

QUÍMICA VERDE: Desafios do Futuro

Andrielly França da Silva

Graduanda em Engenharia Química,
Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

Jéssica Sampaio Ramos

Graduanda em Engenharia Química,
Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

Letícia Fernandes Gonçalves

Graduanda em Engenharia Química,
Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

Aline Féboli

Química, Mestre e Doutoranda em Ciência dos Materiais – UNESP;
Docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

Ricardo da Silva Ferreira Junior

Doutor em Química – UFMS
Docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

RESUMO

A química verde é um segmento da química que busca processos alternativos que gerem menos poluição e resíduos, apresentem uma alta eficiência energética, preze pelo uso de matérias-primas renováveis e forneçam produtos biodegradáveis e seguros para a sociedade e o meio ambiente. Neste artigo são discutidos os 12 princípios da Química Verde, bem como, a preocupação com o meio ambiente, em especial, com o uso excessivo de polímeros utilizados diariamente. Portanto, os princípios discutidos corroboram para o desenvolvimento e uso de polímeros verdes que minimizam o efeito poluidor dos plásticos no meio ambiente, além de contribuir para a segurança dos processos industriais.

PALAVRAS-CHAVE: química verde; doze princípios; polímeros.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a indústria química vem adquirindo notoriedade nos cenários nacional e internacional, não só pela sua abundância no mercado, mas também pela sua inovação e condutas para minimizar os prejuízos gerados ao meio ambiente, à sociedade e ao desenvolvimento sustentável. Devido à indústria química, graves problemas ambientais vêm ocorrendo no mundo e praticamente todas as convenções entre chefes de Estado possuem em sua pauta assuntos relacionados à redução de emissões ou o controle da degradação de reservas ambientais (LENARDÃO et al., 2003).

Por isso, com a necessidade de um contínuo crescimento socioeconômico e ambiental sustentável, tornou-se vital uma nova conduta química, para o

melhoramento de técnicas e metodologias, como a redução de resíduos e efluentes tóxicos. Eis então que surge um novo conceito, a química verde (BOSCHEN et al., 2003). Esta filosofia, conhecida como química sustentável, pode ser definida como a criação, o desenvolvimento e a aplicação de produtos e processos químicos que buscam a redução ou eliminação do uso e da geração de substâncias perigosas. Em 1993, é aceita pela *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC) (ANASTAS et al., 2000). Porém, essa definição fundamental da química verde entrou em vigor na última década do século XX. E logo após a publicação da lei de prevenção à poluição do EUA, em 1991, a agência ambiental norte-americana (*Environmental Protection Agency*) promoveu o programa “rotas sintéticas alternativas para prevenção de poluição”. Conseqüentemente, em 1993, houve a expansão e renomeação deste programa, que a partir de então adotou oficialmente o nome de Química Verde (HORTON, 1999).

Em 1997, foi criado o instituto de química verde (*Green Chemistry Institute*), que desde 2001, tem parceria com a sociedade americana de química (*American Chemical Society*). Após essa criação, vários outros eventos ocorreram para a evolução da química verde.

No Brasil, os conceitos da química verde começaram a ser difundidos mais recentemente, seja no meio acadêmico, governamental ou industrial, onde questões ambientais passaram a ter uma influência mais efetiva no dia a dia da sociedade (SANSEVERINO, 1999). Como por exemplo, contínuos vazamentos de óleo combustível e petróleo, as queimadas na floresta amazônica, a má qualidade do ar nas grandes cidades, geralmente no inverno, o efeito estufa, e a contaminação de rios e lagos com esgoto doméstico e industrial.

Seguindo este contexto, o Estado de São Paulo, por meio da Lei nº 997 de 31 de maio de 1976, aprovada pelo decreto no. 8.468, assinado pelo governador do estado de São Paulo, Paulo Egydio Martins, criou um órgão responsável pelo estabelecimento e execução de planos de prevenção e controle da poluição conhecido como Companhia Estadual de Tecnologia e Saneamento Básico e de Defesa do Meio Ambiente (CETESB).

De acordo com a companhia, pode ser apresentado o desenvolvimento de condutas que proporcionam a redução de desperdícios e da quantidade de resíduos gerados por processos e produtos. Isto acarreta à redução de poluentes descartados

no ambiente atmosférico, terrestre e oceânico, a conservação de recursos naturais, e a diminuição ou eliminação de substâncias tóxicas (MENDES et al., 2017).

Por outro lado, apenas algumas universidades e indústrias brasileiras vêm se atentando ao gerenciamento e tratamento dos resíduos gerados em seus laboratórios de ensino e pesquisa (JARDIM, 1997).

