

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

**Autor: Fillipe Augusto Galeti Mauro**

**Série:** Segunda Ensino Médio

**Profa.** Dra. Luciana Carvalho Serrasqueiro

**Colégio:** Augusto Laranja

**Cidade:** São Paulo, SP

***Química Verde – Uma Amostra de um Gigantesco Potencial***

**I – Da concepção da *Química Verde***

Com o decorrer do século XX, a humanidade começou a contestar diversas de suas estruturas ideológicas e científicas. Nunca um século tanto urgiu por desenvolvimento e, da mesma maneira, expôs as dimensões microscópicas de nosso conhecimento em face de nosso lar, o planeta Terra.

A *Era dos Extremos*, como diria o historiador Eric Hobsbawn<sup>1</sup>, provou que o desenvolvimento científico trouxe (e, diga-se de passagem, ainda traz) liberdade ao homem. Aprendemos a manipular os códigos genéticos dos vegetais que compõe nosso cardápio cotidiano, a combater os microorganismos que tanto reduziavam nosso tempo de vida. Aprendemos uma nova maneira de viver e passamos a viver mais para aprender. A ciência tornou-se, portanto, com o século XX, uma potente arma de combate aos dilemas que afligem diariamente a vida de um cidadão qualquer.

Porém, qual é o preço do desenvolvimento? Jornais, pesquisas, teses, conferências, etc, tem-nos revelado que o valor a ser pago pelo progresso obtido durante os últimos decênios é alto. São milhares as consequências do padrão científico ao qual nos habituamos, muitas delas, extremamente catastróficas. Ao longo dos anos, focamos todas as nossas atenções apenas para o *produto final* de nossas ações, mas ignoramos o processo pelo qual passavam todos os *frutos* do caráter inovador humano. O planeta Terra, ao contrário do que muitos afirmam, não revela sua fúria, mas, sim, apenas reflete os sintomas da enfermidade que semeamos com nossas ânsias de progresso insustentável.

Da moda de “poluir e, então, limpar”<sup>2</sup>, surgem novas diretrizes científicas como o *Empreendedorismo Sustentável* e, é claro, a *Química Verde*.

Embora os EUA sejam tomados como uma nação pouco preocupada com dilemas ambientais e, ao mesmo tempo, grande emissora de gases intensificadores do efeito estufa, o país

---

<sup>1</sup> Alusão à obra de Eric Hobsbawn “A Era dos Extremos”. Em sua dissertação, o autor ressalta o caráter ambíguo do século XX: de inovador a destruidor.

<sup>2</sup> Expressão extraída do site <http://www.ufpel.tche.br/iqg/wwverde/>. Acesso em 17 de outubro de 2009, às 18 horas.

é o primeiro a introduzir a *Química Verde* como estratégia de redução da emissão de substâncias tóxicas à biosfera do planeta. Em pouco tempo, a Química Verde já ganhou repercussão internacional e conquistou a atenção das grandes nações poluidoras do planeta, tais como Japão e grande parte dos países europeus.

Suas propostas vêm como um forte auxílio aos propósitos já consolidados do *Empreendedorismo Sustentável*: prevenir resíduos, maximização da incorporação da massa do reagente ao produto final, maior eficiência perante as necessidades humanas, menor toxidez<sup>3</sup>. Esses são apenas alguns dos objetivos principais de uma pequena seção da Química – pequena para o nosso conhecimento, infinita no que diz respeito às interações da humanidade com o planeta.

Da fértil aliança que se dá entre o *Empreendedorismo Sustentável* e a *Química Verde*, muitas idéias promissoras podem ser cultivadas de maneira a reduzir a agressividade das atividades humanas contra a natureza. No decorrer desta dissertação, serão apresentados dois novos projetos que revolucionam nossas concepções ambientais, e que já ecoam por diversos continentes – ambos relacionados aos princípios básicos propostos pela *Química Verde*.

## **II – Enzimas: a solução para os obstáculos da indústria de óleos e gorduras**

A Nutrição é um ramo do conhecimento humano muito próximo dos desafios da Química e, em especial, da *Química Verde*: presente desde o beneficiamento de matérias-primas até o reconhecimento dos melhores catalisadores e processos enzimáticos para a fabricação de cada produto.

