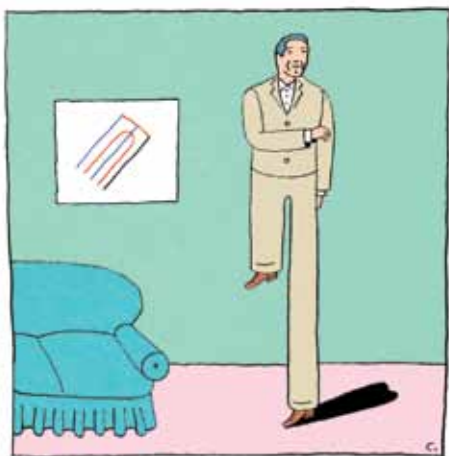


Teoria em construção

Modelo explica como seleção natural atua para criar conjuntos de características que variam em uníssono

Maria Guimarães



Quando uma notícia de jornal traz a ilustração de um dinossauro recém-descoberto, talvez caçando em meio a uma floresta pré-histórica, é difícil acreditar que o ponto de partida para reconstruir o animal tenha sido um único dente. Mas é o que muitas vezes acontece. Isso é possível, em parte, porque as proporções entre as diferentes partes do corpo se mantêm bastante fixas nos mais diferentes organismos como resultado de uma ação em concerto de certas características. “A evolução brinca com tijolos e vai remodelando a construção dos seres, como se fosse um Lego da vida”, compara o biólogo Gabriel Marroig, do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (IB-USP).

Seu grupo, do Laboratório de Evolução de Mamíferos, está esmiuçando como esse jogo acontece por meio de estudos sobre como esses blocos podem ser transmitidos de uma geração para outra em diferentes espécies de animais. Mas o avanço mais recente, que de certo modo serve de fundamento para os demais projetos, não se concentrou em espécies reais: foi obtido a partir de simulações teóricas em computador. Os resultados



do mestrado do biólogo Diogo Melo mostram que, para que surjam esses tijolos evolutivos que agrupam feições, é necessário um empurrãozinho da seleção natural – que os evolucionistas chamam de seleção direcional, segundo mostra artigo publicado em janeiro na revista *PNAS*.

Marroig dá como exemplo a relação estável de tamanho e forma que existe entre a mandíbula e a maxila, respectivamente os ossos que servem de suporte para os dentes inferiores e superiores da maioria dos mamíferos. Esses ossos precisam ser proporcionais para permitir que o animal obtenha e mastigue os alimentos de modo eficiente. Como a função – no caso, comer – é essencial para a sobrevivência do organismo, variações no tamanho de uma parte necessariamente provocam mudanças na outra. Mandíbula e maxila formam, então, um bloco de construção. “A não ser que de repente começasse a chover papinha de bebê”, imagina o pesquisador. “Nesse caso poderia ser melhor o animal ter a mandíbula maior do que a maxila para, sem esforço, recolher o alimento que cai do céu.” Retomando a analogia do Lego, a evolução precisaria criar novos blocos, em vez de remanejar os que existem.

Apesar de fantasioso, o exemplo se assemelha à realidade. Assim como a forma das peças de Lego mudam pouco, a estrutura do crânio de mamíferos é extremamente estável. O trabalho da dupla mostra que, quando há uma pressão seletiva forte – como a mudança no tipo de alimento disponível e na forma de obtê-lo –, o módulo se rompe e um novo se estabelece em poucas gerações.

A tal modularidade existe porque a relação entre os genes e as características raramente é simples como se aprende na escola. Em geral, há uma relação direta entre um gene e uma característica. Mas pode haver variações em qualquer direção conectando grupos de genes e blocos de características – seriam os módulos.

COMPLEXIDADE

Com as simulações rodando por semanas a cada vez, Melo conseguiu o que ainda não tinha sido feito na busca por entender como surgem esses blocos: criar um cenário em que ao longo de 10 mil gerações uma população é submetida a tipos distintos de seleção natural ou isenta de pressão seletiva. Mais importante: essa evolução teórica age sobre mais de mil genes que determinam uma dezena de características. “Até agora só existiam trabalhos com duas características”, conta Melo. Eles

resolveram investir num cenário multi-dimensional, mais próximo da realidade, apesar de exigir um esforço computacional incrivelmente maior. Isso foi possível porque um quarto do financiamento para o projeto de Marroig foi destinado à aquisição de um potente servidor para uso compartilhado com outros pesquisadores.

Ao testar tipos diferentes de seleção natural, além da situação em que genes aparecem ou se perdem ao acaso (processo conhecido como deriva genética) na população, as simulações mostraram que só é possível reproduzir o que se vê na natureza por meio de uma combinação de dois tipos de seleção natural: a direcional, seguida da seleção estabilizadora. A primeira favorece a sobrevivência de organismos que apresentam uma característica vantajosa num ambiente em alteração – por exemplo, a boca com queixo projetado para a frente quando a comida passa a cair do céu. Só assim surgiram, nas populações fictícias, os novos blocos de características.

Depois de um período em que vigorou a seleção direcional, no entanto, a seleção estabilizadora entra em cena. Ela possibilita que os organismos que preservam uma determinada característica ao longo das gerações se saiam melhor. O que era novidade se torna regra.



Apesar de ser um experimento conduzido em populações simuladas em um programa de computador, suas conclusões reproduzem os resultados empíricos que Marroig obteve em trabalhos anteriores, como o que explica a evolução do tamanho dos macacos encontrados nas Américas (ver Pesquisa FAPESP nº 141), assim como nos projetos atuais do laboratório.

O trabalho de Melo reforça a importância de uma ideia que costuma receber pouca atenção na biologia evolutiva: a epistasia, ou a influência que alguns genes exercem sobre outros. “A epistasia é o patinho feio da genética e da evolução, mas agora começa a assumir importância central”, afirma Marroig. Esse conceito vem sendo discutido apenas nos últimos 20 anos, tempo insuficiente para ganhar espaço nos livros didáticos da área. Mas, para Marroig, explica a maior parte da variação genética encontrada hoje na natureza. Faz sentido: um conjunto de mil genes é limitado se cada um deles afeta uma característica. Mas se o efeito se der por meio de combinações entre as peças desse repertório genético, as possibilidades se tornam muito mais numerosas. É por isso que a evolução consegue reagir em poucas gerações a mudanças no ambiente, quebrando os blocos de construção e fazendo novos, mais adequados. “As coisas não são tão lineares quanto os biólogos estão acostumados a imaginar”, conclui o pesquisador. ■



Projeto

Modularidade e suas consequências evolutivas; Modalidade Projeto Temático; Pesquisador responsável Gabriel Marroig (USP); Investimento R\$ 1.006.189,94 (FAPESP).

Artigo científico

MELO, D. e MARROIG, G. Directional selection can drive the evolution of modularity in complex traits. **PNAS**. v. 112, n. 2, p. 470-75. 13 jan. 2015.