

A origem do Zebu – Parte 1

Os milhões de anos que construíram o Zebu

Rinaldo dos Santos – 2016

(Não só autorizamos, como sugerimos, que tudo, ou parte, seja copiado e bem utilizado. Agradecemos se citar a fonte).

Abreviações

BYA - bilhão de anos.

MYA - milhão de anos.

KYA - 1.000 anos.

a.C. - Antes de Cristo.

d.C. - Depois de Cristo.

#d.C. - Anos futuros.

2n - Número de cromossomos.

1) A Origem da Vida (de 14,5 BYA a 125 MYA)

Surgimento das características essenciais de todo ser vivo

Antigamente, para o homem primitivo, o limite era o horizonte do oceano intransponível. Depois, ele construiu barcos e o limite passou para bem mais longe, nos confins do planeta Terra. Milhares de anos se passaram e ele construiu aviões; o limite passou para o extremo da Via Láctea. Construiu foguetes e radiotelescópios e o limite ficou ainda mais longe, a milhares de galáxias de distância. No futuro, os limites estarão muito mais longe, a distância não calculada pelos modernos computadores.

Os extremos continuam misteriosos: tanto no fundo das galáxias como no fundo dos mares; tanto como o limite da história futura como o da história do longínquo passado. Para o Homem, eterno curioso, os limites de seu universo continuam cada vez mais longe, para serem conquistados um dia. Cada fóssil descoberto acrescenta alguns milhões de anos na longa história da vida terrestre.

Antes, acreditava-se que Deus havia feito um único mundo; hoje acredita-se que Deus fez o universo com trilhões de mundos, sendo a Terra um deles, minúscula pedrinha no céu. A Ciência diz que, na Terra, aconteceu a combinação de alguns elementos essenciais que levou à vida de minerais, vegetais e animais: tudo que hoje é conhecido como vida.

Por isso a história contada nos livros sobre a evolução do planeta Terra e de seus animais não pode ser considerada palavra final, uma vez que as tecnologias de DNA, tomografias, e outras, são ainda muito recentes. Cada novo fóssil descoberto consegue explicar melhor o que aconteceu há muito tempo na antiguidade da vida e vai montando o fabuloso quebra-cabeça da Ciência. Quando se descobriu o *Myotragus balearicus*, a divergência entre o *Bos* e o grupo *Ovis/Capra* retrocedeu 6 milhões de anos, em uma única tacada. Quando se descobriu o *Archicebus achilles*, um protoprímata chinês, os primatas retrocederam para 55 milhões de anos (incluindo o Homem). Muito há para ser descoberto.

Vários estudos afirmam que um gene tem de 0,1% a 0,38% de chance de se modificar em cada período de um milhão de anos. A evolução de qualquer característica, então, é muito lenta. Quantos milhões de anos um animal gastou para

incluir um chifre em sua cabeça? Quantos genes foram modificados para essa simples mudança?

Neste ensaio, para facilitar a compreensão, foram incluídos:

- a) Visão do planeta Terra nas diferentes épocas;
- b) Origem de todos os seres vivos;
- c) Idade geológica da Terra e de continentes;
- d) Origem de alguns animais populares;
- e) Origem dos primatas e do Homem; f) As grandes extinções.

Todos os fatos e todas as datas seguem a flexibilidade da própria Ciência. A revisão de datas, em trabalhos científicos, apresenta grande variação. Por exemplo:

- *Ruminantia* (Subordem) varia de 39 a 51 MYA;
- *Bovidae* (Família) varia de 23 a 31 MYA;
- *Bovinae* (Subfamília) varia de 14 a 24 MYA;
- *Bovini* (Tribo) varia de 7 a 19 MYA;
- *Ovibovini* (Tribo) varia de 7 a 12 MYA;
- *Bos* (Gênero) varia de 3,3 a 8,5 MYA;
- *Reduncini* (Tribo) varia de 2,7 a 8,3 MYA;
- *Bos primigenius* (Espécie) varia de 0,7 a 6,81 MYA;
- *Bubalini* (Tribo) varia de 1,5 a 4,93 MYA;
- *Bos taurus indicus* (Subespécie) varia de 0,1 a 2,3 MYA.

Para este ensaio, foram escolhidas as datas mais aproximadas dos estudos científicos que compatibilizassem com a sequência das demais. É possível que tais datas sejam homologadas, ou modificadas, por novos fósseis, estudos moleculares e outros que venham a surgir.

Por isso, todas as datas e mesmo sequência de eventos tentam manter um espírito didático, mas - com certeza - tudo isso será muito enriquecido em muito pouco tempo.

Idade	Evento
14,5 BYA	* O começo - Acredita-se que tudo iniciou com uma grande explosão nas trevas celestiais: o "Big-Bang" apontado pelas Escrituras Sagradas, ainda sem data. Os detritos foram se afastando do ponto de origem, unindo-se e formando estrelas, planetas e constelações. Afastando-se, os detritos provocaram muitos outros Big-Bangs. Um deles, perdido na imensidão do universo, gerou tudo que o Homem hoje conhece. O Big-Bang do Homem, portanto, é minúsculo diante do primordial. Assim, não só Deus fica muito mais longe, como a própria origem de todas as coisas. O Big-Bang que interessa ao Homem aconteceu por volta de 14,5 BYA.
8,0 BYA	* A Via Láctea ganha seu lugar e, dentro dela, o sistema solar.
4,57 BYA	* Período Hadeano (Pré-Cambriano) - Vai de 4,567 a 4,0 BYA. É o período em que acontece a formação da Terra (4,57 BYA). Surgem as primeiras moléculas

replicadoras (4,15 BYA). Grandes impactos da Lua (3,92 BYA). Fim do bombardeio de meteoritos (3,85 BYA).

4,57 BYA

✳ **A Terra** - Um punhado de poeira cósmica finalmente vai se consolidando ao redor do Sol. Juntando poeira, a futura Terra está surgindo. Os meteoritos mais velhos e as rochas lunares têm cerca de 4,5 bilhões de anos, mas a rocha mais velha da Terra conhecida atualmente tem 3,8 bilhões de anos.

4,53 BYA

✳ A Terra colide com o pequeno planeta Theia, soltando detritos, os quais irão formar a Lua dentro de alguns milhões de anos. O impacto inclinou o eixo da Terra para 23,5° e também aumentou a rotação do planeta, dando surgimento às placas tectônicas. Estas condições ajudariam no surgimento da vida.



1) A Terra colide com Theia e forma a Lua (Foto: Jan.Kamenicek) - 2) Terra e Theia, colisão Hadeana (Fotos - europa-soberana.blogia).

4,2 BYA

✳ **Crosta** - A Terra, muito lentamente, vai passando do estado líquido para o sólido. Surgem as primeiras rochas propriamente ditas. A Terra recebia Metano, Hidrogênio e Amônia, que existem no Sol e em outros corpos celestes. A superfície da Terra, coberta por lava incandescente, continua esfriando e endurecendo, formando uma espécie de crosta em lugares determinados. Vai surgindo um princípio de hidrosfera.

4,0 BYA

✳ De 4,2 a 4,0 BYA é chamado de período da "química prebiótica", ou seja, da química que formou os componentes básicos que, ao se reunirem, poderiam dar origem à vida.

4,0 BYA

✳ **Período Archeano** (Arcaico) - De 4,0 a 2,5 bilhões de anos. Surgem as primeiras células (3,8 BYA). O primeiro supercontinente: Vaalbará (3,8 BYA). Começa a fotossíntese anoxigênica e surgem os primeiros estromatólitos (3,6 BYA). Acontece a primeira glaciação (3,2 BYA). Começa a fotossíntese oxigênica.

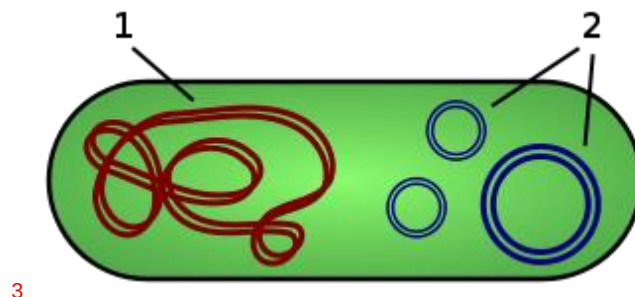
3,8 BYA

✳ **Sopa primordial** - O magma vulcânico continha cerca de 10% de vapor de água sendo expelido para a atmosfera, em milhões de anos consecutivos. O vapor saturou a atmosfera e - influenciado pela alta temperatura, pelos raios ultravioletas e descargas elétricas (relâmpagos) - começou a cair em forma de chuva, significando aminoácidos chegando ao solo. Assim, o planeta tinha Hidrogênio, Carbono, Oxigênio, Nitrogênio, Enxofre e Fósforo. A condensação de vapor em forma de água gerou a "sopa primordial" e ali aconteceria o começo da vida primitiva. A "sopa

primordial" era composta por moléculas simples como água (H₂O), metano (CH₄), amônia (NH₃). A água caía no solo quente e evaporava, mas os aminoácidos permaneciam sobre as rochas ferventes, sendo arrastados para o oceano primordial onde se combinavam para formar proteínas e ácidos nucleicos e outras moléculas. O único lugar seguro para os micro-organismos primitivos eram as profundezas do oceano ou da terra.

3,80 BYA

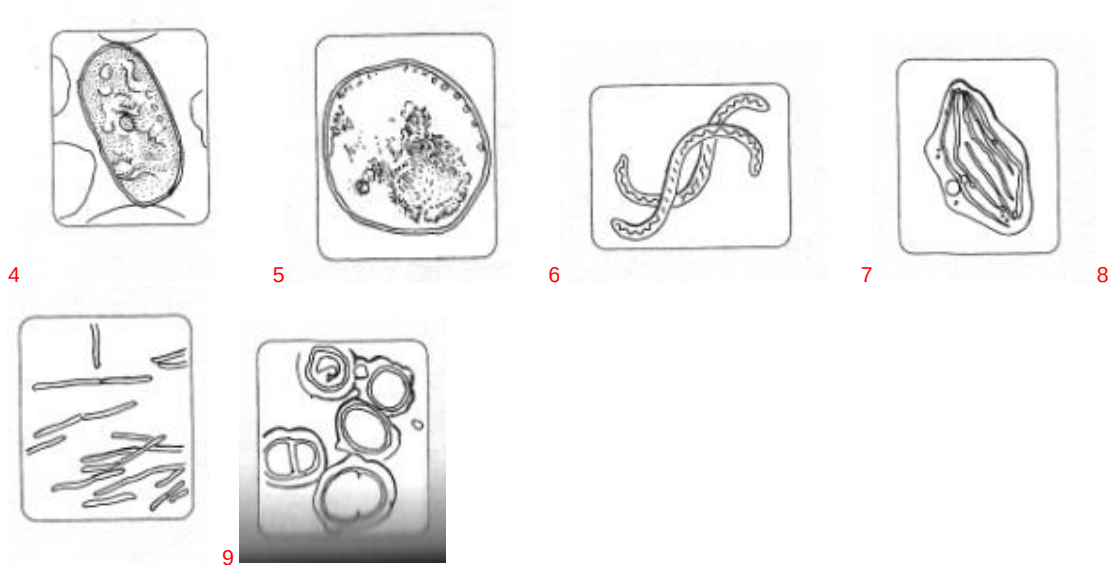
* Algumas moléculas de proteínas e de lipídios formaram uma membrana lipoprotéica para defender o surgimento de uma forma de vida rudimentar. No princípio surgiram três domínios de seres microscópicos: *Eukaria*, *Archaea*, *Eubactéria* - todas no profundo oceano, onde estavam livres da luz ultravioleta, mas capaz de usar a radiação para fabricar moléculas de dióxido de carbono. Ninguém sabe qual foi o primeiro. Cada ser tinha apenas um cromossomo.