Uma especificidade, no que diz respeito à *Química dos Alimentos*, é o tratamento sustentável de óleos e gorduras por parte da indústria. Como bem se sabe, os triglicerídeos são indispensáveis na alimentação humana, uma vez que não apenas exercem forte papel energético mas também são o veículo de vitaminas lipossolúveis, como o calciferol (D), o tocoferol (E) e, a mais importante para o organismo, o retinol (A). Ao mesmo tempo, a síntese de triglicerídeos se faz extremamente ineficiente e encontra uma série de obstáculos para a obtenção de produtos menos “contaminados”. A indústria de óleos opera utilizando processos altamente caloríficos e, ainda assim, é constantemente obrigada a arcar com técnicas adicionais de purificação: razão direta dos altos gastos de processamento desse ramo.

Uma das soluções apontadas para tornar a indústria de óleos e gorduras mais viável está presente no contexto da Biotecnologia. Os chamados *Processos de Biotransformação* permitiriam o acesso da *Química Verde* a substâncias finais de valor nutricional, aroma e até mesmo cor mais aceitável. Atualmente, é muito disseminado o uso de catalisadores na forma de anticorpos, ácidos

---

<sup>3</sup> Itens adaptados de **Desenvolvimento Sustentável e Química Verde**. Flavia M. Silva; Paulo S. B. Lacerda; Joel Jones Jr. *Química Nova*, 2005, 28, 103.

nucléicos (RNA, por exemplo) e enzimas contidas em células animais, o que promove reações secundárias pouco vantajosas. É muito mais eficiente o uso de tais substâncias em suas formas isoladas. Já se constata que enzimas utilizadas em sua forma pura possuem incrível eficiência catalítica, aumentando a velocidade de uma reação de  $10^8$  a  $10^{12}$  vezes.

Uma das enzimas utilizadas constantemente no ramo de óleos e gorduras é a lipase, responsável pela quebra das ligações de éster de triacilgliceróis. Sua versatilidade catalítica tem sido muito explorada na hidrólise de gorduras e ácidos graxos, reação química essencial em diversos ramos da indústria alimentícia. No caso do processamento de maionese, por exemplo, as lipases hidrolisam os lipídeos do ovo, melhorando sua qualidade de processamento. Em bolos e produtos panificados, o aprimoramento dessa enzima, consequência direta do avanço das técnicas da *Química Verde*, chega a expandir o tempo de prateleira de tais artigos.

O mercado de enzimas ainda é muito limitado, e o número de indústrias que competem entre si nessa área da indústria, em todo o mundo, ainda não alcança a ordem dos milhares. Por outro lado, o interesse nesse ramo é crescente, e a expectativa é de que em poucos anos o mercado sofra uma brusca expansão. Os primeiros resultados dessa expansão seriam obviamente a redução dos custos para o uso industrial de enzimas, o que viabilizaria diretamente um incremento na qualidade de alimentos e produtos originados a partir de óleos e gorduras.

Neste caso específico, a *Química Verde* revela seu gigantesco potencial no que diz respeito ao melhor aproveitamento de reagentes e ao acesso do público consumidor a melhores produtos alimentícios fabricados a partir de lipídeos. Mais além, há ainda a relação com o consumo energético dessa atividade industrial. O uso de enzimas como a lipase para o tratamento de óleos e gorduras permitiria uma gigantesca redução do consumo de insumos energéticos desse setor.

### **III – Economia atômica e catálise heterogênea: menos solventes e maior distinção de produtos tóxicos**

No primeiro item desta dissertação, aponta-se uma meta de extrema importância para os princípios da *Química Verde*: a prevenção de resíduos tóxicos, e, conseqüentemente, o melhor aproveitamento dos reagentes em seus respectivos produtos finais. Em vista de tal objetivo, é conveniente que aqui seja discorrido sobre a chamada *Economia Atômica*, uma área da *Química Verde* relacionada à *eficiência sintética*<sup>4</sup>.

A indústria petroquímica é um dos melhores exemplos para a questão. Do refino do petróleo resulta uma série de efluentes ricos em hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos – compostos que, em sua grande maioria, promovem profundos desequilíbrios ecológicos quando despejados inadequadamente no meio ambiente. A produção anual de insumos petrolíferos alcança a ordem

---

<sup>4</sup> A eficiência de uma reação química em relação a termos quantitativos, qualitativos e energéticos.

das dezenas de milhões de toneladas e constitui também o ramo industrial em que a massa de dejetos tóxicos obtidos mais se aproxima da massa dos produtos a serem comercializados.

