia ser utilizada para a desinfecção ou seja destruição de micro-organismos patogênicos pela produção do íon hipoclorito, garantindo a potabilidade da água à população. Os processos de filtração, decantação e coagulação são tratamentos físicos e químicos para a remoção de impurezas e diminuição da carga orgânica. A fluoretação (adição de flúor) visa a combater a cárie dentária.

13. Letra B

O nutriente limítrofe representa o nutriente presente em menor quantidade necessária para a realização da reação, ou seja: na questão, os produtores primários assimilam carbono, nitrogênio e fósforo em uma determinada proporção, quando um deles terminar, o processo que segue é prejudicado.

As razões atômicas de assimilação dos nutrientes carbono (C), nitrogênio (N) e fósforo (P) são, respectivamente, 106 : 16 : 1. A descarga de águas residuais

provenientes de lavouras adubadas revelou as concentrações dos elementos carbono (21,2 mol/L), nitrogênio (1,2 mol/L) e fósforo (0,2 mol/L).

A razão atômica do fósforo é um, então partindo de **0,2 mol/L** desse nutriente, o carbono é 106 vezes mais, então terá 21,6 mol/L (0,2 mol/L do P X 106 = **21,2 mol/L de C**), o nitrogênio é 16 vezes mais, então terá 1,6 mol/L (0,2 mol/L do P X 16 = **3,2 mol/L de N**).

Sendo a concentração de fósforo na análise da água 0,2 ml/L, as concentrações ideais de carbono e nitrogênio serão, respectivamente, 21,2 mol/L e 3,2 mol/L. O nutriente que se encontra abaixo desse valor é o nitrogênio, logo é o nutriente limítrofe.

14. Letra B.

A vantagem de uma usina hidrelétrica em função de uma usina termelétrica, está na não emissão de gases de efeito estufa, como o caso do gás carbônico (CO₂), pois a hidrelétrica utiliza a energia potencial de uma queda d'água, não utiliza energia proveniente da queima de combustíveis fósseis, óleos ou gás natural. O problema é que para que essa usina seja possível de atuar, o fluxo do rio no qual será usado o potencial hidráulico será alterado, isso afeta sua ecologia aquática, a beleza natural de suas paisagens bem como o *habitat* de animais terrestres que vivem em torno ou nos vales e florestas próximas a esse rio.

15. Letra B.

A escassez de oxigênio na água, conforme explicitado pelo texto, é resultado do processo de eutrofização, ou seja, o aumento dos nutrientes disponíveis na água. Assim, retirar dos esgotos os materiais ricos em nutrientes antes de lançá-los nos rios contribuiria para a preservação destes.

16. Letra E.

A resolução deste exercício envolve a reação de oxidação da fórmula mínima do açúcar, estequiometricamente balanceada:



De acordo com a reação:

30 g de CH_2O ----- 32 g de O_2

10 mg de CH_2O ----- X g de O_2

X = 10,7 mg de O_2 .

O aumento de 10 mg de açúcar requer um aumento de 10,7 mg de O_2 por litro de água.

7. REFERÊNCIAS

AISSE, M. M. **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios por sistemas de flotação**. Disponível: <http://www.finep.gov.br/prosab/livros/ProsabCarlos/Cap-6.pdf>. Acessado em 23/12/2013.

ATKINS, P. JONES, L. **Princípios de Química – Questionando a vida moderna e o meio ambiente**. Porto Alegre, Bookman, 2001.

BAIRD, C.; CANN, M. **Química Ambiental**. 4ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

BRASIL, LEI FEDERAL nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, Política Nacional do Meio Ambiente. Art. 3º, III. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acessado em 8/12/2013.

CAESB: <http://www.caesb.df.gov.br/como-a-agua-e-tratada.html>. Acessado em 12/12/2013.

CETESB, Site: http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/aguas-interiores/variaveis/aguas/variaveis_quimicas/demanda_bioquimica_de_oxigenio.pdf. Acessado em 9/12/2013.

