

O futuro da biodiversidade

Miguel Bastos Araújo

1. Antes de mais, gostaria de agradecer ao Prof. Viriato Soromenho-Marques e à Fundação Calouste Gulbenkian o amável convite para participar nesta conferência e convosco partilhar algumas ideias relacionadas com o futuro da biodiversidade. É um desafio muito invulgar, pelo menos por dois motivos. Primeiro, a chave para compreender o futuro da biodiversidade relaciona-se em parte com a compreensão do passado. Infelizmente, para reconstruir os padrões e processos relacionados com a diversificação da vida na Terra apenas dispomos de elementos de prova fragmentados. Estes elementos não se distribuem ao acaso. São parciais, dado que o registo fóssil não conservou com a mesma qualidade os diversos grupos taxonómicos e nem todas as regiões são igualmente boas para a conservação dos fósseis. Em segundo lugar, mesmo que tivéssemos um conhecimento representativo e imparcial do passado, sabemos, como dizia Mark Twain, que «a história não se repete, mas rima»; ou que, na famosa citação do iogui Berra, «o futuro já não é o que era». Dito de outra forma, compreender o passado não nos dá pistas para fazer previsões para o futuro. Mas é verdade que ajuda a pensar criticamente sobre os processos temporais e é isto mesmo que tentarei fazer.
2. Esta apresentação divide-se em três partes. Na primeira, descreverei sumariamente o que sabemos hoje sobre a biodiversidade e as extinções no tempo profundo. Mais especificamente, falarei dos cinco episódios de extinção em massa, que foram inferidos do registo fóssil. Na segunda parte, discutirei as provas de episódios de extinção que se deram em tempos recentes. Ou seja, no período recente que começa com o fim do Terciário, aproximadamente há

1,8 milhões de anos. Por fim, discutirei as extinções contemporâneas, no contexto das extinções passadas, perguntando se estaremos a assistir à sexta extinção em massa.

3. A Terra formou-se à 4,5 mil milhões de anos (abreviando, 4,5 ga AP, ou seja, giga-anos antes do presente). Primeiro, apareceram as bactérias (3,5 ga AP). O longo intervalo entre 3,5 e 0,6 ga AP é conhecido como Pré-Câmbrico. O registo fóssil deste período é escasso, mas as primeiras provas de fotossíntese datam de cerca de 2 ga AP, e os primeiros eucariotas serão de 1,9 ga AP. Julga-se que na chamada explosão do Câmbrico, em 0,57 ga AP, surgiu uma quantidade extraordinária de formas de vida. É aqui que começa a nossa história.

4. Tratarei principalmente das extinções, pois são o processo mais relevante para perceber o futuro próximo. As extinções globais podem dar-se em questão de dias, enquanto a especiação – a formação de novas espécies – é um processo mais demorado, costumando levar mais de dois milhões de anos. A maior parte dos episódios de extinção (cerca de 95% de todas as extinções) são fenómenos de fundo. Neste pano de fundo há períodos relativamente pouco espectaculares entre picos destacados a que se dá o nome de extinções de massa. As extinções de fundo não são provocadas por grandes catástrofes, mas sim por pequenas alterações climáticas, esgotamento de recursos, competição, doenças e outras mudanças que exigem adaptação e flexibilidade. As extinções de massa, por sua vez, são acontecimentos extraordinários. Habitualmente, são extinções que (1) se dão por todo o mundo (não são acontecimentos regionais); (2) envolvem grande número de espécies (e por grande queremos dizer proporções frequentemente superiores a metade da biodiversidade mundial); (3) envolvem diversos tipos de espécies (e não ramos específicos da árvore da vida); e (4) dão-se num tempo geológico curto (ao contrário das extinções de fundo).

5. É genericamente consensual que houve cinco grandes extinções de massa durante a história da vida, sucessivamente no fim dos períodos Ordoviciano, Devoniano, Permiano, Triássico e Cretáceo (também conhecido como K-T, ou seja, fronteira entre os períodos Cretáceo¹ e

¹ Usa-se «K» para evitar confusão com os períodos Carbonífero e Câmbrico.

Terciário). A extinção mais famosa será provavelmente a do K-T, pois representa o fim dos dinossauros, embora neste período tenham também desaparecido espécies e géneros de praticamente todos os grupos de plantas e animais. Os animais marinhos perderam 34% dos seus géneros e entre os animais terrestres a leva foi ainda maior.

