

## PROBLEMAS RELATIVOS ÀS EXTINÇÕES DE ORGANISMOS

S. Petri<sup>1</sup>

### RESUMO

Extinções de categorias taxonômicas são tão importantes no registro geológico que elas devem ser consideradas como constituintes intrínsecos da vida.

As *extinções terminais*, isto é, as que não deixam descendentes, podem ocorrer em ritmo lento ou rápido, sob o ponto de vista geológico; neste caso são impropriamente chamadas de *extinções em massa*.

As extinções terminais, do limite Cretáceo/Terciário são as mais estudadas desde a publicação de ALVAREZ et al. (1980), revelando a existência de alta concentração de irídio em argilas depositadas durante a transição do Cretáceo para Terciário, em muitos lugares da Terra.

A ampla distribuição geográfica da anomalia de irídio indica que severas condições ambientais ocorreram na transição K/T, que poderiam ter causado forte impacto sobre a vida. O estudo pormenorizado da distribuição bioestratigráfica de algumas categorias taxonômicas ao longo das camadas depositadas antes, durante e depois da anomalia de irídio, demonstra que os processos de desaparecimento dessas taxa se iniciaram antes da anomalia de irídio e que o fenômeno responsável por esta anomalia ocorreu quando muitas taxa já tinham sido reduzidos em número e diversificação.

O estudo das extinções ocorridas durante o Quaternário é de grande valor para se entender a natureza das extinções mais antigas. As extinções durante o Pleistoceno foram, provavelmente, motivadas pelas variações climáticas, acrescidas da ação predatória de animais, principalmente do homem. O avanço da civilização provocou novas extinções de espécies durante o Holoceno, além de outras em vias de extinção a despeito dos esforços dos conservacionistas. Se essas duas épocas fossem mais antigas, suas extinções seriam comprimidas no tempo e os geólogos as agrupariam em uma extinção em massa e uma catástrofe seria invocada.

### ABSTRACT

Extinctions of taxonomic categories are so important in the geological record that they have to be viewed as an intrinsic constituent of life. *Terminal extinctions*, meaning extinctions which leave no descendants, may occur at slow or fast rates, geologically speaking. Often in the latter case they are inappropriately referred to as *mass extinctions*.

The terminal extinctions at the Cretaceous/Tertiary boundary are the most studied of the so-called "mass extinctions". A paper published by ALVAREZ et al. (1980), revealing the existence of an anomaly in iridium concentration in clays deposited at this boundary in many parts of the world, started a boom of publications that attempt to explain this phenomenon and

<sup>1</sup> Instituto de Geociências, USP e Instituto Geológico da Secretaria Estadual do Meio Ambiente

its possible relation to extinctions. The worldwide distribution of this anomaly means that something unusual happened at the K/T limit that might have affected life, but detailed study of the biostratigraphical distribution of taxonomic categories in the beds laid down before, during and after the iridium anomaly clays demonstrates that the deterioration processes of these taxa started before the iridium anomaly. Thus, the phenomenon responsible for this anomaly affected already impoverished faunas.

The study of extinctions during the Quaternary Period is particularly elucidative with respect to this problem. The Pleistocene extinctions were probably due to climatic fluctuations eventually enhanced by the action of predatory animals, mainly man. The encroachment of civilization has contributed to Holocene extinctions in spite of the efforts of conservationists. Viewed from a geological perspective, such extinctions would probably be packed together as a single "mass extinction" and a possible catastrophe sought as its unique cause despite the fact that at least two events with distinctly different causes were involved.

## INTRODUÇÃO

No registro geológico, extinções de espécies e de outros taxa são tão comuns que as extinções podem ser consideradas como fenômenos inerentes à vida e à sua renovação. Assim como a morte faz parte intrínseca da vida, pois os indivíduos devem dar lugar a outros em uma renovação contínua, as extinções fazem parte da necessidade de renovação, agora de espécies. Apesar das extinções virem acompanhando a vida desde que ela surgiu na Terra, há cerca de 3,8 bilhões de anos, elas nunca conseguiram varrer a vida da superfície do planeta. O espetáculo de grande número de indivíduos de determinada espécie animal, que se suicida atirando-se do alto de fjords noruegueses, para assim preservar a espécie, que de outro modo desapareceria por superpopulação, é muito elucidativo, nesse contexto.

