

## Anúncio

Os Departamentos de Física e de Geociências da Universidade de Évora e o Centro de Geofísica de Évora, Centro de Excelência da Fundação para a Ciência e a Tecnologia, oferecem para o próximo ano lectivo 2007/2008 **duas bolsas aos dois melhores estudantes do Ensino Secundário**, que concluíam em 2007 o 12º ano nos agrupamentos científico-naturais e que pretendam ingressar no Ensino Superior na Universidade de Évora, nos cursos de Física ou de Ciências da Terra e da Atmosfera.

A bolsa a atribuir a cada estudante consiste no pagamento da propina anual do 1º ano e poderá ser renovada para os anos subsequentes (2º e 3º anos) se o aluno concluir o 1º ano com média igual ou superior a 14.

A oportunidade de prosseguir pelos mestrados oferecidos pela Universidade de Évora correspondentes a estes cursos e de optar por investigação em Física ou em Ciências da Terra, da Atmosfera e do Espaço, ou em Instrumentação Ambiental, será assegurada, desde que o aluno conclua o 1º ciclo de estudos ao fim dos três anos, com média igual ou superior a 14.

A candidatura às duas bolsas deverá ser enviada aos Presidentes do Departamento de Física e de Geociências da Universidade de Évora e ao Director do Centro de Geofísica de Évora, em carta explicando sumariamente as razões e as expectativas de opção pelo curso a que se candidata e fornecendo os dados pessoais (nome, idade, morada e contactos), acompanhada do certificado das notas dos 11º e 12º anos. Os candidatos poderão ser convidados a entrevista para apuramento final. As bolsas tornar-se-ão efectivas logo após a colocação, através do concurso geral de acesso, dos candidatos seleccionados.

As candidaturas deverão ser enviadas até finais de Agosto, para o seguinte endereço:

Departamento de Física/Geociências/Centro de Geofísica de Évora  
Universidade de Évora

Rua Romão Ramalho, 59, 7000 Évora

Fax: 266 745394

## GeoArtigo

### O aparecimento da forma e estrutura em sistemas naturais e fabricados: a visão da teoria constructal

**António F. Miguel** *Centro de Geofísica de Évora e Departamento de Física da Universidade de Évora*

Porque é que a forma e a estrutura são uma característica dos sistemas de escoamento? Como é que aparecem? O que é que há de comum entre sistemas tão distintos como as bacias hidrográficas, o sistema respiratório, as colónias de bactérias ou corais, a aglomeração de aerossóis, e os filtros de ar?

A Teoria Constructal (CT) de Adrian Bejan [1,2] avança com uma proposta unificadora para esta questão. As ideias chave desta teoria são as seguintes: (i) todos os sistemas (naturais ou fabricados) têm um propósito (objectivo, função), (ii) a sua forma e estrutura é livre de sofrer alterações dentro de determinados constrangimentos, e (iii) estas resultam do balanço óptimo entre duas tendências opostas (por exemplo, lento - rápido, resistente - não resistente, etc.). A forma e a estrutura resultante (a que persiste no tempo) é aquela que melhor faz uma distribuição das imperfeições no sistema.

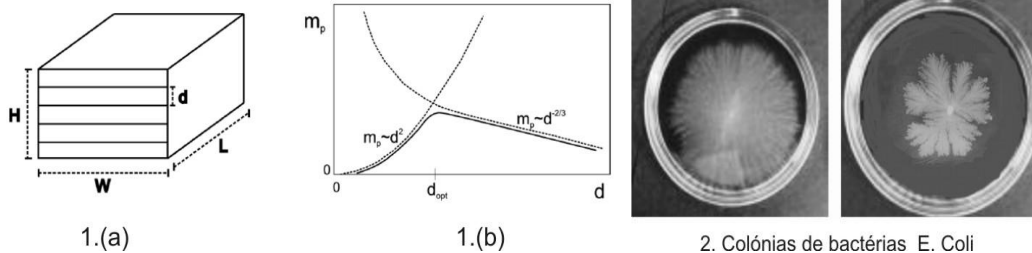
Consideremos, por exemplo, um sistema de filtração de aerossóis (sistema fabricado) composto por colectores dispostos paralelamente entre si [3]. O propósito é a construção de um sistema, com um volume fixo  $V$ , que remova o maior número de aerossóis existente no ar (fig. 1a). Ou seja, pretende-se encontrar a distância óptima entre os colectores para que a deposição de aerossóis seja máxima. Uma pequena distância entre colectores permite a colocação de um maior número destes. Neste caso temos uma grande área de contacto para a transferência de aerossóis (o que beneficia a deposição de partículas), mas em contrapartida aumentamos também a resistência ao escoamento de fluido. Isto implica uma bomba mais potente e/ou um maior gasto de energia para bombear o ar através do sistema de filtração. Consequentemente, o espaçamento óptimo entre colectores é o resultado do balanço optimizado entre estas duas tendências opostas: disponibilidade para a deposição de partículas e resistência ao transporte de fluido (Fig. 1b).