CHERNICHARO, C. A. L. **Princípios do tratamento biológico de águas residuais: Reatores anaeróbios**. V. 5, Belo Horizonte, UFMG, 1997.

CONAMA –SITE: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>

CORSAN – SITE: <http://www.corsan.com.br/node/50>. Acessado em 11 e 12 de dezembro/2013.

FELTRE, R. **Química Geral**. Vol. 1, 7ª Ed, São Paulo, Moderna, 2008.

FIORUCCI, A. R; FILHO, E. B. **A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos**. Química Nova na Escola, nº 22, 2005.

FONSECA, K. <http://www.brasilecola.com/biologia/eutrofizacao.htm>. Acessado em 09/12/2013.

MAIA, A, S. OLIVEIRA, W. De. OSÓRIO, V, K, L. **Da água turva à água clara: o papel do coagulante**. Química Nova na Escola, nº 18, novembro de 2003.

MANAHAM, S. **Química Ambiental**. 9ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

MÓL, G. S.; BARBOSA, A. B; DA SILVA, R. R. **Água dura em sabão mole...** Química Nova na Escola, nº 2, novembro 1995.

REIS, M. **Química Geral**. São Paulo: FTD, 2007.

SABESP: <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=47>. Acessado em 12/12/2013.

SINELLI, P. H. **Remoção de fósforo de efluentes de tratamento anaeróbio por processo físico-químico**. XXVII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Cancún – México, outubro de 2002.

SOLOMONS, G. FRYHLE, G. **Química Orgânica**. Vol. 2, 7º Ed, Rio de Janeiro, LTC, 2002.

TITO, F. M. P, CANTO, E. L. **Química 3 – Química na abordagem do cotidiano**, 4º Ed, São Paulo, Moderna, 2006.

TITO, F. M. P, CANTO, E. L. **Química 1 – Química na abordagem do cotidiano**, 5º Ed, São Paulo, Moderna Plus, 2009.

SPERLING, M. V. **Tratamento biológico de águas residuais**. Vol. 1; 3ª ed. Editora UFMG, Belo Horizonte, 2005.

PEDROZA, M. M. *Et al.* **Produção e tratamento de lodo de esgoto**. Revista Liberato, v. 11, nº 16, Novo Hamburgo – RS, 2010.

PIMENTA, J. S. **Tratamento físico-químico de esgotos e reuso do efluente: cada ideia no seu tempo**. Disponível em: <http://dc146.4shared.com/doc/PSwzx0he/preview.html>. Acessado em 23/12/2013.

ANEXOS

ANEXO A – Objetivos da pesquisa

Objetivo Geral	Objetivos Específicos	Questões	Categorias
Módulos de Educação Ambiental no Ensino Médio	Verificar as concepções dos professores de Ensino Médio sobre Educação Ambiental	<p>O que você pensa sobre Educação Ambiental?</p> <p>Considera este assunto importante para o aluno?</p>	
	Avaliar se os módulos escritos pelo pesquisador apresentam uma boa base teórica para ser utilizado como referência pelo professor	<p>Você acha que as abordagens dos assuntos descritos nos módulos estão apresentadas de forma clara e objetiva?</p> <p>Você utilizaria estes módulos como referência em suas aulas?</p>	
	Verificar a importância do ensino de Educação Ambiental e como os professores abordam estes assuntos durante as suas aulas	<p>Você costuma durante as suas aulas usar abordagens ambientais?</p> <p>Que tipo de abordagem você utiliza para fala sobre um problema ambiental?</p>	
	Avaliar se os módulos apresentam bons exemplos sobre o tema assim como clareza nos experimentos e analogias usadas;	<p>Você usa experimentos em suas aulas?</p> <p>O experimento, analogias e exemplos utilizados no módulo podem ser utilizados em suas aulas?</p>	
	Avaliar se as questões propostas ao final de cada módulo estão de acordo com o interesse dos alunos sobre o conteúdo bem como a resolução do exercício realizada pelo pesquisador.	<p>Sobre as questões propostas a do final de cada módulo: Você acha que a escolha das questões bem como a fonte (ENEM, Universidades....) são compatíveis para melhor compreensão dos assuntos trabalhados?</p> <p>Você acha que a resolução das questões propostas ao final de cada módulo contempla de forma eficiente a resolução e compreensão do exercício proposto?</p>	

