



FABIO CHALUB
Universidade
Nova de Lisboa
chalub@fct.unl.pt

O GRANDE E O PEQUENO, O QUENTE E O FRIO

Não há dúvidas de que o mundo está mais quente a cada dia que passa. Não só as medidas diretas de temperatura indicam que o aquecimento global é um facto, como também os seus efeitos indiretos são mensuráveis. Uma nova investigação mostra como o tamanho das aves amazónicas foi alterado nas últimas décadas. Para entender a relação entre estas alterações e a mudança global do clima vamos falar de Galileu, do tamanho das células e também de guerras civis.

No século XVI, a indústria naval de Veneza estava a conhecer um grande desenvolvimento. As necessidades comerciais cresciam, e da mesma forma mudava o tamanho dos navios.

Da mesma forma?

Na verdade, estavam a descobrir, na prática, que quando queremos construir uma embarcação maior não podemos simplesmente aumentar na mesma proporção todas as suas partes. Os construtores resolveram convidar o maior cientista das proximidades – talvez o maior de sempre – para estudar o fenómeno.

Galileu não só percebeu os pontos fracos da construção naval de equipamentos cada vez maiores, mas também desenvolveu o que acabou por ser conhecido por *teoria de escala*. Esta é uma ferramenta simples e poderosa que nos permite uma compreensão qualitativa de uma enorme diversidade de fenómenos. O seu objetivo é compreender como são alteradas as propriedades básicas dos objetos de acordo com o seu tamanho.

Grosso modo, a ideia é a seguinte: quando dobramos o tamanho de uma viga, o seu próprio peso aumenta oito vezes (de acordo com o cubo da razão de aumento, já que esta é uma propriedade volumétrica); no entanto, a sua resistência aumenta apenas quatro vezes. A resistência de-

pende do número de fibras que atravessam a viga, que, por sua vez, depende da área de uma secção transversal.

Assim, a tensão sobre a viga dobra, de forma que a probabilidade de rutura aumenta. Pequenos barcos podem ser colocados em terra; grandes barcos ruem sob o seu próprio peso quando postos nestas mesmas condições.

Galileu foi mais longe e mostrou que este efeito é prevalente na Natureza. Nominalmente, mostrou que, enquanto pequenos animais têm pernas finas, paquidermes só conseguem sustentar o próprio peso com membros de grande envergadura.

Aos poucos, estas ideias foram encontrando o seu caminho nas diversas áreas da ciência. Por exemplo: sabemos todos que quando uma célula cresce, divide-se em duas. Mas porquê?

Uma célula troca nutrientes com o meio ambiente; desta forma, a sua capacidade de obter alimentos está limitada pela sua área superficial. Por outro lado, a sua necessidade energética está relacionada com a sua massa. Supondo, para facilitar a discussão, uma célula perfeitamente esférica, o seu volume é dado por $\frac{4\pi r^3}{3}$, onde r é o seu raio. Por outro lado, a sua área superficial é dada por $4\pi r^2$. A razão necessidade/capacidade é dada por volume/área, ou seja, $r/3$.

O ponto importante é que a razão necessidade/capacidade cresce com o tamanho da célula, fazendo com que, à medida que r aumenta de valor, a necessidade energética cresce mais rapidamente do que a capacidade de absorver nutrientes. Isto ocorre até atingir o valor crítico em que a célula deixa de ser capaz de viver.

A solução é dividir-se em duas, mantendo o volume, mas aumentando a área superficial. Este simples ato diminui a razão necessidade/capacidade em 20%, tornando a célula viável novamente.

Este fenómeno é geral na Natureza. Considere os mamíferos, que são homeotérmicos, isto é, a sua temperatura corporal é aproximadamente constante. Quanto menor for o animal, maior será a sua área superficial relativa, e portanto perderá calor com maior facilidade.

Para conseguir manter o calor corporal, um pequeno animal necessita de um maior gasto energético, comparativamente ao seu tamanho. Para fazer com que todos os nutrientes e o oxigénio necessários para que todas as partes do seu corpo gerem a quantidade correta de energia, ele precisa que o sangue circule com maior velocidade. Por isso, o seu coração bate rapidamente.

Concluimos que quanto maior é um animal, mais lentamente ele perde calor e mais lentamente bate o seu coração!