3) Esquema do material genético encontrado numa bactéria: 1 - cromossomo bacteriano; 2 - plasmídeos. (Foto: universereview.ca)

* As primeiras células (arqueobactérias), denominadas "*procariotas*", após serem usadas, retornam ao estado original de difosfato ou monofosfato, reiniciando o ciclo, permanentemente. São quimioautótrofas, o "motor da vida" que se repete todo momento na existência dos seres vivos. Utilizam o dióxido de carbono como fonte de carbono e oxidam materiais inorgânicos para extrair energia. Tais células preferem ambientes extremos: água fervente, água salina, pântanos com metano, gás sulfídrico e altas temperaturas. Há fósseis de 3,5 bilhões de anos.

* **Domínio das Eubactérias** - Nessa época os dias duravam 6 horas. O ambiente era hostil e sem vida aparente. Supõe-se que as Eubactérias formam o grupo-irmão de todos os seres vivos, pois se todos fossem extintos, com exceção das bactérias, ainda restaria a maior parte da coleção de seres vivos. "Bactéria" significa "bastonete". Cada grama de comida digerida contém 10 bilhões de bactérias. As bactérias e arqueias exploram o hidrogênio, o sulfeto de hidrogênio e alguns compostos de ferro. Têm uma parede celular, que a protege das agressões do ambiente. Divide-se em: Protobactérias, Planctobactéria, Sphingobactéria, Espiroquetas, Cianobactérias (e Cloroplastos), Eobactérias, Actinobactérias, Firmicutes e Neomura.



Mundo das Arqueobactérias - 4) Protobactérias - 5) Planctobactérias - 6) Espiroquetas - 7) Cianobactérias - 8) Eobactérias - 9) Actinobactérias (Firmicutes). (Foto - Dawkins, p. 39, 2009).

✱ As chaminés vulcânicas no solo oceânico exalavam sulfeto de hidrogênio, gerando sulfobactérias que iniciaram a vida em rochas profundas no solo, em águas quentes ao abrigo dos raios ultravioletas do Sol. Estão lá até hoje.



10 b24845 (RM) © www.visualphotos.com

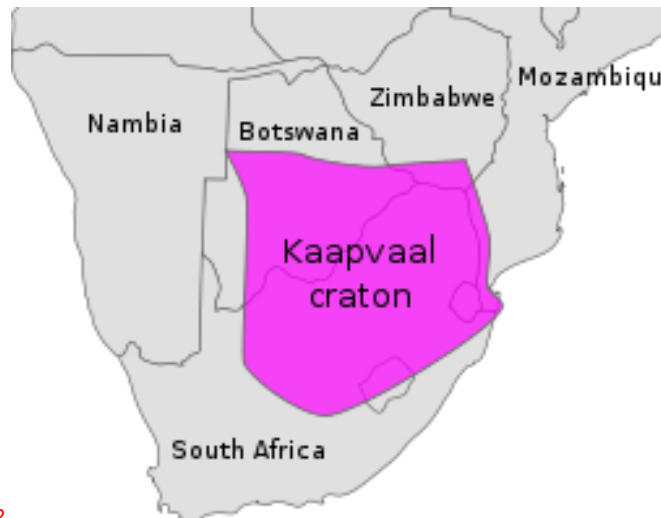


11

3,7 BYA

10, 11) - Duas visões do "*Pyrococcus furiosus*", um organismo atual capaz de viver a 100 °C. (Foto - lalecturadelatierra.wordpress.com)

✱ **Primeiro continente** - Grandes placas sólidas firmam o primeiro continente: Vaalbará, por volta de 3,7 BYA. Seus restos estão, hoje, na África e na região sul da Austrália. Vaalbará irá se fragmentando sobre o plasma até 2,8 BYA.

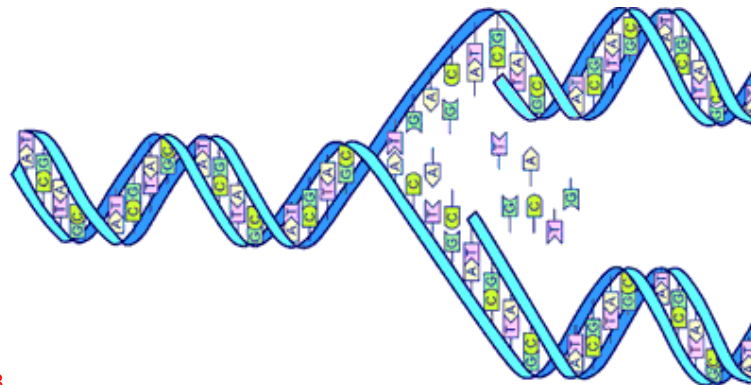


12

12) Resto da parte oeste do primeiro continente, Vaalbará, na África.

3,6 BYA

✱ **Replicação** - De 4,0 BYA a 3,6 BYA as moléculas aperfeiçoaram-se para dar surgimento à vida. Para que uma molécula fosse precursora da vida, era exigido que ela tivesse uma única característica marcante: deveria ser estável o bastante para ser capaz de autocopiar antes que fosse destruída por processos químicos da atmosfera primitiva. Assim, logo que essa molécula surgiu, ela começou a se copiar. E, assim, suas cópias também tinham a capacidade de realizar autocópia. A herança biológica e genética ali surgia pela primeira vez. As moléculas de RNA (mais capazes) usavam recombinação e mutação para explorar novos nichos, desenvolvendo atividades enzimáticas. Era a seleção do mais apto. A seguir, o RNA começou a sintetizar as primeiras proteínas, tornando-se superior aos seus próprios ancestrais. Finalmente o DNA surgiu em cena, copiando as informações do RNA. Assim, o RNA ficou relegado ao papel intermediário que tem até hoje, não ocupando o centro, agora ocupado pelo DNA e enzimas protéicas mais eficazes.



13

13) DNA (ácido desoxirribonucleico) é o replicador mais conhecido. (Fonte: DOE Human Genome project)

3,0 BYA

✱ **Surge a morte** - Durante os primeiros 3 bilhões de anos, desde o surgimento da vida, todos os seres vivos possuíam uma única célula. Apesar de bastante complexos, os seres vivos tinham um ciclo de vida muito simples, captando alimentos do meio ambiente e os utilizando para produzir os componentes de sua única célula. Quando atingia certo tamanho, seus genes eram duplicados e a célula se

dividia em duas idênticas à original. Não ficava um "cadáver", pois a mãe desaparecia para gerar dois novos corpos. Não existia o sexo, as células não precisavam de parceiros para se reproduzir. A evolução chegou aos seres pluricelulares e surgiu a necessidade de células específicas para a reprodução. Foi aqui que começou o sexo e também a morte. A regra natural determina que os genes sejam transmitidos adiante e, para garantir segurança à prole, os pais devem ceder seu espaço: é a morte dos velhos para garantia dos jovens.

3,0 BYA

✱ **Sexo** - O organismo assexual transmite todos seus genes para a cria. Já o organismo sexuado transmite apenas 50%. O sexo, então, é um paradoxo na evolução das espécies. Um dos motivos para o sexo é que as mutações podiam destruir um organismo rapidamente, mas se ele é feito por dois pais a chance é reduzida em 50%, dando tempo de escolher o melhor caminho para a sobrevivência. O sexo, portanto, é um freio que impede o domínio de mutações excessivas. A reprodução sexual, misturando os genes, aumenta as defesas contra invasores. Pesquisas provaram que os caracóis escolhem a sexualidade quando há parasitas e retornam à assexualidade quando não há parasitas. As lombrigas assexuadas são eliminadas no confronto com as sexuadas, devido aos parasitas, em menos de 20 gerações. Então, a separação de sexos teria acontecido no tempo dominado pelos parasitas, bactérias e vírus. Em certo momento, para garantir a sobrevivência, o cromossomo X incorporou um "diferencial": o cromossomo Y, para garantir que - ao menos alguns poucos - pudessem sobreviver em ambientes inóspitos. Depois de algum tempo, o cromossomo Y assumiu identidade própria, para masculino, deixando o X para o feminino. Até hoje, os embriões mantêm os dois lados: as gônadas (órgãos que irão se tornar testículos, ou ovários) e dois conjuntos de tubos. Todos os sexuados derivam de um ancestral comum: a célula eucariótica, que se divide em duas: uma com óvulo, outra com espermatozoide. Uma explicação é que uma célula tentava "completar" a outra diante das necessidades do ambiente, resultando na diferenciação. No início não havia cromossomo masculino (Y); as células tinham apenas um par idêntico de cromossomo feminino (X).

✱ O sexo era determinado por fatores como: temperatura, pressão, etc. Até hoje, em alguns anfíbios e répteis, os ovos eclodem em temperatura mais alta se forem de machos e mais baixa se forem de fêmeas. O fóssil de *Funisia* mostra que trocava material genético com outros da mesma espécie, obtendo enorme diversificação. Sabe-se que em 99,9% dos grupamentos assemelhados em tamanho a reprodução é sexuada, como os modernos corais fixados ao mar. No mesmo instante, liberam milhões de óvulos e espermatozoides. Surgem milhões de descendentes ao mesmo tempo. Assim, todos têm a mesma idade e tamanho, como a *Funisia* há 550 MYA. O sexo permite remover as mutações maléficas, ou seja, pode fazer uma limpeza genética a cada geração.

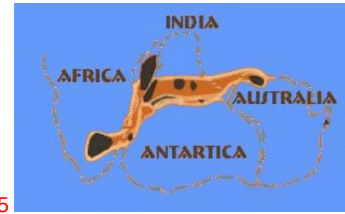
3,0 BYA

✱ **Supercontinente de Ur** - Hoje restam fragmentos na África, Austrália, Índia e Madagascar. Era menor do que a atual Austrália. Irá se juntar com os continentes Nena (2,0 BYA) e Atlântica (1,8 BYA) para formar o supercontinente Rodínia (1,3 BYA).



14

14) Restos do continente Ur na Austrália, África, Índia e Madagascar.



15

✱ **Primeiro Mandamento** - Os seres microscópicos recolhiam alimento da vizinhança e, não havendo, tratavam de incorporar as vizinhas concorrentes. Era a luta pela vida, o domínio do forte contra os mais fracos. Essa condição irá garantir a evolução cada vez mais acelerada, pois - ao ingerir um outro organismo assemelhado - trazia-se tudo que ele havia somado. Devorar um semelhante era uma economia de tempo e um notável aporte de nutrientes. Cada vez mais, os seres vivos sofisticarão as armas de combate para devorar seus semelhantes. Esse é o Mandamento Número Um da existência terrestre, servindo para todos os seres vivos.

2,6 BYA

✱ **Período Paleoproterozóico** - De 2,5 BYA a 1,8 BYA. Grande oxidação (2,5 BYA) - Glaciação Huroniana (2,30 BYA) - Atmosfera oxigenada (2,05 BYA) - Possíveis primeiros eucariotas (1,8 BYA).

2,5 BYA

✱ **Oxigênio** - A fotossíntese (3,0 BYA) é feita pelas cianobactérias que utilizam a água como redutor, produzindo oxigênio como resíduo. Algumas bactérias usam o oxigênio de forma mais eficiente, liberando grande quantidade de oxigênio, levando à formação de uma camada de Ozônio que absorvia parte da radiação ultravioleta do Sol. A multiplicação das cianobactérias enriqueciam a atmosfera da Terra com oxigênio, o qual, até então, era pouco. Assim, os organismos unicelulares tinham mais condição de chegar à superfície muito aquecida sem morrer. Os procariontes aproveitaram a chance, adaptando-se à nova vida, desenvolvendo maneiras de utilizar o oxigênio para melhorar seu metabolismo. Enquanto isso, tudo morria à sua volta, pois o oxigênio era tóxico aos organismos anaeróbicos então dominantes. O oxigênio era vida para uns e morte para outros.