ANEXO B – Questionário

- 1) O que você pensa sobre Educação Ambiental?
- 2) Considera este assunto importante para o aluno?
- 3) Você acha que as abordagens dos assuntos descritos nos módulos estão apresentadas de forma clara e objetiva?
- 4) Você utilizaria estes módulos como referência em suas aulas?
- 5) Você costuma durante as suas aulas usar abordagens ambientais?
- 6) Que tipo de abordagem você utiliza para fala sobre um problema ambiental?
- 7) Você usa experimentos em suas aulas?
- 8) O experimento, analogias e exemplos utilizados no módulo podem ser utilizados em suas aulas?
- 9) Sobre as questões propostas ao final de cada módulo: Você acha que a escolha das questões bem como a fonte (ENEM, Universidades....) são compatíveis para melhor compreensão dos assuntos trabalhados?
- 10) Você acha que a resolução das questões propostas ao final de cada módulo contempla de forma eficiente a resolução e compreensão do exercício proposto?

ANEXO C – Validações

Parecer de Validação de Questionário

para pesquisa

Módulos de Educação Ambiental no Ensino Médio

Avaliador: Prof. Dr. Félix Alexandre Antunes Soares

Instituição: UFSM – Universidade Federal de Santa Maria

Data da Avaliação: 26/02/2014

O questionário apresentado apresenta-se de fácil entendimento e acessível na sua linguagem. As questões apresentadas atendem aos objetivos que se propõe o pesquisador. Entretanto a Pergunta “Você usa experimentos em suas aulas?” não parece estar de acordo com o objetivo proposto pois o mesmo seria avaliar o modulo e não a aula do professor.



Prof. Dr Félix A A Soares

Parecer de Validação de Questionário

para pesquisa

Módulos de Educação Ambiental no Ensino Médio

Avaliadora: Prof^a. Dr^a Mara Elisa Fortes Braibante

Instituição: UFSM – Universidade Federal de Santa Maria

Data da Avaliação: 13/03/2014

De acordo com o objetivo geral delineado por esta pesquisa, que é avaliar a utilização de módulos sobre educação ambiental em sala de aula pelos professores de Ensino Médio de diferentes Escolas, acredito que as questões que foram elaboradas para realizar esta avaliação, deverão permitir ao pesquisador deste trabalho, uma categorização para uma análise detalhada das concepções dos professores bem como da viabilidade da aplicação dos módulos pelos mesmos.

Os referenciais teóricos propostos para guiarem a metodologia a ser utilizada na análise dos resultados obtidos, tais como Bardin (2004), Moraes (2006) e pela Estatística Descritiva (Reis, 1998), deverão auxiliar de forma significativa na qualificação dos resultados obtidos.

Desta forma considero o questionário proposto validado para sua aplicação.



Prof^a. Dr^a Mara Elisa Fortes Braibante
Departamento de Química – UFSM

Parecer de Validação de Questionário

para pesquisa

Módulos de Educação Ambiental no Ensino Médio

Avaliadora: Prof^a. Dr^a Maria Rosa Chitolina Schetinger

Instituição: UFSM – Universidade Federal de Santa Maria

Data da Avaliação: 26/03/2014

As questões estão claras e objetivas. Podem ser aplicadas em sala de aula.
O meu parecer é favorável.



Prof^a. Dr^a Maria Rosa Chitolina Schetinger

Departamento de Química – UFSM