



# Química

## a serviço da HUMANIDADE

Luciana Almeida Silva e Jailson B. de Andrade

Este texto discute o papel da Química na melhoria da qualidade de vida e conforto da população e estabelece ligações entre o primeiro Caderno Temático dedicado à Química Ambiental, publicado em 2001, e este volume. Os temas abordados são relevantes à compreensão das constantes transformações que ocorrem no planeta, envolvendo um ciclo que abrange os três grandes compartimentos do globo terrestre: atmosfera, hidrosfera e litosfera.

► química, qualidade de vida, cadernos temáticos ◀

3

**A** Química, de forma ampla, pode ser definida como o ramo da ciência dedicado à **observação, transformação e construção**, pois o trabalho do Químico geralmente inclui a observação e/ou determinação da estrutura ou composição de espécies químicas presentes nos seres vivos, no ambiente e nos materiais, bem como a transformação e construção de novas moléculas.

Tradicionalmente, a Química compreende quatro divisões didáticas: Química Analítica, Química Inorgânica, Química Orgânica e Físico-Química que, atualmente, estão em crescente desuso. Novas sub-áreas temáticas estão emergindo e representam de forma ampla os principais focos atuais da Química. Por exemplo, a Química dos Materiais, Química Medicinal e Química Ambiental são divisões interdisciplinares, bastante abrangentes, e englobam, majoritariamente, os diversos campos de estudo e os desafios contemporâneos da química.

No Quadro 1 estão representadas

algumas das principais missões da Química, que demonstram a importância desta área do conhecimento para a humanidade. O século passado presenciou o maior aumento na expectativa de vida do ser humano, que saltou de cerca de 40 anos para aproximadamente 70 anos, e parte significativa deste salto foi devido aos avanços da química. Entretanto, uma parcela significativa dos atuais seis bilhões de habitantes do planeta não têm acesso a alimentos em quantidade e qualidade adequadas. Também, cerca de 1 bilhão de pessoas não têm acesso a água potável de boa qualidade e 1,3 bilhão vivem em locais em que a qualidade do ar é imprópria. Vale ressaltar que os danos ao ambiente e a preocupação com a questão ambiental não são tão atuais. Na Roma Antiga, atividades como curtumes, matadouros, lavande-

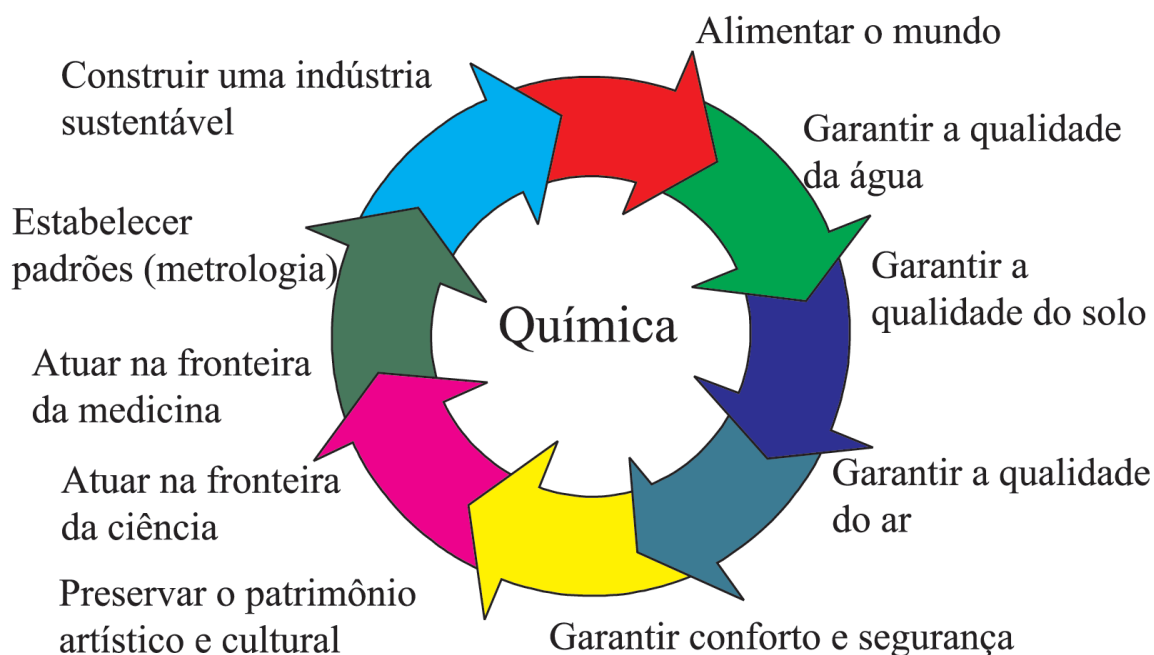
rias e fabricação de azeite, só eram permitidas em locais desabitados e, na Grécia Antiga, era exigida autorização especial para a construção de curtumes e fundições de prata.