Quando se fala em *extinção*, deve-se distinguir as terminais das evolutivas. Uma espécie pode-se extinguir quando, por processos evolutivos, passa para outra, que é sua descendente; não houve propriamente extinção. No sentido estrito do termo, as extinções só são as terminais, isto é, quando a categoria taxonômica desaparece sem deixar descendente. Em virtude das extinções por evolução, as espécies e mesmo gêneros de passado relativamente remoto, não são os mesmos de hoje. *Lingula* tem sido citado como gênero de grande durabilidade e teria existido desde o Ordoviciano até hoje. Contudo, estudos mais pormenorizados provavelmente colocariam os lingulídeos mais antigos em gêneros diferentes do atual.

A duração média das espécies varia de taxa para taxa e com o intervalo de tempo geológico em consideração. SIMPSON (1952) sugeriu a duração média de 0,5 a 5 milhões de anos para espécies de invertebrados marinhos. DURHAM (1971, in RAUP, 1981) mencionou 6 milhões de anos para espécies de equinodermos. RICHARDS (1977, in RAUP, 1981) citou 1,9 milhões de anos para os graptólites silurianos. KENNEDY (1977, in RAUP, op. cit.) 1,2 a 2 milhões de anos para a duração de espécies de amonóides mesozóicos. Para gêneros de invertebrados marinhos, Raup calculou 24,8 milhões de anos.

As extinções terminais podem ocorrer, geologicamente falando, em ritmo relativamente lento (ritmo de Lyell) ou acelerado, em certos intervalos de tempo. Neste caso, são chamadas, impropriamente, de *extinções em massa*. O termo é infeliz pois conduz à idéia de "extermínacões" generalizadas e em tempo muito curto, mesmo em termos humanos, idéia esta não condizente com a realidade.

## TEORIAS DE EXTINÇÕES TERMINAIS POR FATORES DE ORIGEM EXTRA-TERRESTRE

Existe grande número de teorias que procuram explicar as extinções "em massa", algumas colocando as causas no próprio globo terrestre e outras fora do globo. Não se enumeram aqui todas elas, por fugir ao escopo do presente trabalho, ainda mais, tendo em vista que a maioria delas foi descartada. Deter-nos-emos sobre a teoria dos efeitos do impacto de um corpo celeste sobre a Terra para explicar, principalmente, a extinção do fim do Cretáceo, por ser a que tem sido muito discutida ultimamente. Apenas de passagem, lembramos que outras extinções "em massa" ocorreram e, segundo SCHOPF (1974), a que teve lugar na passagem Permiano-Triássico foi mais drástica do que a do fim do Cretáceo.

A verificação da alta concentração de irídio e de outros elementos-traço em argilas no limite Cretáceo-Terciário (ALVAREZ et al., 1980), deflagrou grande número de trabalhos sobre o tema durante toda a década de 80. Anomalias de irídio foram observadas em 75 depósitos marinhos e em alguns não-marinhos, espalhados por todo o globo terrestre, sempre na mesma posição estratigráfica. ALVAREZ et al. (op. cit.) interpretaram esta anomalia como tendo sido causada pelo impacto de um grande meteoro sobre a Terra, e cuja explosão teria injetado na atmosfera terrestre rocha pulverizada, provocando, por muitos anos, escuridão generalizada em todo o globo, o que teria impedido a fotossíntese e causado abaixamento generalizado da temperatura sobre a Terra, com conseqüências desastrosas para a vida. Variações desta teoria apelam para a intensificação de radiações letais, em decorrência do desaparecimento da camada de ozônio. Outros autores (HSU et al., 1982) preferem falar em passagem da cauda de um cometa. Esta teoria foi levada ao exagero por RAUP & SEPKOWSKI (1986, in BENTON, 1987) que sugeriram a ocorrência de impactos periódicos de corpos extraterrestres, a cada 26 milhões de anos, idéia contestada por muitos autores, que chamaram a atenção para a inexistência de periodicidade regular no registro geológico das extinções "em massa".