Logo, como, em uma reação comum ( $A + B \rightarrow C + D$ ), podemos obter o composto C, por exemplo, minimizando a obtenção do composto D? Essa é a demonstração básica do verdadeiro desafio que transcende à *Economia Atômica*.

Um dos processos cogitados para alcançar tal resultado é a *Catálise Heterogênea*, em que um metal de transição ou seus óxidos são utilizados como meio de se abrandar reações e evitar ao máximo o uso de solventes, facilitando, ainda, a separação dos produtos finais e a reciclagem do catalisador.

Ainda sobre o ramo petroquímico, já é muito comum o uso de fragmentos de platina como modo de “economizar os átomos” da reação de quebra das ligações de hidrogênio. O mesmo ocorre com o ferro e o rutênio na obtenção de amoníaco ( $NH_3$ ), amplamente aplicado na fertilização de grandes latifúndios. Em ambos os casos, parte dos reagentes são absorvidos pelos fragmentos metálicos e, dessa maneira, torna-se mais nítida a distinção dos produtos da reação, e mais fácil a separação de tais compostos.

O uso dessa variedade de catalisadores no modelo proposto pela *catálise heterogênea* adequa-se com a filosofia da *Química Verde* no momento em que facilita a separação dos produtos finais e, conseqüentemente, viabiliza uma redução de efluentes tóxicos despejados ao meio ambiente. A *catálise heterogênea*, em outras palavras, é a chave para aplicar com eficiência a *Economia Atômica* em um contexto de economia no uso de solventes e melhor separação do que pode ser considerado tóxico ou não a determinado ecossistema.

#### **IV – Conclusões**

A humanidade alcançou um ponto, em que o grande desafio se tornou encontrar a melhor opção (de muitas) para o desenvolvimento. Receita ou responsabilidade social? Lucro ou cuidados com o planeta? Esses tipos de dilemas tomarão proporções ainda maiores com o decorrer dos anos, e a mais provável das tendências é a de que procuremos os caminhos da ciência que nos levem ao debate de tais questões.

Pode-se facilmente classificar a *Química Verde* como uma dessas áreas “diplomáticas” da ciência. Ela busca por meio da criatividade e da genialidade humana a solução para os conflitos gerados entre as necessidades naturais de nosso planeta e a ânsia de progresso pela qual caminhamos. Nesse contexto, é conveniente que se mencione a célebre citação do poeta grego Eurípedes: “Tudo é mudança; tudo cede o seu lugar e desaparece.”

Da mesma maneira como Eurípedes propõe a verdadeira definição de progresso, a *Química Verde*, em conjunto com outros diversos ramos inovadores da ciência, será, no futuro, uma

metáfora perfeita para a *mudança*, e, ao mesmo tempo, para os momentos finais e o consequente *desaparecimento* de uma Química pouco preocupada com nosso único lar: o planeta Terra.

## V – Referência Bibliográfica

V.i - M. Silva; Paulo S. B. Lacerda; Joel Jones Jr. **Desenvolvimento Sustentável e Química Verde**. 28.ed. Química Nova, 2005.

V.ii – DUPONT, Jairton. **Economia de Átomos, Engenharia Molecular e Catálise Organometálica Bifásica: Conceitos Moleculares para Tecnologias Limpas**. 23.ed. Química Nova, 2000.

V.iii – CASTRO, Heizir F.; MENDES, Adriano A.; SANTOS, Júlio C.; AGUIAR, Cláudio L. **Modificação de Óleos e Gorduras por Biotransformação**. 27.ed. Química Nova, 2004.

V.iv - HALSALL, Paul. **Ancient History Sourcebook: 11th Britannica**: Eurípedes.

V.v - <http://www.ufpel.tche.br/iqg/wwverde/>. Acesso em 17 de outubro de 2009, às 18 horas.

V.vi - <http://www.ufpel.tche.br/iqg/wwverde/index.htm>. Acesso em 31 de outubro de 2009, às 15 horas.