Se nunca tirou o pulso de um bebé, faça-o. É muito mais rápido do que o de um adulto. Num exemplo extre-

mo, o coração de um gato bate mais de uma centena de vezes por minuto, enquanto a baleia azul tem uma pulsação a cada dez segundos.

Esta relação é verdadeira mesmo entre grupos de indivíduos da mesma espécie, o que é conhecido como "Regra de Bergmann", em homenagem ao biogeógrafo alemão do século XIX que primeiro identificou a correlação entre o tamanho dos animais e a latitude em que vivem [1]. Quanto maior for a latitude, mais frio é o clima (em média) e, portanto, maior será o tamanho de um único indivíduo – minimizando a relação área/volume.

O próprio ser humano não escapa a esta regra, sendo os nórdicos mais corpulentos do que as populações originárias das zonas tropicais. Esta é uma das diversas adaptações do corpo humano à vida em diferentes geografias, explicável utilizando a teoria de escala. Veja a figura 1.

É exatamente esta alteração do tamanho corporal que uma investigação recente identificou como mais uma evidência do aquecimento global [2]. Aves de regiões remotas, tanto na Amazônia brasileira quanto na equatorial, estão a alterar o tamanho do seu corpo e das suas asas, mesmo em regiões ainda não devastadas pelo ser humano. Apesar da notória lentidão característica dos processos evolutivos, o acompanhamento da adaptação de 77 espécies de aves amazónicas durante quatro décadas permitiu quantificar as alterações devidas a um clima mais quente mesmo nas

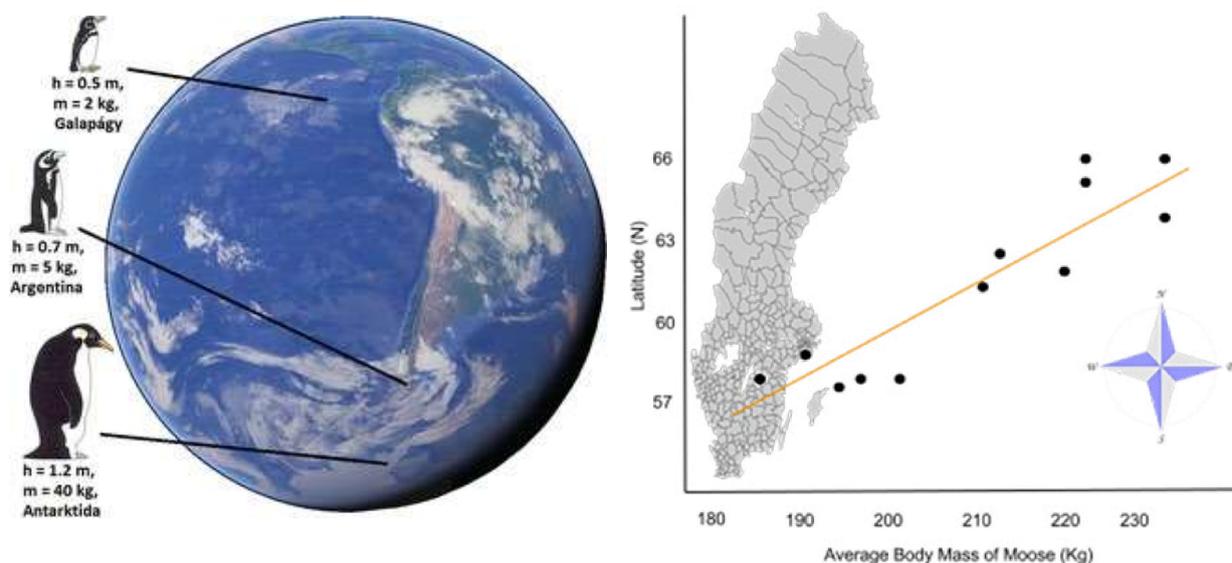
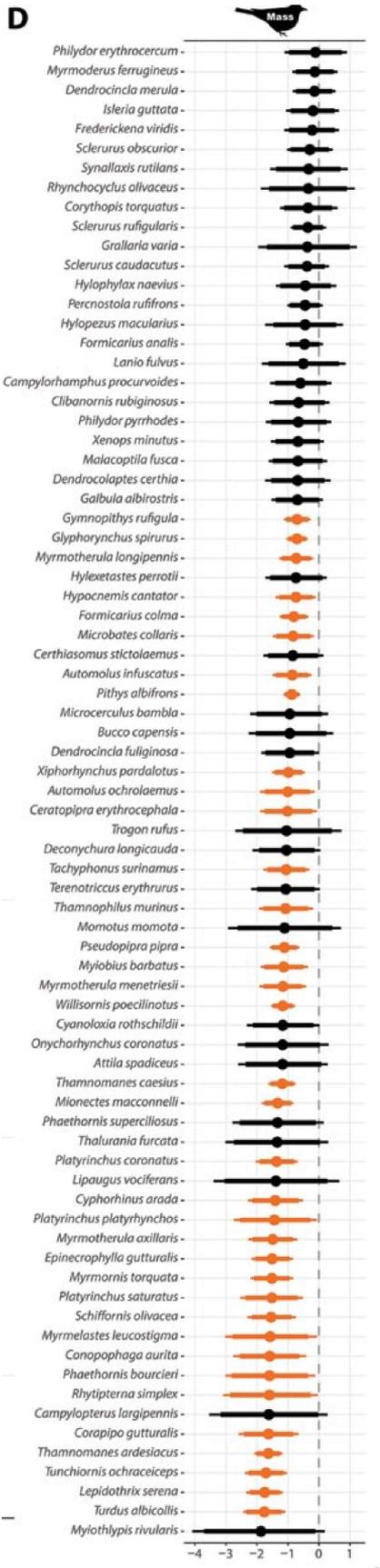


