

**Redação selecionada e publicada  
pela Olimpíada de Química SP-2010**

**Autor: Wilton Bastos de Jesus**

**Série:** Segunda Ensino Médio

**Prof.** Sandra B. Canda Rodrigues

**Colégio:** Colégio Objetivo Litoral VIII

**Cidade:** São Vicente, SP

**Química Verde: Uma Verdade Conveniente**

Leonardo entra animado. “Bom dia”, é o que diz. Sendo respondido em uníssono pela dúzia de pessoas. Sem mais delonga, escreve na lousa “SUSTENTABILIDADE”, surpreendendo os demais, que esperavam apresentações ou convenções do gênero. Começava ali a “I Escola de Férias de Química Verde”.

Leonardo, inveterado e proeminente químico. Voltou recentemente de uma temporada na Europa, onde participou de eventos sobre química verde, imbuído de planos para a sua pacata cidade. Não se importava com o pequeno número de alunos. Preferia um aluno voluntário a uma centena de alunos coagidos. Suas aulas eram incomuns. Não gostava de parâmetros curriculares e convenções sociais, motivo pelo qual não se tornou professor. Usava sua eloquência para estimular pensamentos. Pensamentos

- Quem me diz que é sustentabilidade?

- Capacidade de se sustentar, se nutrir – Falou Fernando, afobado.

- Exatamente; sustentabilidade é manutenção. Manutenção de que?

- Da natureza, das matérias primas, da vida – era o que se ouvia dos alunos, de tal modo a ser impossível identificar quem falava o quê.

- Sim, de tudo isso, mas, principalmente, do nosso sistema. Tornou-se premente considerar a natureza, pois a destruição dessa significa a destruição do nosso sistema. Primeiramente vamos dar uma idéia geral do que é química verde. Alguém se habilita? Não? Ok. Você, no fundo, leia o que está escrito na lousa.

- “Química Verde é ramo da química que busca metodologias sintéticas mais eficientes quantitativa e qualitativamente, reduzindo danos à natureza e à saúde humana”.

- Trocando em miúdos – interrompeu o professor – a química verde busca a melhor reação com as melhores espécies químicas, a reação ótima, nas condições ótimas, com os produtos ótimos, seja para o meio ambiente, seja para a saúde humana. Alguém sabe quando surgiu a química verde?

- Eu li algo sobre antontem – disse Anna timidamente – parece que surgiu nos EUA e na Europa em torno de 2000, quando várias agências foram criadas nesse sentido.

- Bem, pode-se dizer que há alguma verdade no que disse. Entretanto, o termo Química Verde foi criado um pouco mais cedo, em 1992, por Paul Anastas, sendo que seu livro que abordava o tema só veio a ser publicado anos mais tarde. Aliás, a concepção de uma química mais sustentável já existia há mais tempo, lá para os anos 70. Prova disso é o PETRETEC, sobre o qual falarei mais tarde.

Voltou a escrever no quadro. Lia-se: “1- Prevenção; 2- Eficiência Atômica; 3- Síntese Segura; 4- Desenvolvimento de Produtos Seguros; 5- Uso de solventes e auxiliares seguros; 6- Busca pela eficiência de energia; 7- Uso de fontes de matéria-prima renováveis; 8- Evitar a formação de derivados; 9- Catálise; 10- Produtos Degradáveis; 11- Análise em tempo real para a prevenção da poluição; 12- Química intrinsecamente segura para a prevenção de acidentes”.

- Algum cristão? Não, espero. Conhecem os dez mandamentos, certo? Tal qual ocorre com a religião católica, a química verde também possui seus preceitos. O problema desses 12 mandamentos é que, como ocorre com os do cristianismo, eles podem ou não ser cumpridos. A opção é o problema!

Nova aula, Leonardo pergunta:

- Química verde é a mesma coisa que química ambiental? – na ausência de respostas, para dar fluência à aula, Leonardo prossegue – não, a química ambiental analisa as reações que ocorrem na natureza, causadas pelo homem ou não, observando os mecanismos, as condições que determinam as concentrações das espécies químicas na natureza. Já a química verde analisa as reações químicas realizadas em geral pelo homem, a fim de mitigar as agressões ao meio ambiente. Analisemos, por exemplo, o famigerado caso do Efeito Estufa.

Breve pausa. Todos assimilam as idéias anteriores e preparam-se para novas idéias. Esse era um recurso muito utilizado por nosso professor. Leonardo havia roubado a atenção de todos. O suspense, a curiosidade e um assunto tão freqüente nos telejornais. Leonardo prosseguiu:

- Primeiramente citarei alguns dados numéricos: em torno de 55% da radiação solar é refletida ou utilizada em reações naturais. O resto, 45%, é transformado em movimentos térmicos, ou seja, em calor. Na verdade, a maioria é convertida em onda infravermelha de 4-50  $\mu\text{m}$ . Ocorre que determinados gases da atmosfera retêm parte dessa radiação, e é esse fenômeno que se alcunha “efeito estufa”, o gerenciador da temperatura mundial. Certo, essa analogia é um tanto equívoca, pois uma estufa se comporta de forma um tanto diferente, mas isso não vem ao caso...