O mesmo princípio pode ser também aplicado aos sistemas vivos. O aparelho respiratório, por exemplo, tem como objectivo a

oxigenação do sangue e a remoção do dióxido de carbono. Este propósito pode ser alcançado de duas maneiras: recorrendo a um único volume em que as trocas de oxigénio e dióxido de carbono são feitas por difusão (lento), ou usando um sistema de tubagens em que as trocas gasosas entre os tecidos e o ambiente são efectuadas por convecção (rápido). Na realidade, a forma do aparelho respiratório é o resultado do balanço optimizado entre estas duas possibilidades: 23 níveis de tubos bifurcados que transportam os gases por convecção (rápido), e que acabam nos sacos alveolares onde a troca de gases com os tecidos é feita por difusão (lento). A CT além justificar a estrutura do aparelho respiratório [4], permitiu também concluir que o comprimento definido pelo quociente entre o quadrado do diâmetro dos tubos e os seus respectivos comprimentos são constante para todos os indivíduos da mesma espécie.

No caso dos sistemas vivos, um outro aspecto intrigante é a ocorrência de formas distintas em sistemas idênticos do ponto de vista biológico (Fig. 2). Por exemplo, quer as colónias de corais e de bactérias quer as raízes das plantas podem desenvolver formas compactas e arredondadas ou formas dendríticas em ambientes diferentes. A explicação para este fenómeno pode ser também obtida através do uso da CT [5]. Consideremos, por exemplo, o caso dos corais: em ambientes em que os nutrientes são dispersos por difusão (lento), os sistemas biológicos desenvolvem uma forma dendrítica ("canalização") que lhes permite maximizar o acesso aos nutrientes e a sobrevivência. No entanto, no caso do mecanismo principal de transporte de nutrientes ser a convecção (rápido) os sistemas desenvolvem uma forma arredondada e compacta (difusiva) porque esta é a forma que melhor garante o preenchimento de um território mais extenso num menor intervalo de tempo.

Estes são alguns dos exemplos que escolhi com o objectivo de demonstrar que a teoria constructal pode ser usada no estudo de diversos sistemas naturais ou fabricados. Devido ao seu carácter



1.(a)

1.(b)

2. Colónias de bactérias E. Coli

abrangente, existe um conjunto de trabalhos que ilustram a aplicação desta teoria a diferentes áreas do conhecimento (engenharia, física, biologia, fisiologia, economia, etc.) [1-14].

### Referências:

1. A. Bejan, 2000. Shape and Structure, from Engineering to Nature, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
2. A. Bejan, S. Lorente, A. F. Miguel, A. H. Reis, 2006 Along with Constructal Theory, UNIL/FGSE – Workshop series nº 1, Lausanne University Press
3. A. H. Reis, A. F. Miguel, A. Bejan, 2006 "Constructal theory of particle agglomeration and design of air-cleaning devices" Journal of Physics D 39, 2311-2318
4. A. H. Reis, A. F. Miguel, M. Aydin, 2004 "Constructal theory of flow architecture of the lungs" Medical Physics 31, 1135-1140
5. A. F. Miguel, 2006 "Constructal pattern formation in stony corals, bacterial colonies and plant roots under different hydrodynamics conditions", Journal of Theoretical Biology 242, 954-961
6. A. Bejan, J. H. Marden 2006 "Unifying constructal theory for scale effects in running, swimming and flying" Journal of Experimental Biology 209, 238-248
7. A.H. Reis, A. Bejan, 2006 "Constructal theory of global circulation and climate" International Journal of Heat and Mass Transfer 49, 1857-1875
8. A.H. Reis 2006 "Constructal view of scaling laws of river basins", Geomorphology 78, 201-206
9. S. Lorente, A. Bejan, 2006 "Heterogeneous porous media as multiscale structures for maximum flow access" J. Appl. Physics 100, 114909
10. A. Bejan, V. Badescu, A. De Vos, 2000 "Constructal theory of economics structure generation in space and time," Eng. Conv. Management 41, 1429-1451.
11. A. H. Reis, 2007 "Constructal view of the scaling laws of street networks" In: Constructal Theory of Social Dynamics (A. Bejan, G. W. Merx - editores) Springer, NY
12. A. F. Miguel, 2007 "Constructal pattern formation in nature and in crowd motion" In: Constructal Theory of Social Dynamics (A. Bejan, G. W. Merx - editores) Springer, NY
13. A. H. Reis, 2006, "Constructal theory: from engineering to physics, and how flow systems develop shape and structure", Applied Mechanics Reviews 59, 269-282
14. R. N. Rosa, A. H. Reis, A. F. Miguel (editores) 2004 Bejan's Constructal Theory of Shape and Structure, Centro de Geofísica da Universidade de Évora