A química ambiental é uma das áreas da ciência que mais tem crescido nas últimas décadas. Ela procura entender a composição e o comportamento do solo, da água e do ar, quais as interações complexas entre esses sistemas, como eles são influenciados pelas atividades humanas e quais são as suas conseqüências. Os conhecimentos acumulados com esses estudos têm contribuído de forma significativa na prevenção e correção de problemas ambientais,

por exemplo, pela produção de plásticos (usados em embalagens e utensílios) que se degradam facilmente no ambiente, a descoberta de produtos usados como propelentes e em sistemas de refrigeração que não danificam

**A Química, de forma ampla, pode ser definida como o ramo da ciência dedicado à observação, transformação e construção.**

# Química a Serviço da Humanidade



4

a camada de ozônio e a reciclagem de materiais como metais, plásticos, papel e borrachas. Esses novos procedimentos e iniciativas, comumente chamados de “Química Verde”, têm como foco desenhar produtos e processos que reduzam ou eliminem o uso e a produção de substâncias danosas ou perigosas à saúde humana e ao ambiente. Os conhecimentos gerados também podem servir de guia para mudanças no comportamento humano, esclarecendo a sociedade sobre os riscos ambientais que certos produtos e atitudes oferecem e a possibilidade de substituí-los por outros menos nocivos.

Entretanto, a segurança do ambiente não é um problema local ou pontual e exige esforços concentrados de todo o planeta. A geoquímica tem feito muitos progressos no entendimento da química da terra e seus componentes, incluindo rios, lagos e oceanos. Muitos desses envolvem teorias fundamentais como a termodinâmica, mas em escala muito maior que a

molecular. A química da atmosfera tem, também, contribuído bastante para elucidar com detalhes várias questões ambientais, como a depleção da camada de ozônio, o aquecimento global e o “seqüestro” de carbono. Na década de 1970 surgiu a primeira pista de que os compostos genericamente denominados

de CFCs (do inglês chlorine-fluorine-carbon) podiam estar destruindo a camada de ozônio, localizada na estratosfera, e que protege a Terra dos raios solares ultravioleta que, entre outras ações, são cancerígenos. Por ironia, os CFCs foram especialmente escolhidos pelos cientistas da Du Pont™, para uso em refrigeração e como propelentes, por serem inertes. Entretanto, esses gases são levados à estratosfera superior e, nessa altitude, a intensa luz ultravioleta do sol pro-

move a quebra de ligações liberando os átomos de cloro, que atuam como iniciadores de reações em cadeia. Esse processo foi elucidado por Paul Crutzen, Mario Molina e Sherwood Rowland que, em 1995, receberam o Prêmio Nobel de Química. Embora os Estados Unidos tivessem banido o uso desses compostos desde 1976, o mundo precisou de mais de uma década para abrir os olhos para este problema, quando, em 1985, cientistas descobriram um buraco potencialmente catastrófico na camada de ozônio. Essas descobertas levaram a Organização das Nações Unidas (ONU) a re-

dirigir o Protocolo de Montreal, em 1987, com ajustes e emendas posteriores, adotando medidas preventivas para regulamentar o total das emissões mundiais de substâncias (CFCs e halons) que deterioram a camada de ozônio, em função da evolução dos conhecimentos científicos e tendo em conta considerações técnicas