- Que gases são esses? – interrompeu Bruno, curioso.

- Calma, já chego lá. Temos o mais relevante, o vapor de água, o dióxido de carbono, o metano, o óxido de dinitrogênio, ou nitroso, o ozônio e até alguns cloro-fluoro-carbonos – uma aluna, Joyce, levantou inconformada, nem esperou a autorização do professor e pôs-se a falar:

- Vapor de água? Mas é uma unanimidade, o dióxido de carbono é o maior culpado. Afinal, ninguém vê em jornais gráficos indicando a emissão de vapor de água por país ou tratados internacionais estipulando a redução da emissão de vapor de água!

- Certo, Joyce. Não se dá tamanha importância para esse gás somente porque se acredita que a concentração do mesmo na atmosfera mantém-se constante. Diferentemente do que ocorre com outros gases. Calcula-se que, com a ação humana, ou antropia, a concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera, até então aproximadamente constante, aumentou 28%; a de CH<sub>4</sub>, mais que dobrou, alcançando o nível mais alto nos últimos 160.000 anos! Em função disso, o CH<sub>4</sub> e o CO<sub>2</sub>, são as maiores preocupações, não a água. Prevê-se um aumento na temperatura global de 0,10-0,15 °C por década...

Alguns dos rapazes riram de forma afetada. Leonardo continuou:

- Conforme os prognósticos para o crescimento demográfico, a emissão de CO<sub>2</sub> tende a aumentar, podendo dobrar brevemente a concentração desse gás na atmosfera em relação ao final do século passado. Apesar da pequena variação de temperatura, os efeitos climáticos são imensos, isso é notório; o nível do mar, por exemplo, aumentaria 0,5 m em menos de 100 anos. Só pra ter uma idéia, na era do gelo mais recente, a temperatura média do mundo era apenas 6°C a menos que a atual. Uma variação de apenas míseros 6°C provocou uma mudança tão acentuada no quadro mundial.

Mais uma pausa; a referência à era do gelo assustou os alunos. O professor, percebendo o desconforto dos demais, saiu da sala para que pudessem conversar, refletir, concluir a partir do espanto. Passados alguns minutos, Leonardo volta:

- Percebam, a análise que acabamos de fazer sobre o efeito estufa está na ótica da Química Ambiental. Observamos os mecanismos que determinam as concentrações das espécies químicas na natureza, no caso na atmosfera. Se analisássemos essa questão na ótica da Química Sustentável, ou Verde, descobriríamos quais as maiores fontes do CO<sub>2</sub> adicional, ou seja, a queima dos combustíveis fósseis e buscaríamos alternativas aos combustíveis fósseis...

- Que há de errado com os combustíveis fósseis? – perguntou Joyce.

- Bem, combustíveis fósseis, mormente o petróleo, o carvão mineral e o gás natural, são a maior fonte de hidrocarbonetos. Ele é oriundo, conforme a teoria mais aceita, do soterramento de matéria vegetal e animal. É, pois, rico em matéria orgânica e, quando alimenta a combustão, libera CO<sub>2</sub>, gás estufa mais preocupante. Além disso, a ordem de grandeza do tempo necessário para se produzir esses materiais é inúmeras vezes maior que a do tempo gasto para consumi-lo. Por essa razão, é chamado de não-renovável, pois é finito e levaria milhares de anos para ser produzido novamente.

Enfim, voltando à química verde, seria função da mesma buscar métodos alternativos e auto-sustentáveis de geração de energia e combustíveis alternativos renováveis que emitissem menos gases estufa por unidade de energia. Temos, por exemplo, a energia hidrelétrica, a

hidráulica, a geotérmica, a termoelétrica, a maremotriz, a das ondas, a nuclear, a eólica, a solar, e combustíveis alternativos como o hidrogênio (obtido da água oceânica por eletrólise), o etanol (oriundo da fermentação da biomassa), o metano (principal componente do gás natural)

- Que é biomassa? – era Miriam, a novata.

- São materiais vegetais que são passíveis de serem queimados para produzirem combustíveis. Lembra quando mencionei o PETRETEC nas últimas aulas? Trata-se de um método mais verde para reciclar PET. PET é uma sigla para polietileno tereftalato (PET), o mais relevante poliéster comercial, um polímero, como o nome sugere. Tal qual a maioria dos plásticos atuais, é oriundo de combustíveis fósseis, fonte não-renovável. Tendo isso em mente, no final da década de 80, criou-se a tecnologia para regeneração de poliésteres (PETRETEC), evitando o descarte de material não-biodegradável e não-renovável. O processo de despolimerização permite a reciclagem de material com um nível muito mais elevado de contaminantes que a reciclagem mecânica existente na época.

