

Esgotamento dos recursos naturais renováveis*

Cristina Grazina, Cristiana Reis, Rosa Palma
Sónia Martins, Paulo Pereira

A exploração de florestas, solos, água e espécies marinhas está a ser levada para além dos limites, devido ao crescimento populacional e ao desenvolvimento industrial. Na próxima década, a falta de água poderá vir a ser um dos maiores problemas do mundo, devido ao aumento da utilização agrícola, comercial e doméstica. Será necessário tomar medidas drásticas de modo a evitar o esgotamento dos recursos naturais, pois só assim será possível que as gerações futuras possam usufruir das mesmas condições que nós.

O papel desenvolvido pelos *recursos naturais* no funcionamento do sistema económico nem sempre mereceu a devida atenção, embora tenha sido sempre considerado como base de poder e riqueza de um país.

No século XVIII, a desproporção entre o crescimento da população e os recursos naturais existentes foi estudada pelo inglês Thomas Malthus. De acordo com as suas previsões, chegaria o momento em que a espécie humana se extinguiria em função do esgotamento dos recursos para sua subsistência.

A partir da Revolução Industrial, o progresso tecnológico tornou mais ágeis e diversificadas as formas de produção e, espantosamente, a visão negativista de Malthus foi esquecida. Assim, até princípios dos anos 70, a utilização e consumo dos recursos naturais não preocupou a maioria dos países industrializados, independentemente de disporem de recursos naturais próprios ou de recorrerem à importação dos mesmos.

A partir dessa década, o conhecimento de alguns números sensibilizou a opinião pública. Num período de 40 anos, ocorreram aumentos significativos a nível mundial: a população duplicou, a economia quintuplicou e a desigualdade na distribuição de recursos atingiu índices maiores que o esperado. A expansão das indústrias provocou uma intervenção cada vez maior no meio ambiente que se evidenciou na intensificação da extracção da madeira e minérios, exploração de petróleo e no uso excessivo de água, entre outros.

Esta intensificação da intervenção do Homem no meio ambiente levou a que os recursos naturais fossem classificados em: *Recursos Renováveis* e *Não Renováveis*.

O solo, as florestas e as espécies animais passaram a ser analisadas como recursos renováveis; os minerais e muitos produtos energéticos passaram a ser considerados recursos não renováveis, susceptíveis de se esgotarem. Os recursos ambientais — o ar e a água — são considerados recursos renováveis ou, em certos casos, como recursos passíveis de esgotamento.

No caso dos recursos não renováveis — recursos finitos — a questão que se coloca é a de quando, como e quanto se deverá proceder à sua extracção. Efectivamente, trata-se de um problema complexo, já que uma decisão no sentido da utilização de uma determinada parte do recurso, num dado momento, inviabiliza que gerações futuras possam usufruir deste.

Os *stocks* dos recursos renováveis reabastecer-se-ão desde que a sua utilização não exceda limites críticos. A questão, aqui, é saber-se o que é o limite crítico.

O caso da baleia azul — aspectos matemáticos

Neste trabalho, vamos apresentar o caso da Baleia Azul do Antártico, porque é desta população que dispomos de dados, mas o procedimento seria semelhante para outras espécies animais.

Antes de mais é importante referir que a baleia azul é o maior animal do

* Este é um dos trabalhos desenvolvidos pelos alunos da Escola Superior de Gestão Hoteleira e Turismo da Universidade do Algarve, na disciplina de Matemática leccionada por Leonor Moreira, e que esta professora refere no seu artigo, igualmente publicado neste número.

planeta, chegando a atingir 31 metros de comprimento, oscilando o seu peso entre 90 a 150 toneladas. Este mamífero conta com um período de vida que ascende aos 80 anos, vivendo geralmente em grupos de 3 a 5 indivíduos.

Na ausência de intervenção humana, temos a capacidade de prever a dinâmica de uma população, isto é, saber como esta evolui, saber qual a população dos anos seguintes baseando-nos na de anos passados. A função que permite determinar o tamanho de uma população num determinado ano, a partir do conhecimento dessa mesma população no ano anterior chama-se *função de reprodução*.

Seja então uma função de reprodução $f(x)$ — a variável independente x representa a população actual, $f(x)$ representa a população no próximo ano. O tamanho da população pode ser expressa em número de exemplares ou em termos de unidades de igual valor — por exemplo, em quilos ou toneladas. Neste último caso, estamos a considerar a *biomassa* da população.

A função $h(x) = f(x) - x$ representa então a variação da população entre dois anos consecutivos.

A *Comissão Internacional para a Protecção das Baleias* construiu, para a baleia azul, o seguinte modelo matemático:

$$h(x) = 0,000002(-2x^3 + 303x^2 - 600x)$$

em que x representa a população no ano corrente, em milhares de baleias.

