

# Vacas e Galinhas Esféricas

(Teoria dos Animais Esféricos)

Ano passado eu estava em uma equipe de professores, ministrando a disciplina *Introdução às Medidas*, para alunos do 1º Semestre de Licenciatura. Recebíamos, da coordenação, folhas com um exercício que era aplicado no início de cada aula, ligado ao assunto do dia. Um desses, sobre análise de dados à partir de gráficos em escala log-log, mostrava uma figura como a abaixo, representando a relação entre o consumo diário de energia (potência) em função da massa corporal dos animais de sangue quente. Eu nunca tinha visto esses dados e fiquei pensando no assunto, enquanto os alunos faziam o exercício. E logo me fiz a pergunta: O que será que a *Teoria da Galinha Esférica* tem a dizer sobre isso??

Acho que a piada original é sobre a *Vaca Esférica*, mas não sei porque, eu achava que era sobre a *Galinha Esférica*. Talvez porque as galinhas que vemos congeladas nas prateleiras do supermercado se pareçam mais com esferas do que os quartos de Vacas (Bois!) nos açougues. Assisto aos episódios de *The Big-Bang Theory* na TV, mas não me recordo desse, que apresenta a tal teoria com *Galinhas*. Li ontem, quando procurei por *Galinhas Esféricas* na internet. Abaixo, uma das versões da tal piada.

*"Um fazendeiro estava tendo problemas com suas galinhas e chama um físico, um químico e um biólogo. O biólogo examina a galinha e não chega a nenhuma conclusão. O químico faz uma série de exames laboratoriais mas também não chega a nenhuma conclusão. O físico olha, olha, faz uma série de contas e diz: Já tenho a solução, mas funciona apenas para galinhas esféricas no vácuo."*

O exercício proposto na aula, consiste em se determinar o expoente de M (p) na relação:

$$\text{Consumo médio diário de calorias } Q = k \times M^p$$

Onde Q é o consumo médio de calorias por dia, k e p são constantes e M a massa corporal dos animais. Chega-se ao resultado

$$p = 0,72.$$

E então eu fiz o meu modelo e o mostrei aos alunos no final da aula. (é muito melhor que o da piada, pois não é no Vácuo!):

- A densidade corporal média dos animais é aproximadamente constante. Realmente, somos todos cerca de 70% água. O resto, ossos e matéria sólida dos tecidos não deve ser muito diferente de um animal para outro e de qualquer forma são apenas cerca de 30% da massa.

- Todos os animais (de sangue quente), têm aproximadamente a mesma temperatura.

Devemos lembrar, que para a física, o que importa é a temperatura absoluta em Kelvin. A temperatura do ser humano (37 C) corresponde a 310 K. A temperatura corporal de um cachorro, p. ex., é de 39 C, ou seja 312 K.

- Todos vivemos no Planeta Terra e portanto em ambientes de temperaturas médias (em Kelvin) muito semelhantes.

- Grande parte da energia que consumimos, na forma de alimento, cerca de 70%, é usada para a manutenção da temperatura corporal.

- Já havia mostrado, muitas vezes, a meus alunos de Física Moderna ou de Estrutura da Matéria, quando falava de Corpo Negro, que a taxa de emissão de calor por um corpo aquecido depende de sua temperatura, da superfície de seu corpo e da temperatura do ambiente onde está inserido.

Então, se todos temos a mesma temperatura corporal, vivemos no mesmo ambiente e grande parte da energia que ingerimos é gasta para manter a temperatura corporal, o consumo médio diário de calorias deve ser dado por  $Q = c \times S$ , onde  $c$  é uma constante e  $S$  a superfície corporal dos animais.

Agora, vamos introduzir a famosa aproximação, bem mais ousada que a da piada: **Todos os animais, de sangue quente, são esféricos.**

$$\text{Então, como } S = 4\pi R^2, \quad Q = c_1 \times R^2$$

Mas, se a densidade média dos animais é a mesma para todos, então as suas massas são proporcionais a seus volumes corporais, que na aproximação esférica é  $(4/3)\pi R^3$ .

$M = c_2 \times R^3$  e portanto,  $R^2 = c_3 \times M^{2/3}$ . Substituindo essa última relação na expressão para o consumo de calorias ( $Q$ ) em função do raio  $R$ , obtemos, finalmente a relação entre  $Q$  e  $M$ :

$$Q = c_4 \times M^{2/3} \quad \text{ou} \quad Q = k \times M^{0,67}$$

Portanto, a *Teoria dos Animais Esféricos* prevê que o valor de  $p$  seja 0,67 e não 0.72, como o resultado empírico, baseado em dados experimentais. Mas se aproximarmos o valor de  $p$  para 1 algarismo significativo, ambos coincidem com  $p = 0,7$ ! Nada mal para a Teoria.

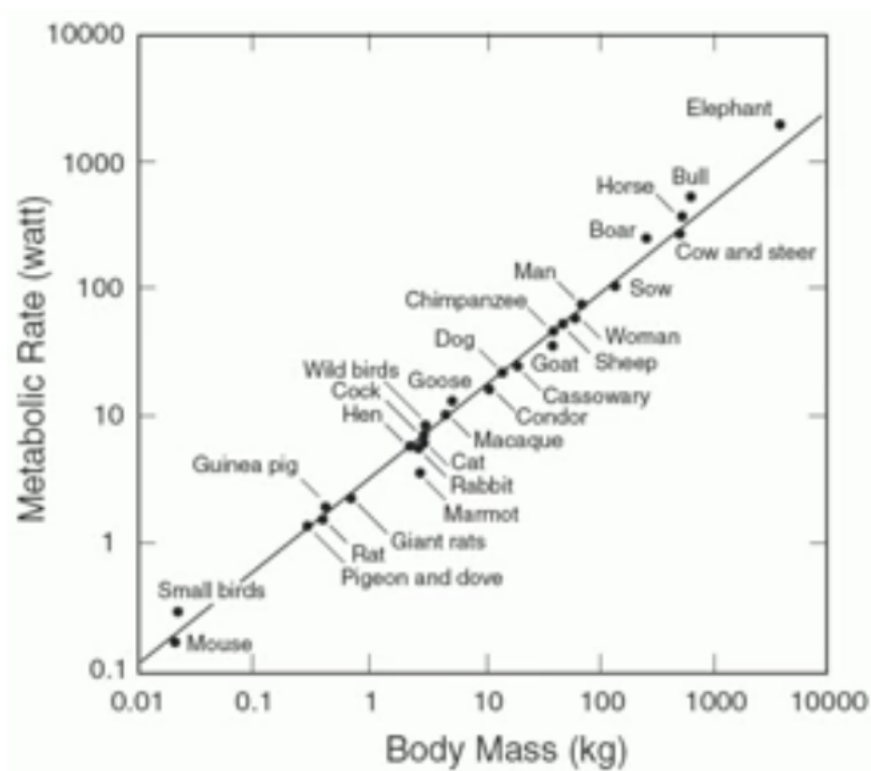


Figure 1 - Geoffrey West: *The surprising math of cities and corporations*<sup>3</sup>  
[\(http://dialoggroup.com/innovation-through-networks/\)](http://dialoggroup.com/innovation-through-networks/)