2,5 BYA

✱ **Supercontinente Kenorland** (Arctica) - Incluía a Laurência (centro da atual América do Norte e Groenlândia), Báltica (Escandinávia e países bálticos), Austrália ocidental e Kalahari. Irá se fragmentar por volta de 2,1 MYA.



16

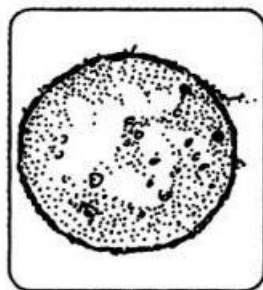
16) O continente Arctica, ou Kenorland.

2,4 M YA

O efeito do excesso de oxigênio na atmosfera foi a ocorrência da glaciação Huronian, também conhecida como "catástrofe do oxigênio" (2,4 a 2,1 MYA). A glaciação dura até 2,3 MYA, liquidando grande parte dos seres vivos.

2,0 BYA

✱ **Domínio das Arqueias** (Archaea) - Talvez seja grupo-irmão dos eucariotas, células complexas. Por serem assexuados, não há divisão em espécies. Corarqueotas (1,7 BYA), Euriarqueotas e Crenarqueotas (1,3 BYA).



17



18

17) Euriarqueotas - 18) Crenarqueotas. (Foto: Richard Dawkins, 2009)

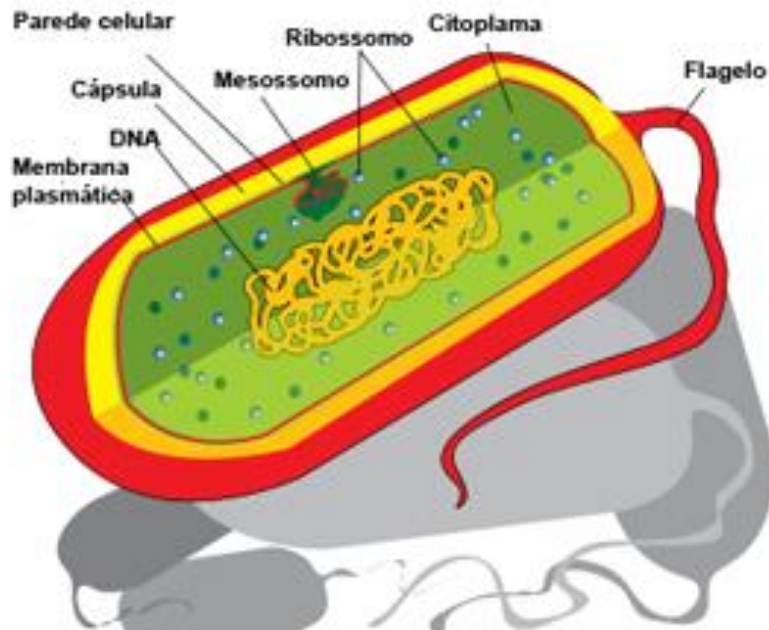
1,8 BYA

✱ **Período Mesoproterozóico** - Vai de 1,6 BYA a 1,2 BYA. Expandem-se as terras (1,6 BYA). Possíveis fósseis de algas roxas (1,4 BYA). Surgimento do continente Rodínia (1,2 BYA).

1,8 BYA

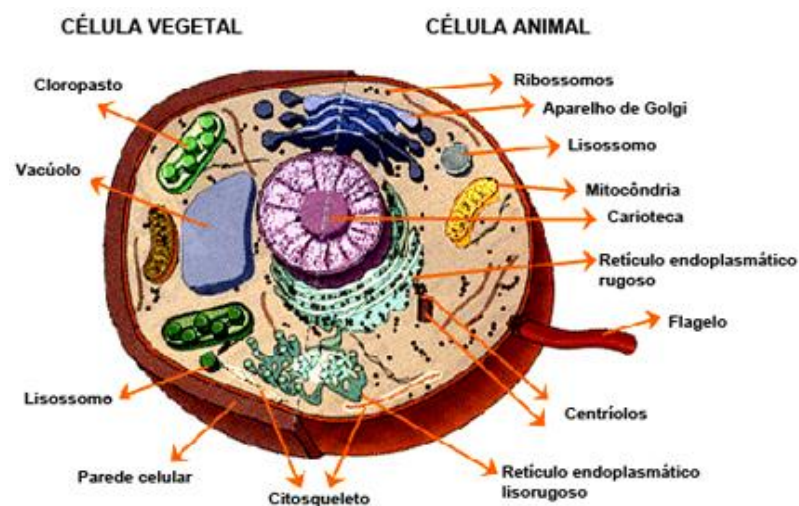
✱ **Domínio dos Eucariotas** - A vida é uma geração, mas também uma destruição, ou melhor, uma transformação contínua do que existe. As duas ferramentas mais importantes foram: a) a fotossíntese (que sintetiza compostos orgânicos e oxigena o ar); b) o metabolismo oxidativo (que queima compostos orgânicos e reutiliza a energia vinda do Sol). As bactérias fazem isso nas células eucarióticas. As moléculas unicelulares mais aptas usavam as outras como alimento, eram "heterótrofas". A célula menor e mais frágil (proteobactéria) utilizava os restos

fecais (metano) da célula maior para sobreviver, gerando mais e mais energia. Logo, esta bactéria estava parasitando a maior, benéficamente, pois o oxigênio era tóxico. O parasitismo tornou-se uma simbiose entre hospede e hospedeira. Os eucariotas têm duas membranas protetoras e não apenas uma, como os unicelulares. Tornou-se possível fabricar corpos contendo muitos bilhões de células. Depois de alguns milhões de anos, havia surgido um organismo "autótrofo" simples (que sintetizava seu próprio alimento) composto por células originais denominadas "organelas" ou "mitocôndrias". O Reino dos Eucariotas divide-se em: 1) Algas, diátomos, ciliados, plamodium; 2) Radiolários, foraminíferos, etc.; 3) Euglena, tripanossomas, etc.; 4) Giardia e outros Excavata. Sovrevivem cerca de 50 mil espécies.



19

19) Célula procariote, sem organização no núcleo. (Foto: universereview.ca)



20

20) Célula eucariota, com núcleo organizado. (Fonte - Unesp.br)

Bactéria

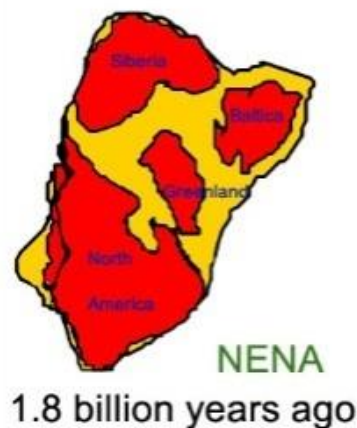


1,8 BYA

✳ **Mitocôndrias** - Curiosamente, a transferência de material genético não ocorria por completo, restando na mitocôndria uma pequena parte de DNA responsável pela codificação de algumas proteínas, todas elas essenciais para o futuro. O DNA mitocondrial é aproximadamente 17.000 vezes menor que o nuclear e, apesar do pequeno tamanho, é responsável por codificar 13 proteínas (enzimas) essenciais para o processo de geração de energia para as atividades celulares. Por isso, modernamente, a mitocôndria passou a ser utilizada como um "marcador molecular" para determinar a história evolutiva, na modernidade. A mitocôndria, relógio molecular, portanto, tem 1,8 bilhão de anos de idade.

1,8 BYA

✳ **Continente Nena** - Incluía áreas da atual Sibéria, Báltico, Groenlândia, América do Norte. Nena irá se unir à Atlântica e Ur (que era o mais extenso) e, a seguir, todos formariam o supercontinente Rodínia.

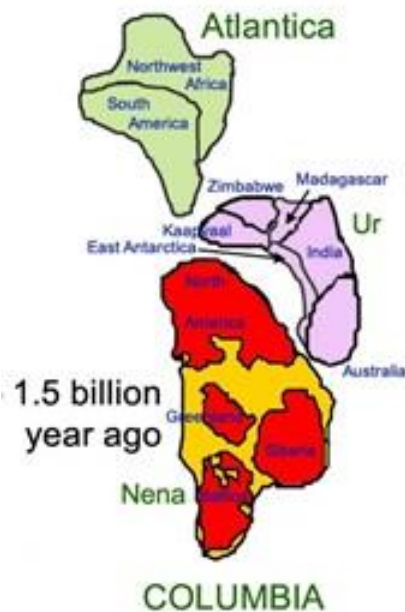


28

28) Nena, continente de 1,8 MYA.

1,8 BYA

✳ **Continente Atlântica** - Teve vida curta, apenas 200 MYA. Juntou-se ao continente Colúmbia e, mais tarde, irá se juntar a Rodínia. Colúmbia ligava parte da Índia e América do Norte, Austrália, Canadá e a maior parte da América do Sul. Sua fragmentação começou em 1,6 BYA terminando em 1,2 BYA.



29

29) Os continentes Atlântica e Colúmbia.

1,5 BYA

✳ **Atmosfera com Oxigênio**- A atmosfera terrestre atingiu o ponto em que está, hoje, em termos de Oxigênio.



30

30) Oxigênio para a vida (e-ducation.net).

1,2 BYA

✳ **Supercontinente Rodínia** - Reunia grande parte da terra emergida, de 3 ou 4 continentes predecessores, com destaque para a América do Norte, entre 1,5

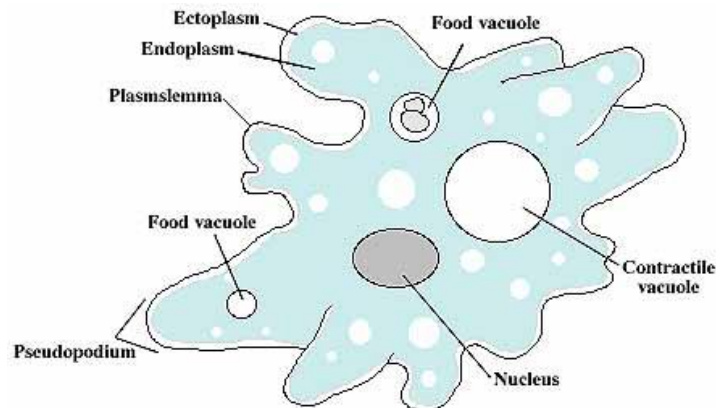
BYA a 750 MYA, quando começou a se fraturar em intensa atividade vulcânica que, a seguir, levou a uma enorme glaciação (Bola de Neve).



31) Rodínia, um supercontinente - 32) De 1,0 BYA a 0,75 BYA - 33) Rodínia fragmentando-se

1,2 BYA

✳ **Amebas** - Surgem as amebas e mofo de lodo. Não têm forma fixa. Cercam a presa, engolfando-a com uma bolha de água. Sobrevivem cerca de 5 mil espécies.

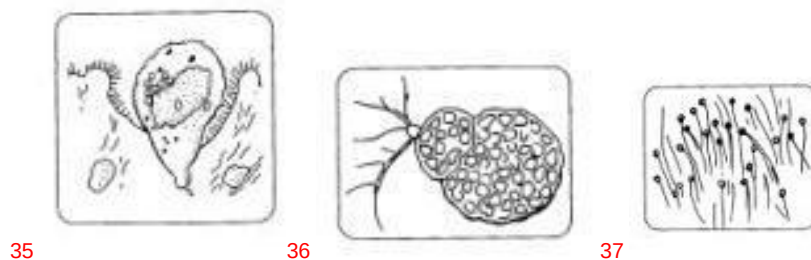


34

Ameba, uma célula protista (Foto: universereview.ca)

1,1 BYA

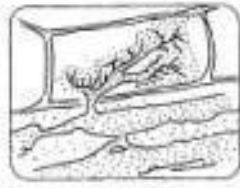
✳ **Os Fungos (Reino)** - Dividem-se em: 1) Microsporídios (1.100 MYA); 2) Quitrídeos (1.000 MYA); 3) Mucor (850 MYA); 4) Fungos conjugantes (800 MYA); 5) Micorrízicos arbusculares (730 MYA); 6) Cogumelos, leveduras (690 MYA); 7) Morel, trufas (690 MYA). Existem 69 mil espécies já descritas de um total de 1,5 milhão. Os fungos estão mais próximos do Reino Animal que as plantas.