## GeoArtigo

### A Problemática das Minas Abandonadas

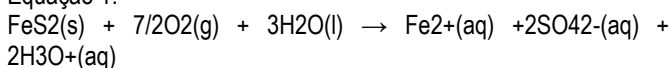
**José Mirão** Centro de Geofísica de Évora e Departamento de Geociências da Universidade de Évora.

**António Candeias** Centro de Química de Évora e Departamento de Química da Universidade de Évora

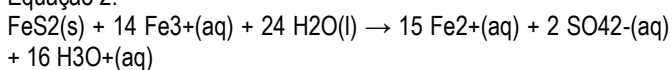
Da necessidade do Homem emana a sua busca por matérias-primas minerais. Por outro lado, a dinâmica da economia, incluindo o desenvolvimento de novas tecnologias, dita a abertura e o fecho de instalações industriais destinadas à produção e tratamento de minérios. A actual legislação vigente, na maioria dos países ocidentais, garante um encerramento consentâneo com o desenvolvimento sustentável. No passado, no entanto, o abandono das áreas afectadas pela exploração de recursos minerais foi efectuada sem os devidos cuidados e constitui uma importante fonte de contaminação.

O impacto ambiental é especialmente intenso quando o minério era essencialmente constituído por sulfuretos. Estes minerais são muito instáveis nas condições prevalentes na superfície da Terra. A alteração dos sulfuretos processa-se inicialmente por hidrólise (Equação 1), concomitantemente com a oxidação do ferro, este contribui para a instabilidade da pirite (Equação 2). Eventualmente, o ferro precipitará sob a forma de um hidróxido (Equação 3).

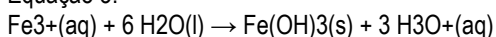
Equação 1:



Equação 2:



Equação 3:



Todo o processo pode ser intensificado pela presença de algumas espécies de bactérias do género Thiobacillus que obtêm energia oxidando o ferro ou o enxofre. Resulta do conjunto dos processos químicos, a produção de um fluido aquoso ácido (Águas Ácidas) e rico em alguns Metais Pesados poluentes que integravam o minério.

Áreas mineiras abandonadas em que não há qualquer monitorização dos perigos que apresentam podem levar a danos irreparáveis nas zonas envolventes. A análise do impacto ambiental provocado por minas desactivadas e posteriormente abandonadas baseia-se na compreensão dos processos geológicos, hidrológicos, geoquímicos e biológicos fundamentais que causam a degradação ambiental, frequentemente observada a jusante da actividade mineira.

A água (subterrânea e superficial) constitui o meio privilegiado de dispersão dos poluentes. Mas os metais pesados acabarão por integrar fases sólidas. Quando presentes no solo ou em sedimentos, podem estar associados a diferentes fracções geoquímicas: 1) na solução do solo, como iões metálicos livres ou na forma de complexos metálicos solúveis; 2) adsorvidos a constituintes inorgânicos do solo, em posições de troca catiónica; 3) ligados à matéria orgânica; 4) precipitados sob a forma de óxidos, hidróxidos e carbonatos; e 5) inseridos na estrutura dos minerais de silicato.

O problema é importante no Alentejo e assume especial relevância na Faixa Piritosa Ibérica (FPI), pois os minérios explorados, essencialmente sulfuretos, são particularmente instáveis nas condições da superfície terrestre. De facto, rapidamente tem início a sequência de reacções que conduzem à produção de fluidos extremamente ácidos (águas ácidas) e à libertação de elementos poluentes - designadamente Cu, Pb, Sb, Bi, As, Hg, Cd, Se - os quais integram os minerais das paragénese típicas dos minérios da FPI.

Consciente da problemática e das suas competências o CGE tem procurado desenvolver investigação conducente à percepção dos processos inerentes a estas fontes de poluição e eventualmente, à sua remediação. Esta investigação é consolidada no projecto