6. O que poderá ter desencadeado perdas tão elevadas? As extinções de fundo são muitas vezes causadas por factores biológicos, sendo que os problemas mais importantes têm a ver com as pequenas dimensões das populações (por exemplo, estocacidade demográfica; deterioração genética e social). A competição também pode desempenhar um papel importante, especialmente quando fauna e flora que evoluiu em isolamento é agrupada por processos naturais de invasão ou por acontecimentos geológicos externos, como sejam a fusão de massas terrestres até então separadas². Habitualmente, porém, esses factores biológicos têm impactos entre o local e o regional e não afectam toda a biodiversidade de forma indiscriminada. É pois necessário invocar causas físicas para explicar as extinções de massa.

7. Destas causas, a mais popular é aquilo a que David M. Raup chama «rochas que caem do céu». Há provas que sustentam a tese de que a extinção do K-T foi provocada por um grande meteoro que caiu na baía do Iucatão. Julga-se que este acontecimento extraterrestre provocou uma sequência de acontecimentos directos (por exemplo, um grande tsunami) e indirectos (por exemplo, a interrupção da fotossíntese provocada pela nuvem de detritos) que podem ter desencadeado as extinções. Uma das hipóteses mais intrigantes quanto às extinções de massa é a chamada hipótese nemésis, segundo a qual cada extinção em massa ocorre com uma periodicidade de 26 milhões de anos, produzida pela colisão com meteoros da nuvem de Oort³, quando a sua órbita é perturbada por uma estrela negra (com-

² O Grande Intercâmbio Biótico Americano é um desses acontecimentos mais conhecidos.

³ A nuvem de Oort (também chamada Nemésis) é uma nuvem de rochas e poeiras que se julga rodear o nosso sistema solar. No curso da sua órbita de 26 milhões de anos, a nuvem aproximar-se-ia o suficiente da nossa região do sistema solar para provocar chuvas de estrelas na Terra. A nuvem de Oort deve o nome a Jan H. Oort, que em 1950 afirmou a sua existência.

panheira do Sol). É extenso o debate sobre a periodicidade das extinções de massa e não há ainda provas da existência da nuvem de Oort.

8. Têm sido apontados outros mecanismos físicos para explicar as extinções em massa do passado, e envolvem muitas vezes alterações ambientais de grande magnitude. Por exemplo, alterações climáticas devido a actividade vulcânica intensa ou à deriva continental. Em ambos os casos as alterações podem ser abruptas. A deriva continental pode provocar a separação ou a fusão de massas terrestres, o que provocará alterações nas correntes oceânicas, desencadeando alterações abruptas na distribuição global de calor. A mudança do nível do mar é outra das hipóteses alternativas preferidas, sobretudo quanto se trata de ambientes aquáticos. Por fim, as alterações ambientais que implicam o esgotamento de oxigénio em ambientes marinhos rasos, alterações da salinidade das águas oceânicas, chuvas ácidas, poeiras e aerossóis são todos candidatos a culpados pelas extinções em massa.

9. A investigação sobre as causas das extinções em massa prossegue. Há dois factos conhecidos: (1) as extinções de massa varreram um grande número de espécies de todos os grupos por todo o mundo, mas também contribuíram para moldar a evolução da vida (a elas se seguiram grandes irradiações que duraram cerca de 5 milhões de anos); (2) as extinções de massa são episódios raros, desencadeados por acontecimentos ambientais e extraterrestres extraordinários.

10. Se apenas houve cinco extinções em massa, e se estas foram provavelmente provocadas por acontecimentos extraordinários, não terão as alterações climáticas cíclicas do passado causado extinções importantes? Para responder a esta questão, proponho que examinemos em pormenor as provas das extinções que se deram em tempos recentes, ou seja, nos últimos 1,8 milhões de anos, período geralmente conhecido como Pleistoceno.