35

36

37



38



39



40

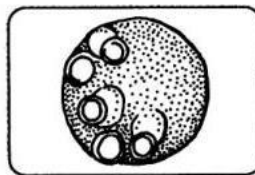
35) Microsporídios (1,1 BYA) - 36) Quitrídios (1,0 BYA) - 37) Mucor (850 MYA) - 38) Fungos conjugantes (800 MYA) - 39) Cogumelos, leveduras, etc. (690 MYA) - 40) Morel, trufas (690 MYA). (Foto: Richard Dawkins, 2009)

1,1 BYA

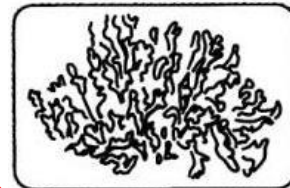
✱ **As Plantas (Reino)** - As plantas apanham os fótons que chegam do Sol, utilizando-o como nutriente (fotossíntese). Se não houvesse fotossíntese, a atmosfera não iria se modificar e, então, a maior parte dos seres vivos não teria surgido. As plantas são as "senhoras da vida", pois esta continuaria a existir sem animais e sem fungos, mas não sem as plantas. Dividem-se em: 1) Glaucófitas (1,2 BYA); 2) Plantas verdes (1,070 BYA); 3) Algas vermelhas (1,050 BYA). Existem 13 espécies unicelulares, cerca de 5 mil de algas vermelhas e 30 mil de plantas verdes.



41

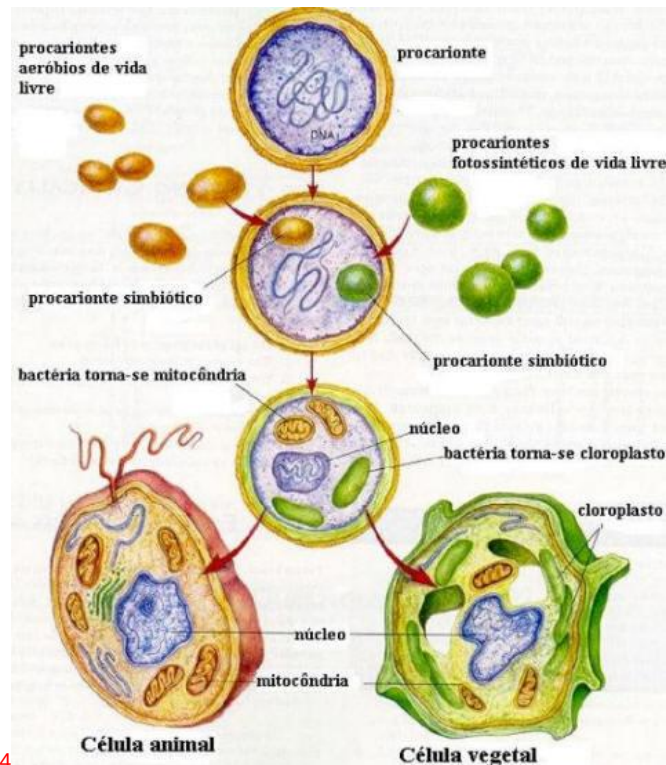


42



43

41) Glaucófitas (1,2 BYA) - 42) Plantas verdes (1,07 BYA) - 43) Algas vermelhas (1,05 BYA). (Foto: Richard Dawkins, 2009)



44

44) Evolução da célula procariote para a célula animal e a célula vegetal.
(Fonte - unesp.br)

1,0 BYA

✱ **Período Neoproterozóico** - Vai de 1,0 BYA a 541 MYA. Fósseis de acritarcos (1,0 BYA). Acontece a "Terra Bola de Neve" (850 MYA). Surge o continente Pannotia (630 MYA). Fósseis de metazoários (630 MYA).

✱ **Estromatólitos** - Desde 2,8 BYA, surgiram os estromatólitos que foram tomando conta das águas rasas, segregando Oxigênio. Os estromatólitos são formados por microorganismos que formam tapetes microbianos procariotas (eubactérias ou arqueobactérias). Formavam colônias que foram encontradas como fósseis na África do Sul e na Austrália ocidental. Por volta de 800 MYA começaram a desaparecer, sendo devorados por novos organismos. Existem fósseis sugerindo tapetes de algas em zonas úmidas em terra (1,2 BYA).



45

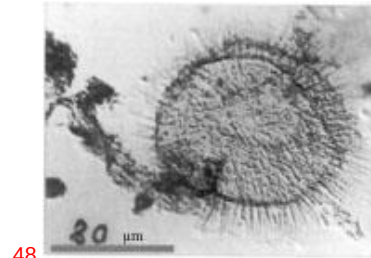
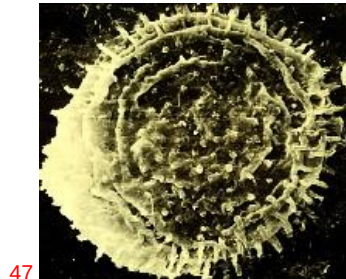


46

45, 46) Estromatólitos - emn Sharkbay (Austrália) (Foto: Paul Harrison).

1,0 BYA

✱ **Plantas pluricelulares** - Descendem provavelmente das algas verdes e, mais tarde, irão chegar até os primeiros protoanimais. Eram como esponja, com todas células capazes de autorregeneração. Encontraram-se fósseis de acritarcos, de 1,0 MYA, em muitas partes do planeta, filiados às algas. Os fósseis mais antigos da Terra - cogumelos e plantas - datam de 480-460 MYA, mas evidências moleculares sugerem que os cogumelos estavam vivos há 1,0 BYA e as plantas há 700 MYA.



47, 48) Plantas pluricelulares, Acritarcos

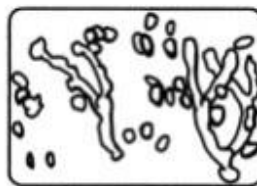
1,0 BYA

✱ **Cromossomos** - A samambaia tem 1.200 cromossomos (maior número, no planeta). O número de cromossomos pode indicar a antiguidade. Com origen numa "sopa" inicial, com profusão de genes, o ser vivo vai se especializando e reduzindo a quantidade de cromossomos, descartando os já desnecessários - no passar das gerações. A Natureza, portanto, é econômica ao extremo, mantendo os cromossomos úteis a região ou situação, rejeitando os demais. É a "seleção natural".

✱ **Reino Animalia (Metazoa)** - É composto por seres pluricelulares, Eucariontes, heterotróficos, cujas células formam tecidos biológicos, com capacidade de responder ao ambiente. Divergiram do mesmo grupo dos protozoários flagelados que deram origem aos fungos e aos coanoflagelados. Os animais adultos são tipicamente diplóides, produzindo pequenos espermatozóides móveis e grandes ovos imóveis. O animal consegue manter as células unidas por meio de proteínas elásticas, o colágeno. Às vezes o colágeno calcifica-se para formar ossos, conchas, etc. e às vezes é flexível, permitindo trânsito de células. Existem cerca de 1 200 000 espécies de animais já descritas, divididos em 54 filos.

1,0 BYA

✱ **Primeiro animal unicelular, reino dos DRIPs** - O DRIP vive associado aos fungos. Foi o primeiro animal a surgir, livrando-se do reino dos fungos. É o mais antigo parente unicelular dos futuros animais, juntamente com o coanoflagelados. Sobrevivem mais de 30 espécies.



49

49) DRIPs, unicelular próximo do futuro animal. (Foto: Richard Dawkins, 2009)

900 MYA

✱ **Coanoflagelados (Classe)** - Empurram água com um flagelo para dentro de um "funil", onde absorvem nutrientes. Sobrevivem 140 espécies.

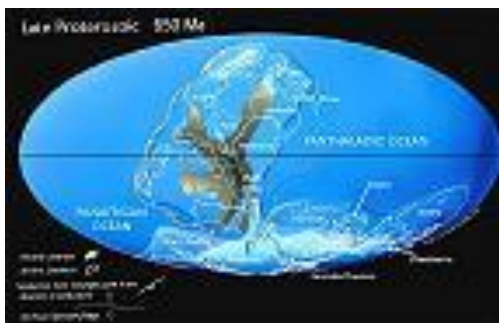


50

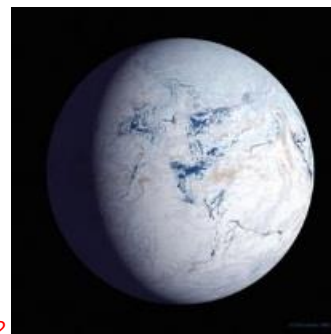
50) Coanoflagelados (Foto: Richard Dawkins, 2009)

850 MYA

✱ **Terra Bola de Neve** - A rotação do planeta começava a reduzir lentamente. O ano terrestre tinha 481 dias, com 18 horas cada, quando aconteceu o terrível cataclisma, mergulhando o planeta na escuridão. Foi a mais severa glaciação já noticiada, entre 850 a 630 MYA. O planeta inteiro esteve envolto em um manto de gelo. Os oceanos viraram gelo durante 100 milhões de anos. Os estromatólitos que dominavam a vida foram esmagados pelas geleiras que avançavam. A vida quase foi extinta. Algumas bactérias sobreviveram no gelo, são os extremófilos com incrível adaptabilidade incutida em seu genoma. Devemos a vida aos extremófilos que habitam o gelo até hoje. A Terra Bola de Neve esquentou, vulcões entraram em atividade, rebentando mais rapidamente o gelo, lançando dióxido de carbono na atmosfera, produzindo um efeito-estufa, que aqueceu a Terra. As geleiras retraíram-se, a água rica em nutrientes do solo escorria para os mares. Para as células sobreviventes, essa enxurrada de detritos foi uma mina de ouro. Para os micróbios fotossintetizantes a rocha pulverizada foi um fabuloso fertilizante.

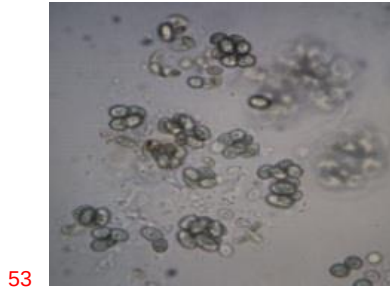


51



52

51) A Terra, antes - 52) A Terra Bola-de-Neve que durou 100 milhões de anos, quase extinguindo a vida no planeta. (Fotos: BBC, London, UK).



53

53) Os Extremófilos suportam temperaturas extremadas e conseguiram sobreviver à "Bola de Neve". (foto - BBC, Londres, UK)

750 MYA

✱ **Placozoários** - Os organismos começaram a se organizar em colônias, para arrecadar mais alimentos, controlar o ambiente interno, agir de forma coordenada em equipe. Em alguns milhões de anos ficaram sofisticados e maiores. Os Placozoários viveram há cerca de 770 milhões de anos. Lembram uma ameba. Alimentava-se de algas, sem introduzi-las no corpo. Possui o menor genoma dos animais. Existem fósseis de animais que viveram na Terra, no Canadá (Mistaken Point, Newfoundland). Ali estão dezenas de tipos de fósseis pluricelulares, onde era o fundo do oceano da época. Cinzas vulcânicas cobriram os fósseis no fundo do mar. Só existe uma espécie.