Autores como ZALEER et al. (1983, in SAHNI & BEJPUR, 1988) e OLMEJ et al. (1986), citaram emanações de gases ricos em irídio de vulcões como o Kilauea. Recentemente, KÖEBEL (1989) mencionou a ocorrência de poeira vulcânica rica em irídio aprisionada, em diversos níveis, dentro do gelo da Antártica.

Outros pesquisadores como McHONE et al. (1989), contudo, mencionam a ocorrência de minerais de impacto nas citadas argilas da transição Cretáceo/Terciário, que não poderiam ter sido produzidos por gases vulcânicos. VENKATESAN & DAHL (1989) reconheceram a presença de hidrocarbonetos, produzidos por combustão generalizada, nas argilas de transição.

SAHNI e BEJPUR (1988) discutiram os traps vulcânicos do Deccan na Índia, de magnitude semelhante aos nossos derrames basálticos cretáceos da Formação Serra Geral e, baseados em evidências fossilíferas de sedimentos sub- e intra-trap, chegaram à conclusão de que esta grande manifestação vulcânica se situou justamente no limite Cretáceo-Terciário. Estas manifestações vulcânicas, que tiveram reflexos em outras regiões do globo, inclusive no Brasil, sob a forma de intrusões alcalinas, seriam a fonte do irídio.

A procedência do irídio é, portanto, assunto polêmico. Apenas de passagem, como as vulcânicas da Formação Serra Geral e equivalentes de outras regiões do Brasil ocorreram justamente na passagem Jurássico-Cretáceo, e como o fim do Jurássico foi marcado por grande número de extinções, como por exemplo, de amonóides e dinossauros, seria interessante pesquisar ocorrências de anomalias de irídio em camadas de transição entre os dois períodos, em lugares do globo onde elas estão representadas.

#### OBJEÇÕES À RELAÇÃO ENTRE ANOMALIA DE IRÍDIO E AS EXTINÇÕES EM MASSA NO LIMITE K/T

A extensão mundial da anomalia de irídio no limite K/T comprova que algo aconteceu neste intervalo de tempo, que poderia ter contribuído para a deterioração da vida na Terra.

Estudos bioestratigráficos das extinções "em massa", contudo, não comprovam extinções abruptas concomitantes de taxa, havendo, até, certos grupos que passaram relativamente incólumes pelos níveis de extinções. Estes estudos pormenorizados demonstram que o processo de diminuição de frequência da vida iniciou-se muito tempo antes e o "stress" provocado por um acontecimento violento, impacto de meteoro ou qualquer outro fenómeno, apenas veio se somar a outros fatores, podendo, para alguns taxa, ultrapassar seus níveis de tolerância. A situação é semelhante a da da história da civilização. A gota d'água da queda do império romano foi a invasão dos bárbaros, mas o império já vinha se deteriorando muito tempo antes. Alguns taxa florescentes até o limite de períodos geológicos, podem ter seus ritmos de extinção acelerados por algum desastre ecológico de extensão mundial, mas eles poderiam estar sofrendo "stresses" bem antes; as complexas inter-relações dos organismos muitas vezes não deixam evidentes as causas de extinções relativamente abruptas. Importante para se entender esta situação é a observação de SIMBERLOFT (1974) de que os nichos ecológicos vão se tornando cada vez menores, à medida que aumenta a diversidade específica, de modo que eles vão se tornando tão estreitos que qualquer variação das condições ambientais, por menor que seja, pode provocar extinções. Portanto, paradoxalmente, condições ambientais mais favoráveis tornam as espécies mais susceptíveis às extinções. Vale também aqui a comparação com o império romano. Dois exemplos ilustram esta situação:

1) as extinções de organismos marinhos, no limite K/T, foram mais drásticas nas regiões equatoriais, afastadas da costa, do que nas regiões temperadas, tanto que o Daniano da Dinamarca foi por muito tempo objeto de discussão sobre se seria o topo do Cretáceo ou a base do Paleoceno;

2) no Devoniano houve grandes extinções entre o Frasniano e o Famêniano; o Devoniano da Província Malvinocáfrica, admitido como depositado em clima frio, contém espécies com algumas características morfológicas mais conservadoras (CLARKE, 1913 e COPPER, 1977).