11. O Pleistoceno caracterizou-se por sequências de períodos glaciares e interglaciares. Há cerca de 900 mil anos, a periodicidade glacial passou de ciclos de cerca de 41 mil anos para ciclos de cerca de 100 mil anos. Estas glaciações, que se julga terem sido mais de 20, variaram em gravidade, mas tiveram efeitos profundos na distribui-

ção de fauna e flora. Por exemplo, alterações na temperatura durante o Pleistoceno levaram a mudanças contínuas no nível dos mares, que por sua vez alteraram as dimensões e configurações das massas terrestres. Durante os períodos frios, a água ficou sequestrada em terra, sob a forma de gelo, e o nível dos mares baixou, o que causou o alargamento e a junção de massas terrestres até aí isoladas (por exemplo, a Grã-Bretanha passou a estar ligada à França). Nos períodos quentes, por seu lado, os níveis do mar subiram, causando uma redução das massas terrestres e aumentando a sua fragmentação. Tendo em conta as imensas alterações climáticas e biogeográficas que se deram no Pleistoceno, será que as espécies se extinguíram em grande quantidade?

12. Não propriamente. Há provas de que 68% dos géneros de árvore se extinguíram na Europa durante a transição do Plioceno para o Pleistoceno, mas na América do Norte sabe-se apenas do desaparecimento de uma espécie de árvore neste período. Estão descritas extinções em massa de animais com mais de 44 kg (ou seja, a megafauna). Uma análise de Koch & Barnosky (2006) dá a entender que, ao contrário das árvores, as extinções da megafauna foram globais: 88% de géneros extintos na Austrália, 83% na América do Sul, 72% na América do Norte, 35% na Eurásia, 21% em África. Estas extinções tiveram duas características em comum. A primeira é terem afectado animais volumosos. A segunda é terem ocorrido no lapso de tempo que começa há 40 mil anos e veio até recentemente.

13. É intenso o debate sobre as causas das extinções da megafauna do Pleistoceno. Se há muitos mistérios por desvendar, como as extinções na América do Sul, há um consenso generalizado de que a expansão das populações humanas ou a interacção entre humanos e as alterações climáticas são parte da explicação. Por exemplo, pensa-se agora que o mamute peludo da Eurásia se extinguiu em consequência de dois processos. O primeiro seria a subida das temperaturas, que empurrou as populações para norte e levou à redução e fragmentação dos *habitats* de pradaria. Este processo teria causado um declínio generalizado das populações euro-asiáticas. O segundo processo seria a interacção com humanos (possivelmente consequência da caça). Pensa-se que os humanos deram o golpe de mise-

ricórdia nas pequenas populações de mamutes que sobreviviam no refúgio gelado do norte.

14. As extinções entre o Pleistoceno e a actualidade podem ser agrupadas em três fases. A fase 1 corresponde à transição do Plioceno para o Pleistoceno. Foi neste período que os climas geralmente mais quentes e húmidos do Plioceno deram lugar aos climas mais frios e secos do Pleistoceno, e nele são conhecidas grandes mudanças nas distribuições de biomas. Por exemplo, as florestas de laurissilva que dominavam a maior parte da Europa do Sul foram gradualmente substituídas por florestas esclerófilas e arbustos. Como se disse, há registos de extinções de árvores na Europa, mas não na América do Norte, fenómeno a que Botkin *et al.* (2007) recentemente deram o nome de Mistério do Quaternário. A fase 2 corresponde à transição do Pleistoceno para o Holoceno, em que se extinguiu a maior parte da megafauna terrestre. Este período começa com a última glaciação e chega até ao presente. Uma vez que no Pleistoceno eram comuns as oscilações climáticas, sem que haja provas da morte selectiva de grandes mamíferos, e como as extinções de megafauna coincidem mais ou menos com as migrações de humanos anatomicamente modernos para fora de África, a tese corrente é a de que foram os humanos quem em última instância levou à extinção da megafauna. Note-se que os impactos humanos parecem ter sido análogos aos impactos das «espécies invasoras» perante fauna e flora nativa não adaptada às capacidades do invasor, com superioridade evolutiva. Podemos portanto generalizar a fase 2, de forma a incluir todas as invasões induzidas por humanos que provocaram grandes extinções de fauna e flora locais. Este mecanismo de extinção inclui as extinções de megafauna à escala continental provocadas pela saída de África dos humanos anatomicamente modernos, mas também as extinções mais recentes causadas pelos navegadores europeus que colonizaram e introduziram animais e plantas em ilhas, quando iam a caminho da Índia e da América (exemplo famoso são as cabras introduzidas na ilha de Santa Helena, que levaram à extinção da sua rica flora endémica). A fase 3 corresponde às alterações de larga escala de *habitats* e ecossistemas que tiveram lugar desde a invenção da agricultura até agora. Actualmente, 24% da produtividade primária bruta do planeta

está nas mãos dos humanos e as nossas actividades ocupam mais de 35% da superfície terrestre. Na fase 3, portanto, as extinções são provocadas pela competição por recursos.