54



55

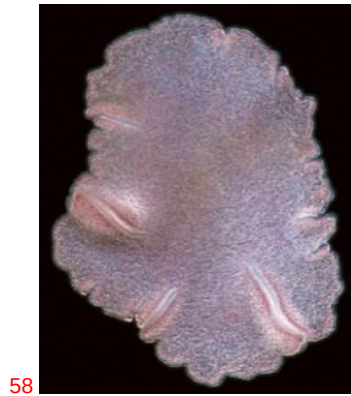


56

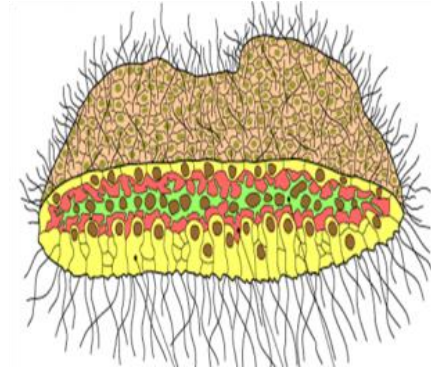


57

54, 55, 56, 57) Fósseis de Mistaken Point, organismos pluricelulares. (Foto: BBC, Londres, UK).



58



59

58, 59) Placozoários - muito simples.

720 MYA

✱ **Ctenóforos** (*Filo Ctenophora*) - São os eumetazoários, com lados simétricos, ou simetria radial, com cílios que permitem a locomoção. Não têm cabeça, nem cauda. O animal é caracterizado por uma câmara digestiva e camadas separadas de células que se diferenciam em vários tecidos, incluindo um sistema nervoso e muscular. Sobrevivem 100 espécies.



60



61



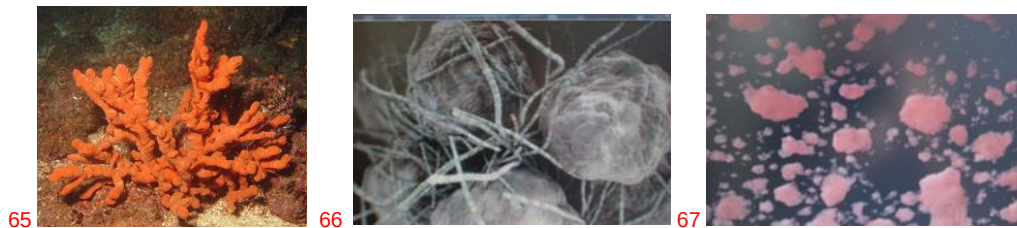
62

60, 61, 62) Ctenóforos (Fotos: BBC, London, UK)

✱ **O animal Esponja** (*Filo Porifera*) - As células eram produzidas apenas por divisão, mas as que utilizavam "cola" conseguiram fixar conjuntos maiores. A "cola" era o "colágeno" que, até hoje, é o que une as células dos corpos dos seres vivos. É a "cola da vida". A Esponja é o primeiro animal multicelular. As células movem-se, formando nova esponja; as isoladas fatalmente sucumbiam. As esponjas juntaram-se, formando colônias, como continuam fazendo até hoje, lotando as praias. O colágeno é importante na formação da pele. O organismo precisa de oxigênio para produzir colágeno. A Esponja não tem sistema digestivo, nervoso ou circulatório. Obtém alimento e oxigênio bombeando água do mar por canais de seu corpo. Sobrevivem 10 mil espécies.



63, 64) *Octavia antiqua* - Esponja de 760 MYA, o mais antigo metazoário fóssil do mundo. (Foto: BBC, London, UK)



65, 66, 67) O colágeno das esponjas é exclusivo do reino animal. (Foto: BBC, London, UK).

700 MYA

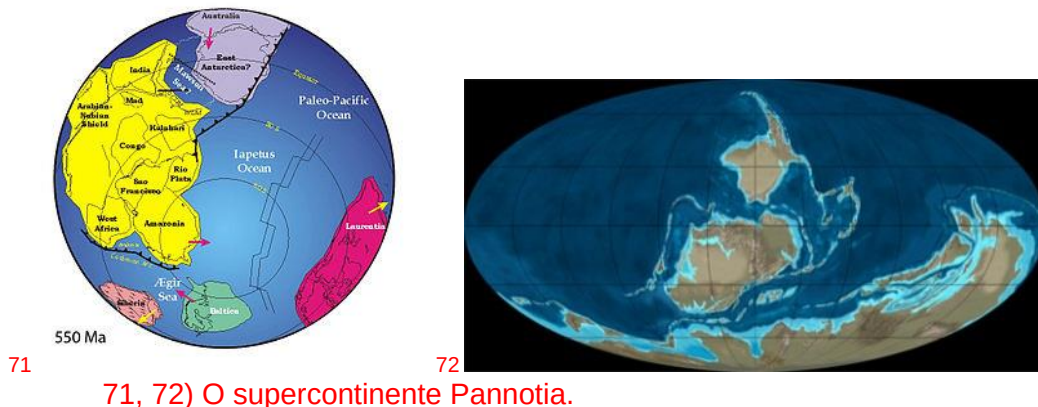
✱ **Cnidários** (*Filo Cnidaria*) - São as águas-vivas, cnêmonas, corais, etc. Seres simétricos, geralmente confundidos com plantas. Tinham neurônios, ainda sem sistema nervoso central. Possuem músculo, sistema digestivo, boca, corpo estruturado e simetria. Em 600 MYA dividem-se nos dois grupos: a) Águas-vivas, hidrozoários, etc.; b) Anêmonas, corais, etc. Sobrevivem 9 mil espécies.



Cnidários - 68) Anêmonas - 69) Águas-vivas, Hidrozoários - 70) Corais.

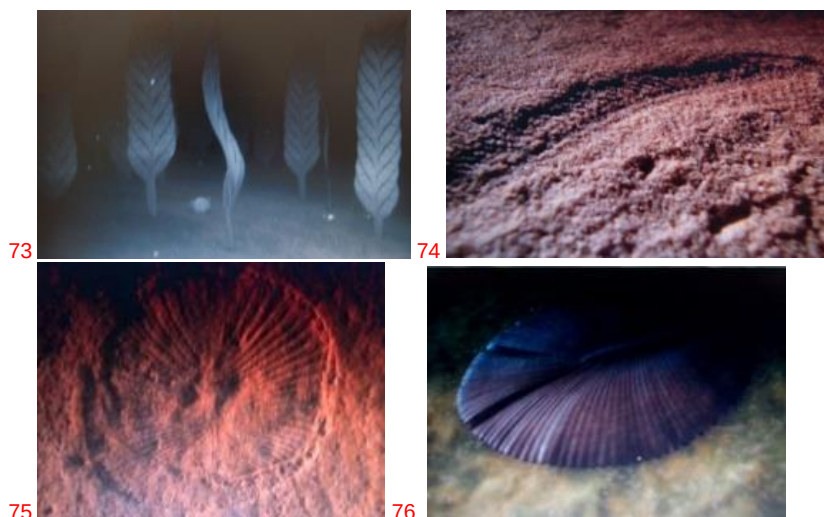
630 MYA

✱ **Pannotia** - Surge o supercontinente Pannotia, que terá curta duração, devendo se fragmentar em 540 MYA.



✱ **Ganhando forma** - Os organismos já não eram apenas aglomerados de células indiferenciadas, pois passaram a ter formas definidas. A mais famosa é forma "Charnia", reconhecido pela 1ª vez na Floresta de Charnwood. Algumas pareciam "bolacha", outras pareciam samambaias. Eram os "fractais". Os fósseis encontrados não eram de planta, pois estavam a milhares de metros de profundidade, sem luz para fotossíntese. O organismo vivia de carbono dissolvido e outros nutrientes das profundezas dos mares por todo o corpo. Eram corpos muito finos, talvez menos que uma unha. Não se moviam. Nenhum tinha boca, ou músculos, provavelmente eram esbranquiçados, os maiores seres pluricelulares da Terra, os mais antigos protoanimais. (Hoje, até esponjas e corais evoluíram e têm larvas nadadoras). Esses protoanimais construíam seus corpos com ramificações simples. Tinham 6 a 8 comandos genéticos, contra os 25.000 necessários hoje. Eram apenas pequenos nódulos juntos.

✱ Depois, bastava multiplicar os ramos, cada vez maiores, seguindo o mesmo esquema. Os fractais desapareceram em poucos milhões de anos. Hoje não têm descendentes. Foi um beco sem saída. Dominaram os primeiros 20 milhões de anos.



No fundo do mar - 73) *Charnia*, sem sair do lugar - 74) O *Fractofusus* ficava sempre deitado no fundo do mar; tinha 20 braços e cada um era ramificado - 75) *Fractal* - 76) *Fractal*, reconstrução. (Foto: BBC, London, UK)

630 MYA

✱ **Vermes chatos acelomorfos** - Não têm ânus e celoma (cavidade interior geral). Vivem no mar. Não têm trato digestivo. Parecem "limo". Sobrevivem 320 espécies.



77



78

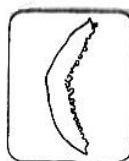
77, 78) Vermes acelomorfos.

590 MYA

✱ **Surge a boca (Protostômios) (Superfilo)** - É um grupo de animais com simetria bilateral, três camadas germinativas e intestino primitivo. Fazem clivagem radial. Comunicam a cavidade digestiva com o exterior pelo blastóporo, que dá origem à boca que ali permanece na idade adulta, mesmo que venha a incorporar no outro extremo do corpo um ânus primitivo. Inclui os vermes, moluscos e artrópodes. Em geral têm apenas uma abertura, a boca, por onde ingerem alimentos e eliminam as fezes. Alguns nem tubo digestório têm e vivem adaptados à vida parasitária, absorvendo, através da pele, o alimento previamente digerido pelo organismo hospedeiro. Dividem-se em: 1) Vermes sagitiformes, platelmintos (590 MYA); 2) Tardígrados (540 MYA); 3) Vermes aveludados (520 MYA); 3) Insetos, crustáceos (510 MYA); 4) Cefalorrincos (550 MYA); 5) Vermes cilíndricos (540 MYA); 6) Vermes filiformes (530 MYA); 7) Rotíferos (550 MYA); 8) Vermes chatos (520 MYA); 9) Gastrótricos (510 MYA); 10) Braquilópodes; 11) Vermes em cálice; 12) Briozoários; 13) Vermes em fita; 14) Moluscos; 15) Vermes segmentados, anelídeos; 16) Vermes-amendoim. Existem 60 mil espécies de deuterostômios e mais de 1 milhão de protostômios descritos. Passarão 300 milhões de gerações para chegar ao Homem moderno.