A falta de controle bioestratigráfico mais pormenorizado pode fazer com que extinções pareçam mais abruptas do que realmente são. Os exemplos abaixo exemplificam esta assertiva:

1) extinções aparentemente abruptas, examinadas em escala de tempo de pouca precisão, são suavizadas quando observadas em uma escala mais refinada;

2) trabalhos bioestratigráficos que têm por finalidade ressaltar diferenças e não similaridades, como é o caso dos geralmente empregados em companhias de petróleo, carvão, etc., que necessitam de correlações bioestratigráficas através de fósseis índices, introduzem erros nas avaliações das chamadas extinções "em massa";

3) o levantamento pormenorizado dos níveis de extinção, considerando a totalidade das associações, permite ressaltar dois aspectos que debilitam a consideração de catástrofes violentas de âmbito mundial: a) as extinções não foram concomitantes. Com relação a este último item, pode-se citar que a análise detalhada nos níveis de extinção de diversas superfamílias de *Ammonoidea*, que teriam se extinguido abruptamente no limite K/T, segundo SCHINDEWOLF (1962) e BRAMLETTE & MARTINI (1964, in KAUFMAN, 1984), mostra que o desaparecimento não é simultâneo e, mais ainda, considerando-se a abundância de seus representantes, verifica-se que as extinções vão se tornando cada vez mais raras à medida que se aproxima do limite K/T (KAUFMAN, op. cit.).

De acordo com DONOVAN (1987), na seção de Zumaya, Espanha, os *Inoceramidae* desaparecem gradativamente ao longo de alguns milhões de anos antes do limite K/T. Em relação aos *Ammonoidea*, há três níveis de desaparecimento no Neomaastriachtiano. No último nível, o desaparecimento completo dos *Ammonoidea* ocorreu cerca de 10 m antes do limite K/T, que seria marcado pelo nível de argila com anomalia de irídio. O fim dos *Ammonoidea*, nesta seção, não pode ser correlacionado com nenhum outro evento biótico. Outro grupo de moluscos que exhibe padrão de extinção não condizente com noção de extinção em massa, é o dos rudistas. A maioria

dos rudistas desapareceu antes do fim do Cretáceo e, na Jamaica, os últimos rudistas foram extintos por eventos vulcânicos, antes do fim do Cretáceo, de acordo com DONOVAN (op. cit.).

Mesmo no exemplo de grandes extinções coincidentes com o limite K/T, como no caso dos foraminíferos planctônicos, representantes do gênero *Globigerina* ultrapassam este limite.

Os dinossauros teriam se extinguido antes do fim do Cretáceo, marcado pela anomalia de irídio. Em Montana, há referências da ocorrência dos últimos restos de dinossauros, 10 m abaixo da anomalia de irídio. Datasções por intermédio do paleomagnetismo seriam de grande utilidade para precisar melhor os níveis de extinção. Contudo, neste campo ainda não se chegou a datasções suficientemente precisas e inquestionáveis (RUSSELL, 1984, in BERGGREN & VAN COUVERING, 1984); b) Algumas categorias taxonômicas atravessaram, relativamente incólumes o limite K/T; 75% dos gêneros de *Bryozoa Cheilostomata* presentes no Maastrichtiano passam para o Daniano e 53% continuam no Montiano (KAUFMAN, 1984).

Tartarugas: em Montana, mais de 3000 espécies de tartarugas foram catalogadas em 510 localidades do Maastrichtiano e do Eopaleoceno (HUTCHINSON & ARCHIBALD, 1986). Dos 19 gêneros do Maastrichtiano, 15 sobreviveram no Paleoceno. A magnitude de mudança em diversidade através do limite K/T é menor em comparação com as diversas épocas do Terciário.