Podemos escrever a expressão analítica da função como

$$h(x) = 0,000002x(-2x^2 + 303x - 600)$$

Então, os zeros da função — variação nula da população entre anos consecutivos — serão: $x = 0$ e os resultantes da resolução da equação do

segundo grau $-2x^2 + 303x - 600$.

A função anula-se então em $x_1 = 0$,

$x_2 \cong 2,00678$ e $x_3 \cong 149,4932$. Como estamos a falar de milhares de baleias e não de toneladas de baleias,

consideraremos $x_2=2$ e $x_3=150$.

É evidente que se não existir população, $x_1=0$, não pode haver crescimento. Se a população for apenas de 2 milhares ou de 150 milhares não haverá variação da população, em número, porque o número de exemplares que nascem e subsistem é igual ao número de exemplares que morrem. No primeiro caso, porque o número de nascimentos viáveis é pequeno, no segundo caso, porque os recursos disponíveis não suportam uma população maior, isto é, atingiu-se a *capacidade de carga*.

Talvez seja agora oportuno adiantar alguns dados sobre este tipo de baleia para se perceber melhor o que acabámos de dizer.

A baleia atinge a maturidade sexual ao fim de 5-7 anos e a gestação dura cerca de 10-12 meses. Nasce apenas uma cria de cada vez e o aleitamento dura cerca de 1 ano. Além disso as fêmeas grávidas necessitam de se sentirem protegidas e seguras no seio do grupo (3-5 indivíduos), sem receios de ameaças exteriores. São estes aspectos que tornam lento o crescimento de uma população de baleias.

Para calcularmos a *produção máxima sustentada* — maior aumento possível de uma população entre anos consecutivos — temos de calcular a derivada da função $h(x)$.

$$h'(x) = 0,000002(-6x^2 + 606x - 600)$$

$$h'(x) = 0 \Leftrightarrow -6x^2 + 606x - 600 = 0$$

$$\Leftrightarrow x = 100 \vee x = 1$$

$x = 100$ e $x = 1$ são então pontos críticos. Para sabermos que tipo de pontos, vamos ver como se comporta a segunda derivada nestes pontos.

$$h''(x) = 0,000002(-12x + 606)$$

$$h''(1) = 0,000002(-12 + 606) > 0 \text{ e,}$$

portanto, em $x = 1$ a função tem um mínimo.

$$h''(100) = 0,000002(-1200 + 606) < 0$$

e, portanto, em $x = 100$ a função tem um máximo, o que quer dizer que quando a população for de 100 milhares de baleias é quando se dá o

maior crescimento. Como,

$h(100) = 1,94$ a produção máxima sustentada é de 1,94 milhares de baleias ou soja 1940 balcias.

O mínimo é de aproximadamente $-0,0006$ milhares de baleias.

Para traçarmos o gráfico da função precisamos ainda de conhecer como se orientam as concavidades da curva e quais os pontos de inflexão. Estes correspondem a pontos onde a segunda derivada se anula.

$$\text{Ora, } h''(x) = 0 \Leftrightarrow -12x + 606 = 0 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow x = 50,5.$$

A função tem, então, um ponto de inflexão para $x = 50,5$ e o valor dela nesse ponto é $h(50,5) = 1,09$.

	0	50,5	$+\infty$
$h''(x)$	+	0	-
$h(x)$	∪	P. Inf.	∩

Podemos agora traçar um gráfico aproximado desta função já que é impossível, a esta escala, representar, correctamente, todos os pontos importantes (ver fig. 1).

A baleia azul — que política de capturas

Esta espécie encontra-se severamente ameaçada, não só devido ao elevado grau de poluição dos oceanos, como também devido ao facto de os seus próprios recursos alimentares estarem ameaçados e cada vez mais reduzidos. Outra das razões, e talvez a mais importante, é a excessiva captura.

De facto, a captura de baleias levou quase à sua extinção. Desde 1986, a Comissão Baleeira Internacional que congrega uma série de países, determinou:

- a protecção dos exemplares imaturos;
- a limitação do número de exemplares capturados;
- a interdição da captura das espécies mais ameaçadas.

A Islândia, o Japão, a Rússia e a Noruega continuam no entanto a apanhar estes animais para "fins científicos".

Em 1994 a população das baleias

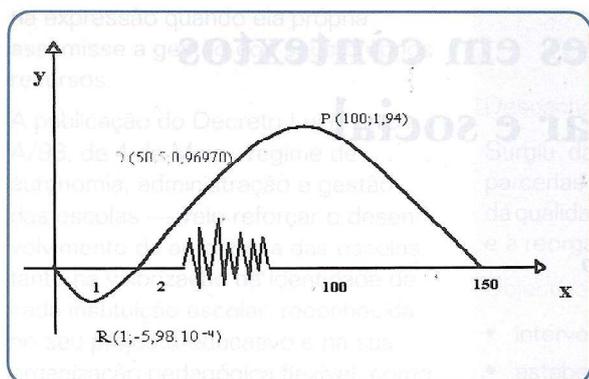


figura 1- Gráfico da função de reprodução da baleia azul.

azuis tinha recuperado, registando-se cerca de 50000 exemplares, ainda longe de 100000 onde se atinge a produção máxima sustentada. Se estivéssemos acima deste valor a captura de baleias não prejudicaria a população, sendo, no entanto preciso estabelecer quotas de captura — a captura ideal seria a diferença entre a população corrente e 100 milhares. Seria também preciso avaliar sistematicamente a população.