15. Nenhuma destas fases provocou uma sexta extinção no sentido definido no ponto 4. Alguns autores, porém, sugerem que podemos estar agora à beira de uma sexta extinção em massa. Que provas sustentam esta afirmação?

16. É difícil medir extinções em tempo real. Quanto mais não seja porque os cálculos que temos da biodiversidade são muito incompletos. Até agora, foram descritas 1,8 milhões de espécies, mas as estimativas levam-nos a supor que existirão na Terra entre 5 a 40 milhões de espécies. Destas 1,8 milhões de espécies, apenas se avaliou o estatuto de ameaça de 44 838 (2,5%, valores da avaliação da IUCN de 2008). Das espécies avaliadas, 869 (1,9%) são dadas como extintas, enquanto 257 (0,6%) estão possivelmente extintas; 38% das espécies avaliadas são consideradas ameaçadas de extinção, 8% quase ameaçadas, e em relação a 12% os dados são insuficientes. Serão estas estimativas representativas da biodiversidade mundial? Provavelmente não, pois as espécies avaliadas estão longe de ser uma amostra aleatória do fundo total de espécies existentes.

17. Para suplantarmos a falta de representatividade das avaliações da IUCN, os cientistas têm tentado apresentar estimativas de risco de extinção baseadas nas curvas espécie-área⁴ ou extrapolar a partir das avaliações da Lista Vermelha. Estas estimativas são depois comparadas com estimativas de extinções de fundo efectuadas a partir do registo fóssil, para perceber se as extinções actuais estão em sintonia com os níveis de fundo. Assim, por exemplo, partindo do princípio

⁴ A curva de espécie-área descreve a relação entre a área de uma dada região e o número de espécies que dentro dela se encontram. Quanto maiores as áreas, maior o número de espécies que se espera nelas encontrar. A relação entre área e número de espécies segue uma função de exponenciação matemática. Se S for o número de espécies, A a área e c e z as constantes, então a relação de função exponencial da espécie-área deverá ser: $S = cA^z$. As aplicações das curvas de espécie-área para prever extinções começam habitualmente com previsões das perdas (ou seja, o Δ da equação) de *habitat* (por exemplo, floresta) para depois estimar o resultado S .

de que existem 10 milhões de espécies na terra (estimativa conservadora) e que as extinções de fundo apuradas no registo fóssil é de uma espécie em cada milhão desaparecida por ano, então o número total estimado de espécies em extinção de fundo deverá ser de dez por ano. Recorrendo às curvas de área de espécies, Edward Wilson calcula que actualmente desaparecem 27 mil espécies por ano. Prevê-se assim que em 2020, caso não sejam tomadas quaisquer medidas, 22% das espécies estejam extintas. Recorrendo a uma metodologia diferente baseada em extrapolações das actuais listas Vermelhas da IUCN, Georgina Mace faz uma estimativa de 14 a 22% de espécies e subespécies desaparecidas nos próximos 100 anos. As duas análises dão resultados muito diferentes, mas ambas concordam que as actuais extinções vão muito acima das taxas de fundo.

18. Estas previsões têm alguns problemas. As curvas de espécie-área foram propostas para prever quantas espécies se encontrariam em ilhas de tamanhos diferentes, mas o seu uso em previsões de risco de extinções está longe de ser consensual. As extrapolações feitas das avaliações da Lista Vermelha da IUCN também levantam problemas, porque as espécies avaliadas são parciais em termos taxonómicos e regionais e não há provas de que as extinções sejam equivalentes nas espécies não avaliadas. Por fim, as extinções de fundo são apuradas em períodos temporais muito longos (tempo profundo) e escondem oscilações que podem ser muito grandes e ficar bem acima das tendências de longo prazo. Portanto, comparar extinções de curto prazo com taxas de fundo de longo prazo pode não oferecer informação estatisticamente significativa para comparar as actuais extinções com as de fundo.

19. Dada a informação disponível, podemos afirmar com segurança que as extinções e ameaças à persistência das espécies estão a ocorrer a nível global e num período geológico curto. No entanto, para as extinções contemporâneas serem consideradas extinções de massa (ver ponto 4) teria que se verificar um grande número de extinções de espécies muito diferentes. Não há provas de nenhum destes dois critérios, o que não implica que não estejam a verificar-se. Apenas que a informação não existe ou que ainda não se atingiram pontos de viragem.