2 OBJETIVOS

O objetivo do presente trabalho é entender alguns princípios e utilizações fundamentais para a busca pelo aprimoramento de processos industriais mais limpos, seguros e sustentáveis tanto para o meio ambiente quanto para a humanidade.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente artigo foi elaborado através de artigos científicos utilizando-se das bases de dados eletrônicas como o *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), onde foi possível estabelecer um plano de leitura sistemática sobre os artigos selecionados para estudo da temática foram alvo de leitura, fichamento e discussão, dando início à elaboração do artigo. Quanto aos procedimentos metodológicos, cabe destacar inicialmente que este artigo utilizou como critério as literaturas de maior significância ao tema tratado. Após definido o referencial teórico, ocorreu o fichamento, citação e identificação das fontes consultadas. Na sequência os temas selecionados foram discutidos, produzindo o texto inicial, com base em leitura analítica, apreensão do conteúdo e interpretação. O confronto de ideias tornará possível confirmar ou refutar hipóteses iniciais.

4 OS DOZE PRINCÍPIOS

As metodologias de aplicações da Química Verde se baseiam nas suas principais diretrizes conhecidas como os doze princípios, propostos por Paul Anastas e John Warner, que visam à busca de processos industriais cada vez mais limpos, seguros e sustentáveis tanto para o meio ambiente quanto para a humanidade.

4.1 Prevenção

É de suma importância a prevenção da formação de resíduos do que tratá-los sucessivamente (PRADO, 2003).

4.2 Economia de Átomos

Os procedimentos sintéticos devem ser avançados para que disponha a maximização na incorporação de todos os materiais de partida no produto final (DUPONT, 2000).

4.3 Sínteses com Compostos de Menor Toxicidade

Em todo caso possível deve-se representar compostos de alta toxicidade por compostos de menor toxicidade nas reações químicas para preservar dados ao meio ambiente e a saúde humana (PRADO, 2003).

4.4 Desenvolvimento de Compostos Seguros

Os produtos químicos deverão ser desenvolvidos para possuírem a função desejada, apresentando a menor toxicidade possível (PRADO, 2003).

4.5 Diminuição de Solventes e Auxiliares

A aplicação de substâncias auxiliares (solventes, agentes de separação, etc) poderá ser evitado sempre que possível, ou quando usado dar a destinação adequada para o seu descarte, ou de preferência serem inócuas (PRADO, 2003).

4.6 Eficiência Energética

As técnicas sintéticas necessitam ser conduzidas sempre que disponível à pressão e temperatura ambientes, capaz de diminuir a energia gasta no decorrer de um processo químico que corresponde a um impacto econômico e ambiental (PRADO, 2003).

4.7 Uso de Substâncias Renováveis

Faz-se indispensável priorizar, quando técnica e economicamente praticável, a aplicação de matérias primas renováveis. A síntese de qualquer produto estabelece com a seleção dos materiais de partida e, em muitos casos, esta preferência pode ser o fator mais significativo a determinar o impacto ambiental de um dado processo de manufatura (ALLEN et al., 2001).

4.8 Redução de Derivativos

A derivatização (técnica utilizada para transformar produtos de estruturas semelhantes em outros, normalmente de um grupo funcional) deverá ser minimizada ou ignorada quando possível, pois estes passos reacionais requerem reagentes adicionais e, portanto, podem produzir subprodutos indesejáveis (PRADO, 2003).

4.9 Catálise

Os reagentes catalíticos, tão seletivos quanto provável, são superiores aos reagentes estequiométricos. Em geral, as sínteses catalíticas, devido à elevada seletividade, são mais eficazes, limpas e econômicas, proporcionando a reutilização do catalisador, uso de matérias primas renováveis ou a redução da capacidade de reagentes (SHULTZ et al., 2007).

4.10 Desenvolvimento de Compostos Degradáveis

Idealmente, deve-se dar origem a compostos que sejam degradados a produtos inócuos, logo após cumprirem a sua função. Dentre os princípios da Química Verde, o melhoramento de materiais seguros, menos tóxicos e persistentes, mais seletivos e hábeis, é capaz de ser verificado para várias classes de compostos, desde pesticidas, corantes, polímero e até surfactantes (PRADO, 2003).

4.11 Análise em Tempo Real para Prevenção da Poluição

Os procedimentos analíticos precisam ser avançados para facilitar o monitoramento do método em tempo real, para controlar a formação de compostos tóxicos (PRADO, 2003).

4.12 Química Segura para Prevenção de Acidentes

A seleção das substâncias aplicadas em processo deve ocorrer de modo a minimizar potenciais acidentes químicos, como: vazamentos, explosões e incêndios. Além do perigo decorrente da toxicidade, outras propriedades de uma dada substância, tais como a explosividade, corrosão ou inflamabilidade, devem ser notáveis quando um produto ou processo são desenvolvidos (ANASTAS et al., 2000).