Ora, os oceanos são património da Humanidade. Por isso, as baleias são de toda a gente. É, pois, difícil definir medidas que sejam acatadas por todos os povos.

Mas suponhamos que isso era possível. Punha-se então o problema de vigiar uma região tão vasta como os oceanos e, portanto, vigiar a aplicação dessas medidas. Nesta vigilância têm-se empenhado importantes organizações não governamentais como a Green Peace.

A diminuição desta espécie provoca também um desequilíbrio no sistema, na medida em que leva a uma alteração da cadeia alimentar.

Do ponto de vista de cada país é difícil a um governo impor aos cidadãos uma proibição de capturas, quando perto das suas águas vêm pescar barcos de outros países.

Tanto mais que a baleia representa um recurso económico importante, porque dela tudo se aproveita. Por exemplo, a pele é aproveitada para o fabrico de couro, os dentes (de marfim), são utilizados no fabrico artesanal de peças decorativas, da gordura extrai-se óleo e toucinho, o sangue entra na composição de

fertilizantes e de cola, o âmbar¹ é aproveitado no campo da perfumaria e a carne tanto faz parte da alimentação humana como é transformada em alimentos para animais.

Porém, para quase todas estas aplicações é possível arranjar substitutos e os óleos ficam mesmo mais baratos obtidos doutro modo.

Em consequência do que atrás foi referido, a caça à baleia deve ser feita conscientemente, tendo em atenção todos os aspectos que se relacionem com a sua reprodução e sobrevivência.

Alguns dados alarmantes

A exploração de florestas, solos, água e espécies marinhas está a ser levada para além dos limites, devido ao crescimento populacional e ao desenvolvimento industrial. Na próxima década, a falta de água poderá vir a ser um dos maiores problemas do mundo, devido ao aumento da utilização agrícola, comercial e doméstica. Assim, 28 países têm já falta de água doce. Um terço da população mundial vive em países que apresentam graves problemas de escassez de água potável e até 2025 este número pode subir para dois terços se nada for feito em sentido contrário.

Apesar da tendência decrescente nos últimos anos, a diminuição da área florestal prossegue de forma preocupante. Um total de 13,7 milhões de hectares de floresta — mais ou menos o tamanho do Nepal — são cortadas ou queimadas todos os anos.

A poluição marinha — cerca de 80% é causada por actividades terrestres — ameaça a saúde e o ambiente de 2/3 da humanidade que vive nas zonas costeiras. Quase 60% dos bancos de pesca estão sobre-explorados ou completamente esgotados, o que exige uma acção urgente.

Deste estudo concluímos que será necessário tomar medidas drásticas de modo a evitar o esgotamento dos

recursos naturais, pois só assim será possível que as gerações futuras possam usufruir das mesmas condições que nós.

Nota

¹Substância de cor cinzenta e cheiro análogo ao do almíscar que se encontra nos intestinos destes animais.

Bibliografia

Berrestord, G.C. (1996) . *Applied Calculus*. Boston : Houghton Mifflin.

Cristina Grazina, Cristiana Reis, Rosa Palma, Sónia Martins, Paulo Pereira
Estudantes da ESGHT da Universidade do Algarve

Nota da professora

Este trabalho é o culminar de uma unidade didáctica dedicada à dinâmica das populações que ocupou os alunos durante quatro aulas de hora e meia e mais algum tempo extra-aula impossível de contabilizar.

Nesta unidade, os alunos começaram por interpretar e construir gráficos que traduziam a evolução de diferentes populações fictícias. A dado passo foram, então, introduzidos, a propósito de uma situação também fictícia, os conceitos de biomassa, capacidade de carga, produção máxima sustentada. Durante este estudo foram, duas vezes, confrontados com situações reais, na área das pescas, e convidados a interpretá-las ou a tomar partido face a opiniões divergentes.

A função que traduz a variação da população de baleias foi-lhes, depois, fornecida. Solicitava-se que estudassem a dinâmica dessa população e que depois escrevessem um texto em que o problema da caça à baleia fosse equacionado em termos económicos, ecológicos e políticos.

A apresentação escrita deste texto foi a única tarefa exigida a todos os grupos, tendo sido objecto de avaliação para todos.

Todas as outras questões foram tratadas nos pequenos grupos e, depois, apresentadas e discutidas no grupo turma. A apresentação esteve a cargo de outro grupo.

Posteriormente, este grupo incluiu este texto num trabalho mais vasto em que se ocuparam também dos recursos naturais não renováveis.

Leonor Moreira