20. Além disso, as três fases de extinção descritas no ponto 14 não fornecem uma imagem exaustiva das pressões contemporâneas sobre a biodiversidade. Provavelmente, ainda se verificam a nível global os impactos relacionados com a fase 3 (alterações dos *habitats*). As previsões quanto ao crescimento da população humana e aumentos da apropriação *per capita* dos recursos por humanos têm tendência a aumentar, reduzindo assim a quantidade de energia e espaço disponíveis para outras espécies. Ainda se estão a dar os impactos das invasões biológicas descritas na fase 2. Com o comércio a tornar-se efectivamente global, há mais espécies invasoras a espalhar-se pelo mundo, desencadeando-se novos impactos sobre a biodiversidade nativa. Por fim, as alterações climáticas contemporâneas já estão a causar mudanças na fenologia e distribuições das espécies, prevendo-se mais impactos para este século.

21. Pensa-se que os impactos das alterações climáticas presentes serão mais severos nas margens mais frias do globo, projectando-se o desaparecimento de comunidades inteiras de espécies árticas e alpinas, face ao aumento das temperaturas e à impossibilidade de se deslocarem para outras paragens. Os locais mais quentes e mais secos também deverão enfrentar alterações drásticas, pois o aumento da aridez pode forçar espécies a subsistir para além dos seus níveis de tolerância. Noutras regiões, as alterações climáticas forçarão as espécies a afastar-se das suas localizações actuais. No passado, as espécies conseguiram adaptar-se procurando climas adequados e dispersando as suas populações. E sabe-se que algumas espécies se deslocaram para norte em resposta ao recente aquecimento; por exemplo, na Grã-Bretanha um estudo mostrou que um grande número de espécies animais de vários grupos taxonómicos mudou a sua distribuição para norte num período recente de 30 anos. A questão é saber quantas espécies terão opção semelhante. Por outras palavras, se várias das espécies que sobrevivem em áreas protegidas terão capacidade para 1) encontrar *habitats* adequados noutras partes; 2) chegar a esses *habitats* noutras lugares por dispersão através de paisagens frequentemente hostis.

22. Afirmei que acrescentar as alterações climáticas às ameaças já conhecidas à biodiversidade coloca desafios acrescidos que se podem

revelar inultrapassáveis. As espécies parecem estar agora expostas a uma combinação de todas as ameaças documentadas no ponto 14: prevê-se que as alterações climáticas se agravem durante o século XXI e que se dêem num período muito curto (o que respeita às extinções da fase 1); as invasões biológicas estão em expansão devido ao funcionamento de uma economia verdadeiramente global (o que respeita às extinções da fase 2) e as modificações de *habitats* estão a intensificar-se em várias partes do mundo devido ao crescimento da população humana (fase 3). É provável que a combinação destas três fontes de ameaça e suas sinergias cause uma nova fase de extinções (fase 4), que poderá potencialmente conduzir a uma sexta extinção em massa, a menos que sejam postas em prática estratégias de conservação proactivas.

23. Comecei esta intervenção com a pergunta «terá a biodiversidade futuro?». A resposta é, claramente, sim. A biodiversidade já passou por tempos difíceis no passado e não há motivos para supor que vá ser diferente desta vez. Mas estamos de facto a exercer pressão sobre a biodiversidade tal como a conhecemos. Parillhamos o planeta com uma biodiversidade que co-evoluiu connosco, que nos permitiu ganhar e tornarmo-nos espécie dominante. Se causarmos uma sexta extinção em massa, a biodiversidade acabará por recuperar, à semelhança do que já sucedeu antes. Não seria um processo rápido (no passado, a biodiversidade levou cerca de 5 milhões de anos a recuperar de extinções em massa). Não fazemos sequer ideia de que formas de vida surgiriam na sequência de uma crise de extinções presente, nem se dariam azo a algum tipo de civilização. Mas uma coisa é certa: uma extinção de massa nos nossos tempos deixaria a humanidade a viver num mundo empobrecido em termos de biodiversidade para o resto da sua existência. Pessoalmente, é perspectiva que não me agrada. Julgo que também não agradará à maior parte das pessoas.