O exemplo mais espetacular diz respeito às angiospermas (HICKEY, 1984, in BERGGREN & VAN COUVERING, 1984). As angiospermas iniciam vigorosa expansão no último quarto do Cretáceo. Os fósseis mais freqüentes são os pólenes. Embora seja motivo de controvérsia se os pólenes fósseis possam ser relacionados aos recentes, eles testemunham ausência de quebra significativa entre o Cretáceo e o Paleoceno, mais nitidamente com relação ao complexo Normapollis. A falta de reflexo nítido entre as angiospermas, da passagem K/T, suscitou a hipótese de que estas plantas teriam atravessado o limite fatídico através de sementes que resistiriam às condições adversas. Contudo, maior queda na distribuição no limite deveria ser esperado. Além disso, HICKEY (1984, in BERGGREN & VAN COUVERING, eds., 1984), para efeito de comparação, examinou o limite Paleoceno/Eoceno, onde nenhuma catástrofe foi invocada e verificou extinção de 1/3 da palinoflora e 1/2 da megafiora nos últimos 10 m do Paleoceno, sem aparente quebra no registro sedimentar. Se houve tantas extinções neste limite, com maior razão dever-se-ia esperar extinções mais abruptas no limite K/T.

## A TEORIA DAS PLACAS E AS EXTINÇÕES

De acordo com VALENTINE & MOORES (1970), as evidências se acumulam no sentido de que a tectônica de placas esteve ocorrendo na Terra há, pelo menos, 3 bilhões de anos. Haveria junção e separação das placas por diversas vezes, durante o tempo geológico. Com a junção dos continentes, aumenta a massa continental contínua, as províncias faunísticas ficam comprimidas e os climas se tornam extremos; aumenta o volume das bacias oceânicas sem aumentar a quantidade de água havendo, por isso, regressão dos mares, abaixamento do lençol freático e extensão de climas secos. De acordo com KAUFMAN (1984), a diminuição do gradiente termal dos oceanos, no fim do Cretáceo, teria provocado diminuição das correntes pólo-equador e aparecimento de fases de anoxia (ocorrentes, também, em outras épocas do Cretáceo) que teriam ocasionado as extinções de formas, inclusive as planctônicas.

## CONCLUSÕES

A história das extinções "em massa" é muito complexa e pode envolver diferentes causas atuantes em tempos diferentes. O último período de extinção acelerada é o do Quaternário. As causas do início das extinções do Quaternário poderiam ter sido as flutuações

climáticas do Pleistoceno, acrescidas de ações predatórias, inclusive do homem e, finalmente, no Holoceno, através do avanço da civilização, limitando os nichos ecológicos e ocasionando desaparecimento de diversas espécies. ZISWILLER (1967, in SCHOPF, 1974) relacionou 147 espécies só de aves e mamíferos, que se extinguíram nos últimos 200 anos. A extinção do dodô em Madagascar, com a chegada do europeu, é muito interessante, pois causou o desaparecimento de uma espécie de árvore, aparentemente sem relação com o dodô, mas cujas sementes eram dispersas por este animal que se alimentava de seus frutos. Este exemplo mostra como certas extinções podem ter causas obscuras por falta de melhor conhecimento das relações entre as espécies.

Somando-se às 147 espécies relacionadas por ZISWILLER (op. cit.) às que estão em vias de extinção, apesar da ação dos conservacionistas, e os grandes mamíferos que se extinguíram no Pleistoceno, verifica-se exemplo de extinção "em massa" sem necessidade de se apelar para catástrofes terrestres.