**Novas sub-áreas temáticas estão emergindo e representam de forma ampla os principais focos atuais da Química.**

**Química Verde tem como foco desenhar produtos e processos que reduzam ou eliminem o uso e a produção de substâncias danosas ou perigosas à saúde humana e ao ambiente.**



e econômicas. O objetivo era reduzir em 50% a produção e consumo dessas substâncias até 1999, em relação aos níveis calculados de produção e consumo de 1986, com o objetivo final de eliminá-las, o que de fato ocorreu.

A interação de gases como o  $\text{CO}_2$  com a terra e a água também é objeto de estudos da química do ambiente. O dióxido de carbono produzido principalmente pela respiração de plantas e animais e queima de combustíveis também é fixado no processo de fotossíntese. Embora a molécula de  $\text{CO}_2$  seja aparentemente ino-

fensiva, os níveis crescentes desse e de outros gases em nível de traços na atmosfera têm provocado um aumento global da temperatura, conhecido como efeito estufa. A temperatura da superfície da Terra é governada pelo balanço da luz solar incidente que é refletida de volta ao espaço e a que é retida pela conversão em energia térmica. Os gases estufa absorvem parte da radiação infravermelha e impedem sua transmissão de volta ao espaço, o que provoca mudanças neste balanço e pode afetar a temperatura global. Outros gases, como o vapor d'água, também contribuem para o efeito estufa, mas o  $\text{CO}_2$  é particularmente importante porque o aumento dos níveis deste gás na atmosfera está relacionado à atividade humana. Na Conferência da ONU sobre mudanças climáticas, realizada em Quioto, Japão, em dezembro de 1997, 39 países desenvolvidos firmaram o compromisso de adotar um protocolo segundo o qual os países industrializados reduziriam suas emissões combinadas de gases de efeito estufa (dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hidrofluorcarbonos, perfluorcarbonos, hexafluoreto de enxofre) em pelo menos 5% em relação aos níveis de 1990, até o período entre 2008 e 2012. Ficou acordado que cada Parte do Protocolo deveria adotar políticas nacionais e medidas correspondentes para atenu-

ar a mudança do clima, limitando suas emissões antrópicas, protegendo e aumentando os sumidouros e reservatórios desses gases. O Protocolo prevê também a criação de MDL (Mecanismos de Desenvolvimento Limpo), que consiste na possibilidade de um país industrializado financiar projetos ambientais em países em desenvolvimento, como forma de cumprir parte de sua meta de redução de emissões. O compromisso promete reverter a tendência histórica de crescimento das emissões nesses países, iniciada há 150 anos. No entanto, o Protocolo de Quioto teve metas muito mais

modestas que o Protocolo de Montreal. Enquanto o Protocolo de Montreal previa proibição total da produção dos CFCs, o Protocolo de Quioto pedia apenas a estabilização, ou cortes relativamente pequenos, das emissões dos gases estufa, que não foi acatado pelos principais responsáveis por essas emissões, como os Estados Unidos.

É muito pouco provável que a maior parte da produção de energia nas próximas décadas seja outra senão a queima de combustíveis fósseis. O “sequestro” de carbono, que é uma tentativa de reter o dióxido de carbono depois da combustão em um lugar seguro, talvez seja uma das alternativas para contornar os problemas causados pelo excesso de emissões.

Os Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola abordam temas atuais da Química com o objetivo de permitir o acesso dos professores que atuam nos níveis de ensino fundamental e médio, a bibliografia atualizada em língua portuguesa sobre temas selecionados. A primeira série de Cadernos produzida em 2001, abordou te-

mas relacionados com os materiais, a vida e o ambiente.