Outro exemplo é o processo desenvolvido pelo químico Noyori que consiste num método mais verde para a produção de ácido adípico, principal componente do náilon. O método original era nocivo, pois tinha como subproduto  $N_2O$ , um dos responsáveis pela chuva ácida e pelas falhas na camada de ozônio. O método de Noyori, por sua vez, tem como único subproduto  $H_2O$  e um excelente rendimento de 93%, podendo reduzir em 5-8% a emissão antropogênica de  $N_2O$ .

Mais um exemplo saliente é o tratamento de águas que contém resíduos de tintas que, além de limpar milhares de litros de água, permite a reciclagem do material utilizado no processo. A química verde também tem demonstrado resultados significativos na produção de solventes menos agressivos. Os solventes orgânicos voláteis e os solventes clorados têm sido substituídos por líquidos iônicos,  $H_2O$  quase super-crítica e  $CO_2$  super-crítico, sabidamente menos agressivos.

Finalmente, citarei formas de atenuar os efeitos da emissão de  $CO_2$ . Bombear o  $CO_2$  para o fundo do oceano, onde ocorreria dissolução, formando ácido carbônico e íons bicarbonato seria uma opção. Além disso, o  $CO_2$  poderia ser retirado dos gases de exaustão das usinas de força colocando-os em uma suspensão de silicato de cálcio em água de modo a produzir sólidos inócuos ( $SiO_2$  e  $Ca(HCO_3)_2$ ).

- Novamente o  $CO_2$  – constatou Fernando.

- Sim, claro. O problema do aquecimento global é deveras preocupante. As mudanças climáticas certamente provocarão mudanças drásticas nos ecossistemas que conhecemos, o que obviamente ocasionaria a extinção de inúmeras espécies vegetais e animais. Sem falar nas cidades diretamente afetadas por essas catástrofes, como as litorâneas. Estima-se que para manter constante a atual concentração de  $CO_2$ , teríamos de reduzir já o consumo de combustíveis fósseis à metade.

- Francamente – disse Igor, o niilista menos otimista que conheço, – tenho dinheiro, poderia sempre me mudar para um local pouco afetado. Além do mais, não ligo para o urso polar ou se meu neto ficará sem casa.

- Hum... Renuncio a lógica patética dessa sociedade deturpada e uso a lógica dos grandes homens, o observadores. Somos fundamentalmente egocêntricos, a diferença é que a maioria é hipócrita. É nítido que você desfruta das regalias do capitalismo industrial, ainda que seja dado ao “comunismo”. É nítido, também que possui o complexo estilo de vida do homem contemporâneo, o qual só é viável com o refinamento e consumo dos combustíveis fósseis. Os últimos, como já disse têm fim iminente. Não só eles, mas toda matéria-prima e, pois, todo o sistema está fadado a acabar com as abruptas mudanças climáticas. Digamos que a Terra é um arrimo de família doente, nós somos a família e a química sustentável é a medicina profilática.

- Prefiro dizer que a Terra é um arrimo de família com câncer inoperável com metástase, o homem, e que a química sustentável é a medicina paliativa – a réplica desarmou Leonardo. Ele tinha domínio suficiente das palavras para dissuadir, mas não tinha a capacidade de mentir desse modo, de convencer um aluno sobre algo em que nem ele mesmo acreditava.

- Nos equivocamos. Dialética, forças opostas coexistindo e competindo, reação em cadeia, mudança. Ocorre uma tragédia. Tragédias necessitam culpados. Encontramos: a indústria química. Porém, é um erro culpar um setor, todo sistema é culpado, nós que criamos e mantemos o sistema somos os culpados. Sou otimista. Grandes empresas já adotam metodologias verdes. Tudo bem, o fazem porque a sustentabilidade se tornou um bom argumento publicitário. Mas essa incipiente mudança de paradigma, se fomentada, é positiva. Prestadores de serviço fazendo o bem, por causas tortas confesso, mas fazendo o bem. Minha formação me prepara para indústrias. Estou aqui, educando. Busco crescimento geométrico da minha ideologia. Acredito em vocês. A química verde não é a medicina profilática. Muito menos a paliativa. A química verde é a medicina curativa. Essa é minha verdade conveniente.

### **Bibliografia**

ATKINS, Peter; JONES, Loretta. Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

CORRÊA, Arlene G.; ZUIN, Vânia G. Química Verde - Fundamentos e Aplicações. 1 ed. São Paulo: Edufscar, 2009.

RIBEIRO, M. A . Ecologizar – pensando o ambiente humano, Belo Horizonte: Rona Ed., 1998., 392p.

<http://www.ufpel.tche.br/iqg/wwverde/>. Acesso em: 20 out. 2009

[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422003000100020](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422003000100020) . Acesso em: 21 out. 2009