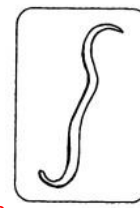
79



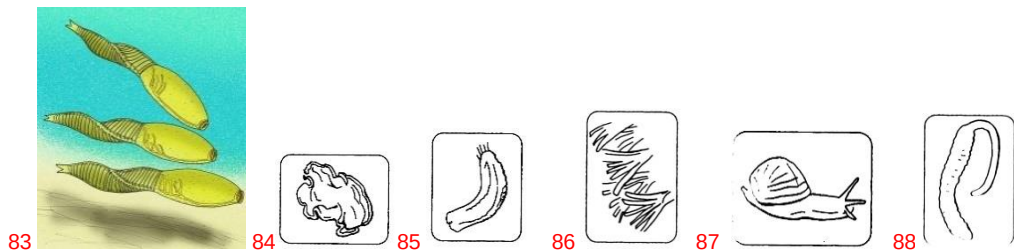
80



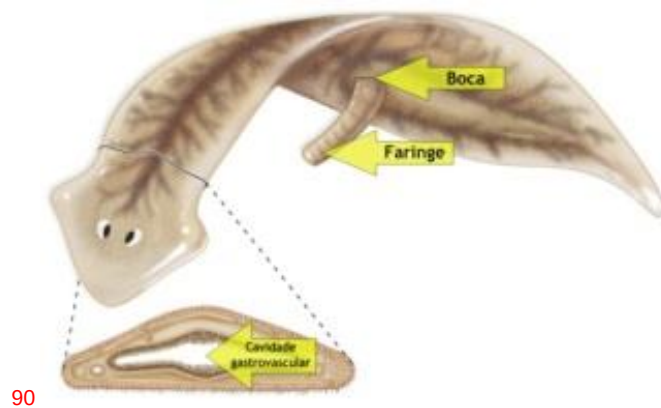
81



82

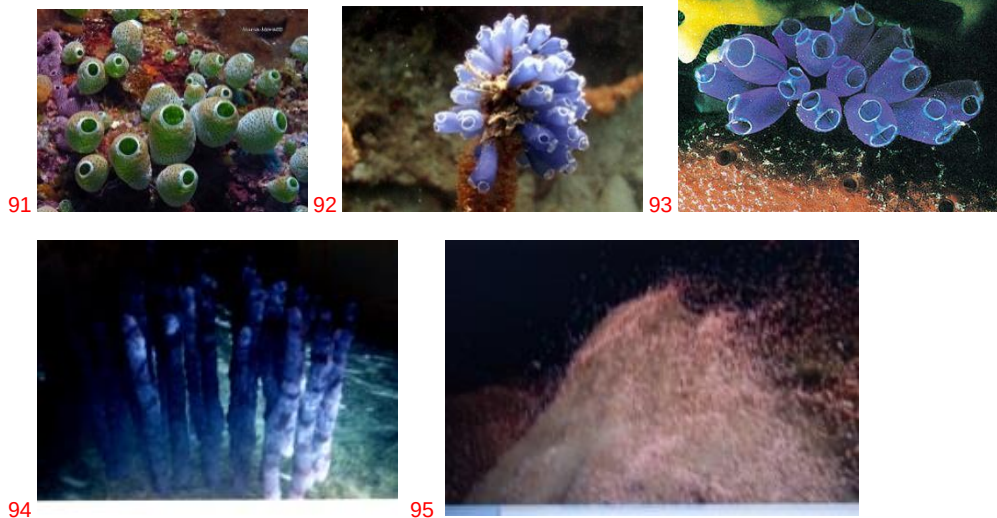


Os Protostômios - 79) Tardígrafo - 80) Verme aveludado - 81) Insetos - 82) Verme cilíndrico - 83) Rotífero - 84) Verme chato - 85) Gastrótrico - 86) Briozoário - 87) Molusco - 88) Verme segmentado. (Fotos: Richard Dawkins, 2009)



Protostômios - 90) surgimento da boca.

✱ **Ascídias** (Classe *Ascidiae*) - Apresentavam "notocorda" cartilaginosa, que persiste nos discos, entre as vértebras, nos humanos modernos. Era um protocordado. Têm cordão nervoso dorsal tubular, notocorda, fendas faríngeas rudimentares e cauda pós-anal. Existem 3 mil espécies vivas. Mais 275 milhões de gerações e surgiria o moderno Homem.

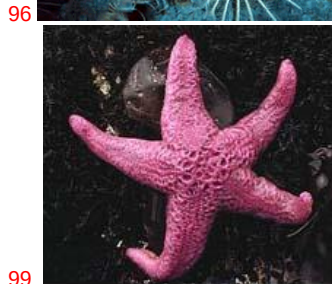
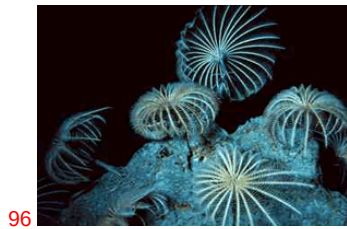


565 MYA

Ascídias - 91, 92, 93) Ascídias comuns - 94) Funízia - 95) Corais em evolução.

560 MYA

✱ **Surgimento do ânus (Deuterostômios) (Superfilo)** - Todos os atuais deuterostômios desenvolveram-se de um ancestral comum com brânquias individuais, um cordão nervoso completo e um corpo segmentado. Faz clivagem radial. O blastóporo dá origem ao ânus (e não à boca, como nos Protostômios) e, posteriormente, surge a boca - como na maioria dos animais modernos. Divide-se em: Filo *Chordata* (vertebrados, anfioxos e tunicados); Filo *Echinodermata* (estrelas-do-mar, ouriços-do-mar, pepinos-do-mar); Filo *Hemichordata* (balanoglossos e pterobrânquios); Filo *Xenoturbellida* (2 espécies vermiformes do Mar Báltico); Filo *Chaetognatha* pode pertencer a esse grupo. O termo *Ambulacrária* é às vezes usado para unir os filos *Echinodermata*, *Hemichordata* e *Xenoturbellida*. Sobrevivem 8.100 espécies. Passarão 280 milhões de gerações para chegar ao Homem moderno.



Os Ambulacrários - 96) Enteropneustos - 97) Lírios-do-mar - 98) Ofiuróides - 99) Estrelas-do-mar - 100) Ouriços-do-mar - 101) Bolachas-da-praia.

560 MYA

✱ Nas colinas Ediacara, na Austrália, há fósseis que viveram logo após a extinção dos fractais. Tinham um corpo construído diferentemente, tinham mobilidade. Dominaram as águas rasas onde havia muito material orgânico. Não tinham parte rígida no corpo; eram seres de corpo mole. Eram moles, mas se moviam. Talvez com centenas de pés tubulares (como as modernas estrelas-do-mar). Os animais já se moviam, como o *Kimberella*, um moluscoíde com uma tromba que revirava a lama. Moviam-se pouco, lentos, mas era uma tremenda vantagem sobre os fixos. Podiam fugir dos perigos, podia procurar alimentos. Em Ediacara há animais com simetria bilateral (*Spriggina*), com órgãos sensoriais na cabeça. Tinha o nariz perto da boca, para poder cheirar o alimento. Tinha cabeça e cauda. Olhos acima da cabeça para enxergar o alimento de longe. Tinha muitos segmentos entre a cabeça e a cauda, podendo aumentar de tamanho apenas aumentando o número de segmentos. Havia um padrão básico: na frente, a cabeça (com órgãos sensoriais, olhos, antenas, etc.); atrás, a cauda, com um poro (orifício ancestral) para expelir excrementos. No meio, lugar para colocar novos órgãos, garras, etc.



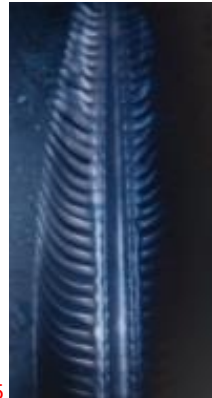
102



103



104



105

Vida em Ediacara - 102) Fóssil de *Kimberella*, de 550 MYA - 103) O *Dickinsonia* parecia uma almofada - 104) *Dickinsonia costata*, primeiro com simetria bilateral, em Ediacara, Austrália - 105) *Spriggina*, com muitos segmentos. (Fotos: BBC, London, UK).

✱ **Em marcha** - A vida estava á beira de um grande avanço, agora com animais móveis podendo ir cada vez mais longe. O movimento, porém, requer mais energia. Absorver nutrientes pela superfície era insuficiente para longas caminhadas. Precisavam de receptores de alimentos (estômago, dentes, boca). Utilizando o Sincroton, maior microscópio eletrônico do mundo, na Suíça, que permite ver o interior dos fósseis. (tomografia de um milésimo de milímetro), os cientistas encontraram um embrião com rudimento de intestino, *Markuela*. Tinha boca numa extremidade. O intestino vai da boca ao ânus na outra extremidade. A digestão interna permitiu grande eficiência no uso de alimentos. Também incorporou dentes permitindo novas dietas, ou seja, comer outros animais. Os dentes eram anéis projetados para fora da boca, para facilitar a caça. Já era um predador, no fundo dos oceanos.



106

106) *Markuela* - Fóssil com embrião, *Markuela*, detectado pelo Sincroton, na Suíça, que viveu apenas 20 milhões de anos depois da *Funísia*, ou 530 MYA. (Foto: BBC, London, UK)

560 MYA

✱ **Surgem os olhos** - Inicialmente, alguns animais unicelulares captaram proteínas fotorreceptoras, ou seja, sensíveis à luz. Logo haveria também um pigmento que distingue algumas cores. Assim, o animal podia caminhar para a luz, mas não conseguia ainda distinguir formas. A *Planária* sobrevive até hoje.

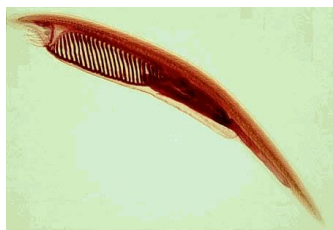


107

107) *Planária* - com olhos do Cambriano. (Foto: Alejandro Sánchez Alvarado).

540 MYA

✱ **Surge a coluna vertebral (Cordados) (Filo Chordata)** - Nos Cordados há uma simetria bilateral, notocorda, sistema digestório completo, um tubo nervoso dorsal, fendas branquiais e uma cauda pós-anal, em pelo menos uma fase de sua vida. O cordado tem coração, sistema digestivo completo, endoesqueleto cartilaginoso ou ósseo na maioria dos vertebrados. O tubo nervoso dorsal, nos vertebrados, será a medula espinhal. Entre os mais remotos estão os Anfioxos e Tunicados. Os Cordados são os parentes vivos mais próximos dos vertebrados. O filo *Chordata* subdivide-se em três subfilos: *Urochordata* (3.000 espécies), *Cephalochordata* (anfioxos, 30 espécies) e *Vertebrata* (57.674 espécies). O *Urochordata* apresenta o notocórdio na cauda e somente na fase larval; nos *Cephalochordata*, ela se estende por todo o corpo, persistindo até a fase adulta. Ambos são considerados animais invertebrados. Os *Vertebrata* caracterizam-se pela presença de vértebras e pelo desenvolvimento do crânio.



108



109



110

Cordados - 108) Cordado - 109) Origem da coluna vertebral e do cérebro - 110) Evolução dos Cordados.

540 MYA

✱ **Protopeixes** - Os Anfioxos não apresentam traços de membros, mas cauda evidente, como peixes primitivos. São protovertebrados. Há 25 espécies sobreviventes. O *Pikaia*, quase um verme, não era predador, não tinha dentes, nem exoesqueleto para se defender, mas tinha internamente uma fina haste cartilaginosa, princípio de uma espinha dorsal. Foi o ancestral de todos os vertebrados. Do *Pikaia* evoluíram os primeiros peixes. Faltam 270 milhões de gerações para chegar à modernidade.

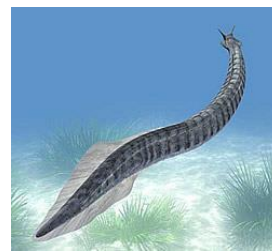
111



112



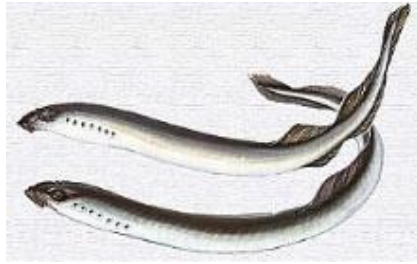
113



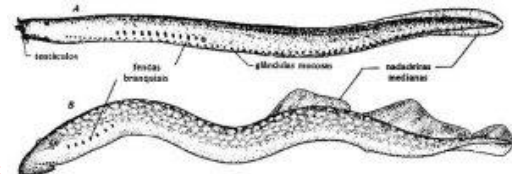
Os Protopeixes - 111) Anfioxo - 112) Pikaia - que levaria aos peixes - 113) Pikaia, reconstrução.

530 MYA

✱ **Peixes sem mandíbula** (*Ordem Myxiniiformes*) - Tinham olhos sem cristalino e vários corações venosos. Mais tarde, nos vertebrados, a notocorda será substituída pela coluna vertebral. O *Conodont* é uma espécie de enguia de 4-20 cm, com par de olhos enormes e dentadura. Os primeiros vertebrados eram agnatas, sem estômago. Foram precursores dos *Osteichthyes* (peixes com ossos), relacionados presentemente com as lampreias (com esqueleto, mas sem coluna vertebral). Há 41 espécies de lampreias e 43 de peixes-bruxa, com notocorda no dorso. Mais 240 milhões de gerações separam do Homem moderno.