O primeiro número da série de Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola dedicado à química ambiental contém cinco artigos que abordam temas relevantes à compreensão das inúmeras transformações pelas quais a Terra vem passando, ao longo dos aproximados 4,5 bilhões de anos de existência, e os impactos decorrentes do surgimento da vida no nosso planeta, principalmente aqueles resultantes de atividades antrópicas, agravados nas últimas décadas.

No artigo “A evolução da atmosfera terrestre”, W. F. Jardim fez um paralelo entre a termodinâmica e o conceito de vida. Dentro de uma concepção química abrangente de vida, planetas vizinhos à Terra, como Marte e Vênus, são considerados estéreis por conta de suas atmosferas encontrarem-se em equilíbrio termodinâmico; ao passo que a atmosfera terrestre está muito distante deste equilíbrio, coexistindo espécies oxidantes poderosas com um elevado número de espécies reduzidas em constantes transformações. Ambas as formas resultam principalmente de processos biológicos, ou seja, da vida. E foi o surgimento da vida que desencadeou um dos maiores im-

pacos ambientais ocorridos na Terra, a mudança da atmosfera redutora para uma atmosfera altamente oxidante, forçando os organismos vivos que habitavam o planeta a uma readaptação.

Embora o processo de evolução tenha durado bilhões de anos, nas últimas décadas, mudanças significativas na composição da

atmosfera terrestre vêm acontecendo, principalmente, na concentração de gases minoritários com importantes papéis na química da atmosfera. A. A. Mozeto, no artigo “Química atmosférica: a química sobre as nossas cabeças”, discutiu a estrutura (divisão em camadas) e composição atual da atmosfera terrestre de uma forma deta-

**Em 1985, cientistas descobriram um buraco potencialmente catastrófico na camada de ozônio. Essas descobertas levaram a ONU a redigir o Protocolo de Montreal, em 1987.**

**Na Conferência da ONU sobre mudanças climáticas, realizada em Quioto, Japão, 39 países desenvolvidos firmaram o compromisso de adotar um protocolo segundo o qual os países industrializados reduziriam suas emissões combinadas de gases de efeito estufa.**



lhada e bastante didática, destacando suas funções vitais e as transformações decorrentes de reações químicas e fotoquímicas, com efeitos benéficos de proteção das diversas formas de vida na Terra, além dos efeitos deletérios como o buraco na camada de ozônio e a potencialização do efeito estufa.

Um dos maiores desafios na atualidade é o atendimento à demanda por água de boa qualidade. M. T. Grassi chamou atenção para esta questão no artigo “As águas do planeta terra”, advertindo que, embora cerca de 71% da superfície do planeta seja coberta por água, apenas 0,77% são de água doce disponível, distribuídos em diversos compartimentos. A qualidade dessa água doce disponível vem se deteriorando de forma

crescente, especialmente nos últimos 50 anos, fruto de um conjunto de atividades humanas. Para contornar este problema, discute-se duas estratégias adotadas no controle da poluição aquática: (1) redução na fonte; (2) tratamento dos resíduos para remover os contaminantes ou convertê-los em formas menos nocivas. A discussão deixa evidente que o uso sustentável da água é vital para a sobrevivência no planeta, uma vez que a vida floresceu na água e é impossível concebê-la sem este recurso fundamental.

Muito embora indispensável à vida, a água com a qualidade comprometida é um dos principais vetores na transmissão de doenças. Estima-se que 65% das internações hospitalares de crianças menores de 10 anos no Brasil (dados do BNDES, 1998) estão associadas à falta de saneamento básico. Diante deste quadro alarmante, J. R. Guimarães e E. A. A. Nour traçaram um perfil da situação atual de tratamen-

**Este volume, dedicado à química ambiental, fecha um ciclo que envolve os três grandes compartimentos do globo terrestre: atmosfera, hidrosfera e litosfera.**

**Os Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola abordam temas atuais da Química.**

**Só o uso adequado da química poderá contribuir para mitigar a fome, melhorar a qualidade de vida e conforto da população.**

to de águas residuais no Brasil e os principais processos de tratamento, envolvendo os físico-químicos e os biológicos, no artigo “Tratando nossos esgotos: processos que imitam a natureza”.