Figura 1. A regra de Bergmann. Esquerda: os pinguins são tão maiores quanto mais próximo dos polos é o seu habitat. Direita: o tamanho dos alces em função da latitude em que vivem, na Suécia. Fonte: Wikimedia Commons.



regiões mais remotas da Terra. Veja a figura 2.

A investigação, de 12 cientistas em cinco países – incluindo Portugal – teve a participação de Thomas E. Lovejoy, um dos maiores especialistas a nível mundial em biologia tropical, que faleceu pouco depois da sua publicação.

Não resisto a um último comentário: na introdução referi uma relação entre esta discussão e as guerras. Perguntar sobre a razão de as batalhas pelas cidades grandes serem mais importantes do que pelas pequenas parece um truísmo, mas foi esta pergunta que me chamou a atenção ao ler um blogue que se aliava ao grupo revolucionário durante a guerra civil da Líbia (2011). A resposta surpreendeu-me. Disse o comentador que a capacidade de defesa de uma cidade depende da sua população e, portanto, grosso modo da sua área. Numa guerra civil, os combates pela sua conquista dão-se na periferia (lembre-se de que havia uma zona de exclusão aérea sobre a Líbia nestes tempos). Portanto, quanto maior a cidade, mais difícil é a sua toma por uma força superior. Numa pequena cidade, o exército invasor simplesmente entra, sem maiores oposições. Numa grande cidade, cada centímetro tem de ser duramente conquistado. É lá que as grandes batalhas ocorrem!

REFERÊNCIAS

[1] https://en.wikipedia.org/wiki/Bergmann's_rule

[2] Jirinec et al., "Morphological consequences of climate change for resident birds in intact Amazonian rainforest" *Sci. Adv.* 7 (46), eabk1743 (2021).

Pós-escrito: O último parágrafo foi escrito no início de janeiro de 2022, portanto antes da invasão da Rússia à Ucrânia. Desta forma, este texto não tem nenhuma relação direta com os eventos correntes no leste europeu. No entanto, infelizmente, as análises mostraram-se muito atuais. Deixo aqui a minha solidariedade ao povo ucraniano, tanto aos que estão na sua pátria como aos que estão em Portugal.

◀ Figura 2. Variação da massa (em percentagem) de diversas espécies amazónicas por década, ao longo das quatro últimas décadas. Veja que todas as espécies estudadas apresentam tendência de decréscimo, com cerca de metade das espécies estudadas a diminuir de forma significativa. Modificação da figura 1D da referência [2], publicada sob a licença Creative Commons Attribution NonCommercial License 4.0 (CC BY-NC).