



Q
QUÍMICA

Vida no

tubo de ensaio

Propriedades inesperadas de reações podem servir como analogia para entender a vida

Um químico observa um frasco de vidro conectado a vários tubos de borracha. Dentro do aparato, um líquido amarelo é constantemente agitado. À primeira vista pareceria um experimento de química daqueles para crianças, não fosse o computador ao lado do frasco – uma célula eletroquímica, na verdade, em que a eletricidade ativa reações químicas – registrar incontáveis gráficos que quantificam as substâncias que surgem e desaparecem na reação. O grupo do engenheiro químico Hamilton Varela, do Instituto de Química da Universidade de São Paulo em São Carlos (IQSC-USP), está imerso em reações químicas que podem funcionar como analogia para entender como sistemas vivos se mantêm estáveis mesmo que constantemente sujeitos a variações no ambiente.

“Em estados afastados do equilíbrio termodinâmico, as reações químicas podem oscilar”, explica Varela. Para ele, é isso que define os sistemas vivos: eles oscilam, ou variam entre um estado e outro. É uma propriedade característica do coração, dos ritmos circadianos e do cérebro, entre outros aspectos da vida, e essa flexibilidade é exatamente o que torna esses sistemas resistentes à instabilidade do ambiente. “Claro que uma reação química é uma representação muito rudimentar da complexidade da vida, mas até agora ninguém propôs um análogo melhor”, justifica.

Até meados do século passado, acreditava-se que as reações químicas só iam num sentido: reagentes davam origem a produtos. Hoje se sabe

que uma reação pode ir e voltar, com substâncias intermediárias aparecendo e desaparecendo à medida que o tempo passa. Um exemplo célebre é a reação de Belousov-Zhabotinski, que ilustra estas páginas. Numa placa de vidro se vê que a reação se propaga em ondas, formando desenhos concêntricos. “Foi a primeira reação oscilatória levada a sério”, resume Varela. Por volta de 1950, o russo Boris Belousov percebeu que uma mistura que incluía bromato de potássio e alguns outros reagentes gerava uma reação com intermediários cuja concentração oscilava, fazendo a cor da solução variar entre amarelo e incolor. A proposta quase herética de uma reação oscilatória demorou a ser aceita, até que alguns anos depois Anatol Zhabotinski, também russo, chegou à mesma conclusão. A cor da mistura retratada aqui, com bromato e ácido malônico, varia entre vermelho e azul conforme o pH da solução.

Varela investiga o comportamento oscilatório em reações muito estudadas em eletroquímica por sua simplicidade e interesse prático. Dentro da célula eletroquímica a equipe instala uma placa de platina com cerca de cinco milímetros numa solução de ácido fórmico, cujas moléculas contêm um único átomo de carbono, dois de oxigênio e dois de hidrogênio (HCOOH). Na reação, ela se liga temporariamente à platina e, depois de alguns passos intermediários, libera gás carbônico (CO₂) ou monóxido de carbono (CO), que reveste o eletrodo de platina.

Esse sistema de platina e ácido fórmico tem uma propriedade curiosa, Varela descobriu. Ao contrário do que é típico em reações químicas, o processo não fica mais rápido quando a temperatura sobe. As etapas intermediárias da reação do ácido fórmico com a platina



Belousov-Zhabotinski: demonstração clássica de uma reação oscilatória

► O PROJETO

Auto-organização dinâmica na interface sólido-líquido

MODALIDADE

Programa Jovem Pesquisador

COORDENADOR

HAMILTON VARELA - IQSC-USP

INVESTIMENTO

R\$ 371.700,56

se acoplam de tal forma que a frequência das oscilações permanece constante quando a temperatura aumenta, como o grupo mostrou no ano passado no *Journal of Physical Chemistry A*. É mais um paralelo com sistemas vivos, que mantêm um funcionamento estável mesmo quando a temperatura do ambiente varia dentro de uma certa faixa. O pesquisador explica que essa estabilidade bioquímica, ou homeostase, é responsável pela temperatura corporal constante em organismos vivos homeotérmicos, como mamíferos e aves.

A fundo - Varela agora estuda o sistema em detalhes para entender de onde vêm essas particularidades. O grupo testou diferentes parâmetros experimentais e verificou que em algumas condições o ácido fórmico quase não requer energia de ativação para perder uma molécula de água e produzir monóxido de carbono – algo incomum em reações do tipo, que precisam de energia para acontecer. Os resultados foram publicados em outubro deste ano no *Journal of Physical Chemistry C* e sugerem que talvez essa particularidade esteja por trás do comportamento do ácido fórmico com o eletrodo de platina. Varela viu também

que as oscilações capazes de compensar mudanças de temperatura não são características gerais de moléculas simples. O metanol, também composto por um único átomo de carbono (mais um de oxigênio e quatro de hidrogênio), se comporta, nas palavras do pesquisador, de maneira “completamente trivial”, como mostrou em artigo deste ano na *Physical Chemistry Chemical Physics*.

Varela é também um dos 20 integrantes da iniciativa internacional Ertl Center for Electrochemistry and Catalysis, centro de pesquisa sediado na Coreia do Sul e dirigido pelo ganhador do Prêmio Nobel de Química em 2007, Gerhard Ertl, e pretende ir longe na investigação de como as reações químicas podem ajudar a entender a vida. O próximo passo será montar eletrodos de platina em série para observar o surgimento de propriedades emergentes, em que o funcionamento do conjunto é diferente do de suas partes. É o que acontece no cérebro ou num formigueiro, ele exemplifica. O cérebro como um todo cumpre funções que um único neurônio não tem. Da mesma maneira, o comportamento de uma formiga sozinha não faz sentido; só olhando o formigueiro como um conjunto surge uma organização complexa. O engenheiro da USP quer fazer uma estrutura com 80 eletrodos em série para estudar as propriedades emergentes do sistema. Raphael Nagao, doutorando em seu laboratório, está trabalhando nesse feito técnico e afirma que por enquanto tem capacidade para testar 32 eletrodos em série. Ultrapassados os obstáculos técnicos, Varela pretende contribuir para ampliar a integração de disciplinas como a química, a física e a biologia. Uma integração algumas vezes limitada até pelo jargão peculiar a cada um dos campos do conhecimento. ■

MARIA GUIMARÃES

► Artigos científicos

1. NAGAO, R. *et al.* Temperature (over) compensation in an oscillatory surface reaction. *Journal of Physical Chemistry*. v. 112, n. 20, p. 4.617-24. abr. 2008.
2. ANGELUCCI, C. A. *et al.* Activation energies of the electrooxidation of formic acid on Pt(100). *Journal of Physical Chemistry*. set. 2009.