114



115

Peixes sem Mandíbula - 114) Ciclostomados, Lampreias agnatas (wordpress.com) - 115) Peixe-bruxa (probiokelinton.wordpress.com)

542 MYA

✱ **Período Paleozóico (Cambriano)** - Vai de 542 a 485,4 MYA. Acontece a "explosão cambriana". Surgem os primeiros peixes. Extinção massiva do Cambriano-Ortoviciano.

542 MYA

✱ **Explosão cambriana** - Os oceanos estavam repletos de vida. Chama-se ao período de "fanerozóico", para indicar a incrível quantidade de fâneros que surgiram no período. De 542 a 518 MYA acontece a "explosão cambriana", surgindo toda sorte de animais, principalmente os peixes. A diversidade partiu de poucas formas e evoluiu para milhões, sendo que muitas têm sobreviventes ainda hoje. Quanto maiores, mais complexos. Há fósseis no Xisto de Burgess, Canadá, que era um mar raso na época. Foram achados mais de 65.000 espécimes distintos. Muitos não parecem com nada conhecido hoje. Havia animais que nadavam, não mais rastejando no fundo do mar. O aumento da diversidade do Cambriano nunca havia acontecido e jamais se repetiria. A velocidade da "explosão cambriana" contraria a Teoria da Evolução de Darwin (que exigiria muito mais tempo).



116

116) Fósseis do Xisto de Burgess. (Foto: BBC, London, UK)

✱ **Trilobitas (Classe)** - Os Trilobitas podem ser considerado um dos animais mais bem sucedidos de toda a História da Vida. Em geral eram pequenos, do tamanho dos besouros atuais. Alguns, porém, podiam atingir até 100 cm (1 metro). Eram de água fria, pois a tendência ao crescimento é do clima frio. Os Trilobitas não eram os maiores artrópodes da época, nos mares. Tinham primos distantes que se tornaram monstros, tendo alguns fósseis sido encontrados na Escócia. Um deles está no Museu Nacional de Edimburgo. Os escorpiões marinhos do Cambriano podiam atingir até 2,5 metros, há 420 milhões de anos. Sua alimentação podia ser detritívora, filtradora ou carnívora (predadora ou carniceira). Os trilobites existiram do Cambriano até ao Permiano. No Cambriano ocuparam o topo da cadeia alimentar.



117



118

117, 118) Trilobitas no Museu de Erfoud, Marrocos. (Fotos: BBC, London, UK)
- 118) *Trilobita* (reocities.com).

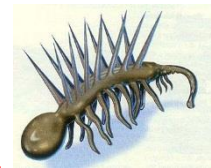
✱ **A loucura cambriana** - A natureza ganhou muita força e começou a testar novas formas, como se estivesse doida. A *Opabínia* tinha 5 olhos, com grande variedade de partes no corpo, como se fosse tudo juntado às pressas, com tromba e cauda de peixe. O *Anomalocaris* era o predador temível do Cambriano, com placas ao longo da costa, cauda, esporões entre garras, boca com dentes, placas flexíveis nas laterais, atingia quase um metro. Precursor dos grandes predadores. O *Hallucigenia*: parecia uma alucinação. (Fotos: BBC, London, UK).



119



120

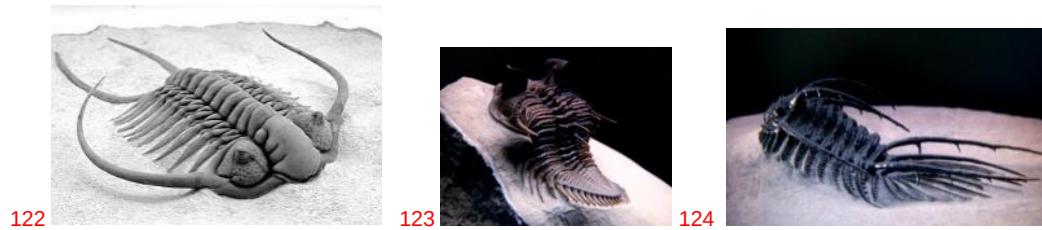


121

119) *Opabínia*, com cinco olhos, tromba e cauda de peixe - 120) *Anomalocaris*, com placas na costa, cauda, esporões entre garras, boca com dentes, medindo quase um metro - 121) *Hallucigenia*, parecia uma alucinação. (Fotos: BBC, London, UK).

✱ **Trilobitas, a melhor visão** - Muitos foram os motivos do êxito dos Trilobitas, mas a visão mudou o rumo da evolução. Não eram apenas ocelos (que diferenciam claro do escuro); os olhos eram complexos, podiam formar imagens detalhadas das cercanias, pela primeira vez na História. Os animais desenvolviam olhos cada vez mais eficazes. Há fósseis com 5 olhos; a Natureza tentava achar caminhos. Entre os Trilobitas havia aqueles com 7 mil lentes nos olhos. Os olhos dos Trilobitas não eram feitos de tecido mole (como os nossos). As lentes saíam do exoesqueleto. Eram feitos de rocha. Cada um dos pontos dos olhos é uma lente feita de calcita, uma espécie de giz. Os Trilobitas foram os únicos animais a usar calcita como material para suas lentes. Por isso sua visão era muito sofisticada. Todas as lentes podiam ser biconvexas. Cada lente tinha pequenas cavidades dentro dela para ajudar a focar com mais precisão. Eram olhos de caçadores. Talvez fizessem imagens estereoscópicas, usando os dois olhos. Muitos podiam ter mais de 5.000 lentes. Essa quantidade ajuda a constatar movimentos, captam algo que se altera entre uma lente e outra. Alguns tinham os olhos em 360 graus, percebendo predadores de qualquer lado. Muitos predadores, hoje, incluindo o Homem, têm visão estereoscópica, ou 3D, permitindo maior precisão até a presa. Nem todos os Trilobitas eram predadores; muitos viviam apenas na lama, mas tinham bons olhos

para fugir dos predadores. O moderno camarão Manti, de 400 milhões de anos, tem 12 tipos de receptores de cor nos olhos, enquanto o Homem tem apenas 3.



122, 123, 124) Trilobitas no Museu de Erfoud, Marrocos. (Fotos: BBC, London, UK)

542

✱ **Trilobitas e a carapaça** - O início do Paleozóico é marcado pelos animais com exoesqueleto, ou seja, com carapaça externa. Muitos chegaram à atualidade. A carapaça surgiu pela absorção de carbonato de cálcio e outras substâncias para mineralizar os corpos. Alguns animais formavam conchas protetoras. Um artrópode cobriu o corpo inteiro com uma carapaça. As partes rígidas não serviram apenas para proteção, mas também para dar suporte ao corpo. A maior família de fósseis é de Trilobitas (corpo trisegmentado). Durante 250 milhões de anos foram a forma mais avançada do planeta. Com seus exoesqueletos, puderam colonizar vastas áreas, como fazem hoje os artrópodes. Estavam protegidos; podiam fazer um monte de coisas. Podiam desenvolver espinhos; ficar agachados; ter carunchos, protuberâncias, etc. Modernos artrópodes: camarão, lagosta, caranguejo, miriápodes, escorpiões, certos insetos - todos com ancestrais no início do Cambriano. Foram catalogadas mais de 50.000 espécies diferentes de Trilobitas. Tendo em exoesqueleto rígido, podiam se reproduzir em qualquer nicho do planeta.

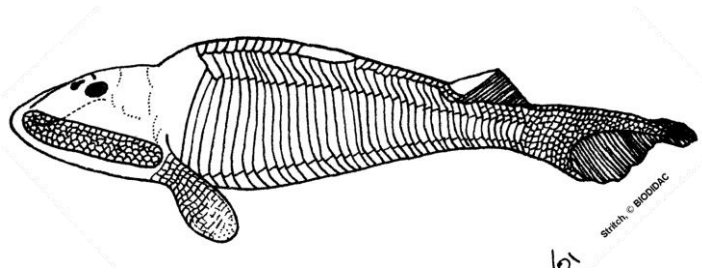
540

✱ **Neurônios** - A evolução dos neurônios começou em 543 MYA. Ficavam na parte externa do animal, para detectar mudanças no ambiente. São os neurônios que reagem a estímulos exteriores e que despertam a reação a esses estímulos, se necessário. Sinapses nervosas são os pontos onde as extremidades de neurônios vizinhos se encontram e o estímulo passa de um neurônio para o seguinte por meio de mediadores químicos, os neurotransmissores. As sinapses podem ser químicas ou elétricas. Mais tarde, o sistema nervoso dividiu-se em dois, o periférico e o interno. O ser humano tem 86 bilhões de neurônios.

✱ **Esqueleto interno, para crescer** - Animais com esqueleto interno têm enorme vantagem sobre os que têm exoesqueletos. Exemplo: o besouro-rinoceronte tem exoesqueleto (mas continuou sendo apenas um besouro, até hoje); já o ancestral do rinoceronte tinha esqueleto interno e, hoje, é dos maiores animais da terra. O besouro pode carregar até 850 vezes o próprio peso, mas não consegue crescer mais do que já é. A seguir, os vertebrados incorporaram muitas características dos artrópodes: dentes, pernas, cascos (tartaruga) (carapaça), olhos e asas. Qualquer grupo animal precisa dessas coisas, se quiser colonizar todos os habitats da terra. Para crescer, porém, precisa ter a "estrutura interna", um esqueleto dentro do corpo.

515 MYA

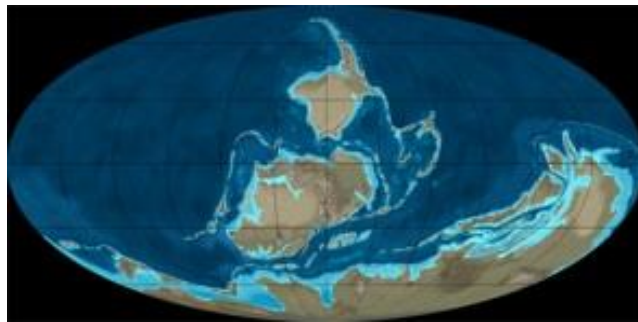
✱ **Vertebrados** (*Subfilo*) - Multiplicam-se os peixes, primeiros vertebrados. Ecologicamente, os cordados estão entre os seres mais facilmente adaptáveis e são capazes de ocupar a maioria dos habitats existentes.



125

125) *Vertebrata - Hemicyclapsis* (biodidac.bio.uotawa.co).

514 MYA



126

126) *Gondwana* - O supercontinente Gondwana forma-se no Polo Sul.

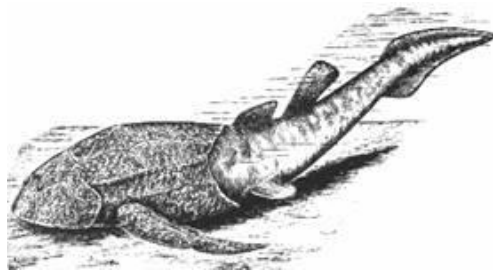
485 MYA

✱ **Período Paleozóico Ordoviciano** - Vai de 485,4 a 443,4 MYA. Dominam os invertebrados, mas crescem os vertebrados. Extinções maciças do Ordoviciano-Siluriano (453 MYA).

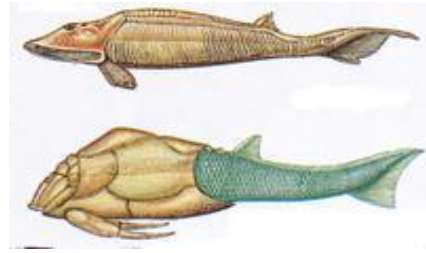
✱ Os invertebrados eram as formas de vida animal dominante. Neste período, o norte dos trópicos era quase inteiramente oceânico, e a maior parte terrestre concentrava-se no sul. O continente *Gondwana* seria deslocado para o sul. A fauna marinha tinha como principais representantes os Trilobitas e os Braquiópodes que alcançavam seu auge no período.