5 UTILIZAÇÃO DE POLÍMEROS VERDES

O termo polímero originou-se do grego poli: muitos/ mero: unidade de repetição, sendo ele considerado uma macromolécula composta por várias unidades de repetições denominadas meros, em que são ligadas por ligações covalentes. A polimerização é uma reação em que moléculas se misturam quimicamente, e através disso que nota-se o aumento da preocupação com o impacto ambiental, criando assim os chamados “polímeros verdes”. Entretanto, ao utilizar a expressão polímero verde, estaremos nos referindo aos polímeros que outrora eram sintetizados a partir de matéria-prima proveniente de fontes fósseis, mas que, devido a avanços tecnológicos, passaram também a serem sintetizados a partir de matéria-prima proveniente de fontes renováveis. Alguns dos exemplos desses polímeros verdes que preservaram as mesmas características dos polímeros obtidos de fontes fósseis são: o polietileno verde (PE verde) e o policloreto de vinila verde (PVC verde).

No Brasil, o primeiro polietileno verde foi produzido a partir do etanol da cana-de-açúcar. Essa tecnologia foi desenvolvida no Centro de Tecnologia e Inovação da Braskem, empresa brasileira atuante no setor petroquímico, sendo certificado pelo beta Analytic, um dos principais laboratórios internacionais, como uma matéria-prima 100% renovável. E assim como o PE verde, o policloreto de vinila verde é também produzido a partir do etanol de cana-de-açúcar. Sendo a Solvay Indupa, multinacional belga, a empresa brasileira responsável por sua produção.

A elaboração dos polímeros verdes, além de consumir CO₂ da atmosfera, também restringe a dependência de matérias primas de origem fóssil para invenção de produtos plásticos. A força mundial de diminuições das emissões de CO₂ na atmosfera tem provocado uma demanda no mercado por plásticos de origem vegetal. O PE e o PVC verde podem colaborar consideravelmente para a redução do efeito estufa. Devido aos polímeros verdes apresentarem características correspondentes às dos polímeros convencionais, suas aplicabilidades são as mesmas da resina proveniente do petróleo.

O polietileno é utilizado na produção de caixas, artigos de higiene pessoal, garrafas, sacolas plásticas, componentes automotivos e entre vários outros componentes. Depois do final de sua vida útil, os produtos verdes podem ser reciclados, utilizados novamente ou enviados para sistemas de reciclagem

energética, com a fundamental vantagem de produzir emissão neutra de carbono porque o CO₂ liberado veio originalmente da atmosfera e será novamente conquistado pela cana-de-açúcar na próxima safra (BRITO et al., 2011).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A química verde busca a conscientização ambiental e alternativas sustentáveis que minimizem os impactos socioambientais futuros. Sinônimo de inovação, seus princípios são prévias de um futuro promissor para o planeta, uma vez que seguidos propiciam maior segurança nos processos industriais, produtos inertes, ou no mínimo menos agressivos ao meio ambiente. Além disso, esta filosofia colabora para inibir impactos ecológicos pois a substituição de produtos mais tóxicos por produtos não tóxicos e a eliminação de subprodutos evita, gradativamente, a contaminação em caso de acidentes industriais.

Conseqüentemente, os recursos naturais se tornam mais preservados uma vez que um dos princípios é a economia de átomos, que otimiza o processo produtivo com elevada eficiência energética e máxima conversão de reagentes em produtos.

REFERÊNCIAS

ALLEN, D. T. et al. "Green engineering: environmentally conscious design of chemical processes". *AIChE Journal*, Nova Iorque, v. 47, p. 1906-1910, 2001.

ANASTAS, P. T. et al. "Green Chemistry; theory and practice". Oxford University Press, Nova Iorque, maio, 2000.

BOSCHEN, S. et al. "Sustainable Chemistry; starting points and prospects". *Naturwissenschaften*, Alemanha, v. 90, p. 93, 2003.

BRITO, G. F. et al. "Biopolímeros, polímeros biodegradáveis e polímeros verde". *Materiais e Processos*, Campina Grande, v. 6, p. 127-139, 2011.

DUPONT, J. "Economia de Átomos, Engenharia Molecular e Catalise Organometálica: conceitos moleculares para tecnologias limpas". *Química Nova*, Porto Alegre, v. 23, p. 825-831, 2000.

HORTON, B. "Green chemistry puts down roots". *Nature*, v. 400, p. 797, 1999.

JARDIM, W. F. “Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa”. Química Nova, Campinas, v. 21, p. 671,1997.

LENARDÃO, J. E. et al. "Green chemistry" - Os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. Química Nova, São Paulo, v. 26, p. 123-129, 2003.

MENDES, S. R. et al. “A química verde no Brasil”. WWVerde. 2017. [acessado em 23/09/2017]. Disponível em <http://wp.ufpel.edu.br/wwverde/a-quimica-verde-no-brasil/>.

PRADO, A. G. S. “Química Verde: os desafios da química do novo milênio” Química Nova, Brasília, v. 26, p. 738-744, 2003.

SANSEVERINO, A. M. “Síntese orgânica limpa”. Química Nova, Rio de Janeiro, v. 20, p. 102, 1999.

SHULTZ, C. S. et al. “Unlocking the potential of asymmetric hydrogenation at Merck”, Accounts of Chemical Research. Nova Jersey, v. 40, p. 1320-1326, 2007.