A data das extinções dos grandes mamíferos pleistocênicos é geologicamente pouco recuada. Há 10.000 anos apenas, o homem caçava megatérios na atual República do Equador. Sob o ponto de vista geológico, as extinções do Pleistoceno e do Holoceno podem ser comprimidas em uma única fase, como tem sido feito para outras idades geológicas mais recuadas. As extinções ocorreram sem reposição de espécies, ocasionando diminuição da diversidade específica nos seus dias. Se este grande número de extinções tivesse ocorrido em data geológica mais recuada, os paleontólogos estariam falando em extinção em massa. Pode-se mesmo pensar em extinções intraspecíficas causadas por variações ambientais e competição. Quantas tribos indígenas das Américas se extinguíram após a chegada do europeu?

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ, L.W.; ALVAREZ, W.; ASARO, F.; MICHEL, H.V. (1980) Extraterrestrial cause for the K-T extinction. *Science*, 208(4448):1095-1107.
- BENTON, M.J. (1987) Do mass extinctions select their targets? *Geology Today*, 3(2):48-50.
- BERGGREN, W.A. & VAN COUVERING, J.A. (1984) *Catastrophes and earth history - the new uniformitarianism*. Princeton, University Press. 464p.
- CLARKE, J.M. (1913) Fósseis devonianos do Paraná. *Monografia SQM/DNPM*, 1:1-353.
- COPPER, P. (1977) Paleolatitudes in the Devonian of Brazil and the Frasnian-Fammenian mass extinction. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 21(3):165-207.
- DONOVAN, S.K. (1987) How sudden is sudden? *Nature*, 328(6126):109.
- HSÜ, K.J.; HE, Q.; MCKENZIE, J.A.; WEISSERT, H.; PERCH-NIELSEN, K.; OBERHÄNSLI, H.; KELTS, K.; LABRECQUE, J.; TAUXE, L.; KRÄHENBÜHL, U.; PERCIVAL Jr., S.F.; WRIGHT, R.; KARPOFF, A.M.; PETERSEN, N.; TUCKER, P.; POORE, R.Z.; GOMBOS, A.M.; PISCIOTTO, K.; CARMAN Jr., M.F.; SCHREIBER, E. (1982) Mass mortality and its environmental and evolutionary consequences. *Science*, 216(4543):249-256.
- HUTCHINSON, J.H. & ARCHIBALD, J.D. (1986) Diversity of turtles across the Cretaceous/Tertiary boundary in Northeastern Montana. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 55(1):1-22.

- KAUFFMAN, E.G. (1984) The fabric of cretaceous marine extinctions. In: BERGGREN, W.A. & VAN COUVERING, J.A. **Catastrophes and earth history; the new uniformitarianism**. Princeton. Princeton University Press. p.151-246.
- KOEBEL, C. (1989) Iridium enrichment in volcanic dust from blue ice fields. Antarctic and possible relevance to K/T boundary event. **Earth and Planetary Science Letters**, 92(3/4): 317-322.
- McHONE, J.F.; NEIMAN, R.A.; LEWIS, C.F.; YATES, A.M. (1989) Stishovite at the Cretaceous-Tertiary boundary Raton, New Mexico. **Science**, 243(4895):1182-1183.
- RAUP, D.M. (1981) Extinction: bad genes or bad luck? **Acta Geologica Hispanica**, 16(1/2): 25-33.
- SAHNI, A. & BAJPAR, S. (1988) Cretaceous-Tertiary boundary events: the fossil vertebrate, palaeomagnetic and radiometric evidence from Peninsular India. **Journal of the Geological Society of India**, 32(5):382-396.
- SCHOFF, T.J.M. (1974) Permian-Triassic extinctions: relation to sea-floor spreading. **Journal of Geology**, 82(2):129-143.
- SIMBERLOFF, D.S. (1974) Permo-Triassic extinctions: effects of area on biotic equilibrium. **Journal of Geology**, 82(5):267-274.
- SIMPSON, G.G. (1952) How many species? **Evolution**, 6:342.
- VALENTINE, J.M. & MOORES, E.M. (1970) Plate-tectonic regulation of faunal diversity and sea-level: a model. **Nature**, 228(5272):657-659.
- VENKATESAN, M.I. & DAHL, J. (1989) Organic geochemical evidence for global fires at the Cretaceous Tertiary boundary. **Nature**, 338(6210):57-60.