Além da preocupação com o destino e tratamento de águas residuais, um outro aspecto relevante abordado no primeiro Caderno Temático dedicado à química ambiental é o grande volume de resíduos sólidos gerados pela explosão demográfica nas últimas décadas. P. S. Fadini e A. A. B. Fadini, no artigo “Lixo: desafios e compromissos” discutiram os aspectos químicos e biológicos relacionados ao lixo e propõem um conjunto de soluções que concilie desenvolvimento associado à sustentabilidade ambiental e qualidade de vida.

No entanto, para melhor compreender a dinâmica do planeta e o impacto global decorrente das mudanças ocorridas ao longo de bilhões de anos de evolução e as ocorridas mais recentemente, é necessária uma avaliação num contexto mais amplo. Este volume, dedicado à química ambiental, fecha um ciclo que envolve os três grandes compartimentos do globo terrestre: atmosfera, hidrosfera e litosfera. Embora muitas vezes tratados separadamente por questões didáticas, percebe-se claramente as suas inter-relações nos artigos discutidos anteriormente e nos três outros artigos deste caderno temático: “Aspectos relevantes da biogeoquímica da hidrosfera”, “Fluxos de matéria e energia no reservatório solo: da origem à importância para a vida” e “Ciclos Globais de Carbono, Nitrogênio e Enxofre: A Importância na Química da Atmosfera”.

Nesse contexto, vale ressaltar que, só o uso adequado da química pode-

rá contribuir para mitigar a fome, melhorar a qualidade de vida e conforto da população, construir uma indústria sustentável, bem como preservar o ambiente e o patrimônio artístico e cultural. Sem a Química seria impossível manter a qualidade de vida da humanidade com alimentos, segurança ambiental, longevidade e conforto.

**Luciana Almeida Silva** é Doutora em Química e Professora Adjunta do Departamento de Química Geral e Inorgânica do Instituto de Química da Universidade Federal da Bahia. las@ufba.br. **Jailson B. de Andrade** é Professor Titular do Departamento de Química Geral e Inorgânica do Instituto de Química da UFBA, Coordenador do Laboratório de Pesquisas e Desenvolvimento em Química (LPQ) e Editor do *Journal of the Brazilian Chemical Society*. jailsong@ufba.br.

### Para saber mais

Protocolo de Montreal: <http://Inweb18.worldbank.org/ESSD/envext.nsf/49B y Doc Name / MontrealProtocol>

Protocolo de Quioto: <http://www.mct.gov.br/clima/quioto/protocol.htm>

JARDIM, W. F. A evolução da atmosfera terrestre. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola – Química Ambiental*, n. 1, p. 5 – 8, 2001.

FADINI, S. P. e FADINI, A. A. B. Lixo: desafios e compromissos. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola – Química Ambiental*, n. 1, p. 9 – 18, 2001.

GUIMARÃES, J. R. e ABDUL NOUR, E. A. Tratando nossos esgotos: processos que imitam a vida. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola – Química Ambiental*, n. 1, p. 19 – 30, 2001.

GRASSI, M. A. As águas do planeta terra. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola – Química Ambiental*, n. 1, p. 31 – 40, 2001.

MOZETO, A. A. Química atmosférica: a química sobre as nossas cabeças. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola – Química Ambiental*, n. 1, p. 41 – 49, 2001.

DE ANDRADE, J.B.; CADORE, S.; VIEIRA, P.C. e PINTO, A.C. Eixos Mobilizadores em Química, *Química Nova*, n. 26(3) p. 445-451, 2003.