480 MYA

✱ **Placodermos** (e ostracodermos) - São peixes pré-históricos, com mandíbulas, cabeça e tórax recobertos por placas armadas e o resto do corpo por escama ou liso. Não tinham bexiga e, então, precisavam nadar para não afundar. Variavam de poucos centímetros até vários metros. Eram sexuais, inserindo a "semente" dentro da fêmea. Os fósseis "*Incisoscutum ritchiei*" e "*Materpiscis attenboroughi*", descobertos na Austrália, tiveram os óvulos fertilizados por esperma. Viveram há 380 milhões de anos.



127



128

127) Placodermos - 128) Placodermo e Ostracodermo - peixes primitivos, de poucos centímetros a vários metros.

475 MYA

✱ **Plantas terrestres** - Aparecem os primeiros sinais de plantas terrestres primitivas, que dariam origem às vasculares. Surgiram timidamente, rasteiras, devendo dominar no período Siluriano. Irão se diversificar por volta de 420 MYA, conforme fósseis. As primitivas plantas ocupam terras, tendo se originado de algas verdes nas periferias de lagos. São acompanhadas por fungos, vivendo simbioticamente. Os líquens são exemplos modernos.

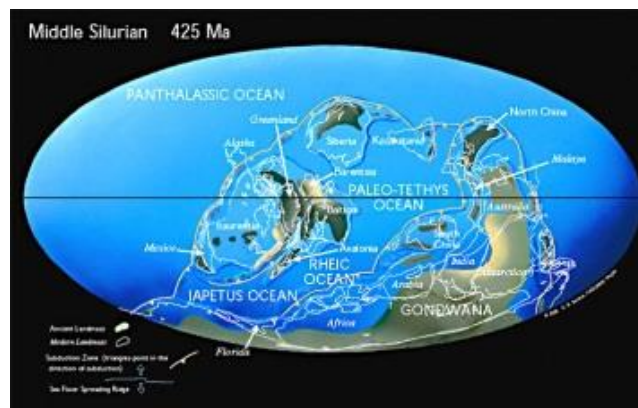
453 MYA

✱ **Primeira extinção global** - A mudança brusca climática provocou mortandade geral de seres vivos. Morreram 60% da vida marinha e 25% de todas as famílias. Prosseguirá no início do período Siluriano.

443 MYA

✱ **Período Siluriano** - vai de 443,4 a 419,2 MYA - Primeiras plantas terrestres fósseis.

425 MYA



129

129) O continente Laurentia colide com as terras de Báltica, expandindo a área de corais e recifes, dando início a uma colonização generalizada.

420 MYA

✱ **Celacantos** (*Classe Sarcopterygii*) - É o peixe que estava extinto e, de repente, surgiu no mundo atual, em 1938. É parecido com um fóssil vivo. A divergência entre celacantos, peixes pulmonados e tetrápodes pode ter ocorrido há cerca de 390 milhões de anos. Há duas espécies vivas de Celacanto, hoje. Mais 190 milhões de gerações para chegar ao moderno Homem.



130

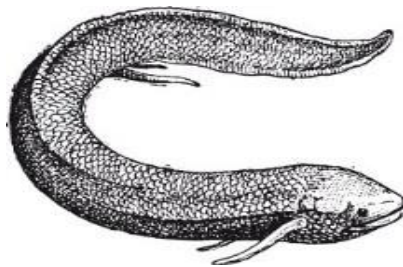


131

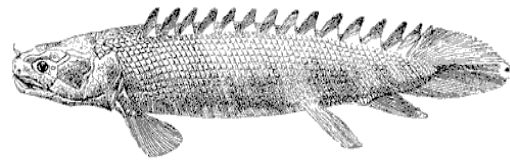
130, 131) - Celacanto, incrivelmente ainda vivo até hoje.

415 MYA

✱ **Pulmões** - Os Peixes Pulmonados (*Classe Sarcopterygii*) enchem a bolsa de ar; o oxigênio passava para o sangue e o gás carbônico do sangue era passado para dentro da bolsa. Muitos cientistas acreditam que a bexiga natatória é uma especialização desse pulmão primitivo. Em locais rasos apoiavam-se nas barbatanas lobadas, para respirar fora da água. Conseguiam sobreviver em locais de pouco oxigênio e caçavam presas em águas rasas. Mais tarde, perseguiram presas fora da água, por breves períodos. Depois, alguns viviam na terra, mas botavam os ovos na água. Há 6 espécies sobreviventes, hoje. O descendente direto que levará ao Homem será o Tetrápode. Mais 185 milhões de gerações e estaria surgindo o Homem.



132



133

Peixes pulmonados - 132) Peixe Pulmonado, moderno Piramboia, do Amazonas (mundoeducacao.com) - 133) Ancestral pulmonado (gforum.tv).

419,2
MYA

✱ **Período Paleozóico (Devoniano)** - 419,2 a 358,9 MYA. Surgem os primeiros anfíbios.

413 MYA

✱ **Saindo da água** - As calotas polares derretem e aumentam o nível das águas, aparecendo recifes e corais, levando à multiplicação dos peixes. Os mares estavam cheios de vida, mas a terra ainda era estéril, sem animais de qualquer espécie. Algumas plantas aquáticas alongavam-se, deixando o ambiente úmido, passando a viver nas margens, iniciando uma cobertura vegetal sobre o ambiente terrestre. Os primeiros animais absorviam oxigênio dissolvido na água por meio da pele e seus corpos moles. Quando começaram a se mexer, exigiram mais energia, aprimorando o método de obter oxigênio dissolvido. Havia alimento fora da água e alguns animais resolveram se aventurar na lama e, depois, na terra firme. Eles, porém, podiam ressecar e teriam de descobrir uma maneira de respirar. As brânquias só funcionavam se estivessem úmidas. No seco, não absorviam oxigênio. No Xisto de Burgess está um fóssil do primeiro animal a se aventurar na terra. Não foi um anfíbio, nem um artrópode, mas um dos seus primos distantes, *Aysheaia*. Parece-se muito com o *Peripatus* (ou Verme Veludo), noturno, raramente visto, na floresta de Queensland, Austrália, dentro de troncos podres. É um "fóssil vivo", parece um verme, mas já tem patas, parecendo um meio termo entre verme e inseto. Tem minúsculos furos nas laterais que permitem respirar oxigênio. O Verme Veludo não

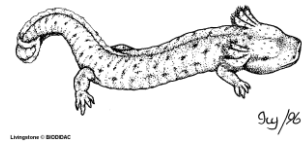
tem exoesqueleto, mas pele macia. Seu corpo não pode ficar maior, sem o auxílio da água, pois não tem exoesqueleto, o qual permitiria movimentação rápida fora da água. Também artrópodes começam a deixar a água, buscando abrigo e alimentos na vegetação rasteira.



134



135



136

Primeiros a sair da água - 134) *Aysheaia*, fóssil do primeiro ser vivo a sair para a terra, no Xisto de Burgess - 135) *Peripatus*, ainda vivo hoje - 136) *Necturus*, anfíbio primitivo.

400 MYA

✱ **Peixes cartilagosos** (*Superclasse Peixes*) - São os vertebrados vivos mais primitivos com vértebras completas e separadas, mandíbulas móveis e barbatanas pares. Em 400 MYA houve a separação em três ramos: a) quimeras; b) ramo que levaria aos tubarões, em 190 MYA; c) raias. Há mais de 850 espécies vivas. Das guelras surgiram os maxilares dos vertebrados. Dentro de 200 milhões de gerações surgiria o moderno Homem.

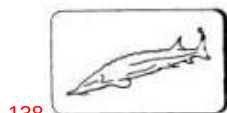


137

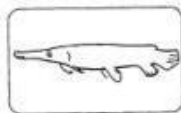
137) Peixe cartilaginoso primitivo - Quimera (parafusosolto2010)

395 MYA

✱ **Peixes de nadadeiras raiadas** (*Classe Actinopterygii*) - São os seguintes: Esturjões e espátulas e Bichirs (360 MYA); Agulhas (270 MYA); Amia (250 MYA); Aruanãs (220 MYA); Enguias, tarpões (200 MYA); Arenques, anchovas (190 MYA); Carpas, Guarus, Piranhas (180 MYA); Salmão, Truta, Lúcio (170 MYA); Peixe-dragão, peixe luminoso (150 MYA); Perca, cavalo-marinho (130 MYA); Bacalhau, badejo (120 MYA). Há 23.500 espécies vivas, hoje. Mais 195 milhões de gerações levariam ao moderno Homem.



138



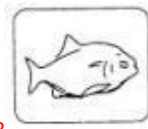
139



140

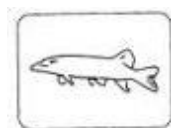


141



142

143



144



145



138) Esturção - 139) Agulha - 140) Enguia - 141) Arenque - 142) Carpa - 143) Peixe-luminoso - 144) Perca - 145) Bacalhau.

380 MYA

✱ Começa a redução da quantidade de Trilobitas e peixes gnatostomados. Os corais e braquiópodes alcançam seu maior desenvolvimento. Aparecem os primeiros ammonitas (*Goniatites clymenides*).



146



147

146) *Ammonitas* (en.wikipedia.org) - 147) Ocuparam os fundos dos mares (wiki, Heinrich Harder).

375 MYA

✱ **Tiktaalik** (*Infraclasse Tetrapodomorpha*) - Os peixes continuam saindo da água, tendo como maior exemplo o *Tiktaalik* e o *Antennarius*, ancestrais dos Tetrápodes.



148



149

148) O *Tiktaalik* - 149) *Antennarius pictus* (Guaperva, ou peixe -sapo), ancestral dos Tetrápodes.

370 MYA

✱ **Segunda extinção** - Um esfriamento global levou à extinção de 55% da vida marinha e 19% de todas as famílias. Prolongou-se até 360 MYA.

365 MYA

✱ **Sementes de plantas** - As plantas desenvolvem sementes, estruturas que protegem embriões e permitem disseminação em terra firme, de forma indiscriminada. É uma reprodução quase milagrosa para a época.

365 MYA

✱ **Surgem os membros** - O *Acanthostega* e o *Ichthyostega* (Classe *Amphibia*) já tinham pernas, braços e ossos digitais, híbridos entre peixe e anfíbio. Alimentavam-se de pequenos crustáceos, moluscos e insetos. Viviam em pântanos e em lagos pobremente oxigenados. Passavam momentos em terra firme. Os membros não conseguiam suportar seu peso. Já tinham pulmão e brânquias.



150

151

Peixes com membros - 150) *Ichthyostega* (Arthur Weasley, common wikipedia) - 151) *Acanthostega* ((Nobu Tamura, wikipedia common).

365 MYA

✱ **Tetrápodes, os quatro membros** (*Superclasse Tetrapoda*) - Tetrápodes inclui os anfíbios, répteis, mamíferos e aves. No geral, mais de 30.000 espécies que vivem hoje descendem de um único grupo de anfíbio que surgiu ao redor do Devoniano Médio. Os Tetrápodes evoluíram dos Peixes de Nadadeira Lobada (*Sarcopterygii*) há cerca de 395 milhões de anos (Devoniano). Em relação aos mamíferos, usa-se este termo (ou a expressão vulgar "quadrúpedes") para designar os animais que apoiam os 4 membros no solo, em contraposição aos que apoiam apenas dois, como o Homem (bípede). As serpentes, apesar de não possuírem membros são tetrápodes, pois seus membros sofreram um processo denominado regressão e foram perdidos, mas como pertencem ao grupo dos *Lepidossauros*, são descendentes de um ancestral *Tetrapoda*. O grupo inclui todas as aves (as asas são membros, embora não sejam quadrúpedes, pois as asas não servem como patas).

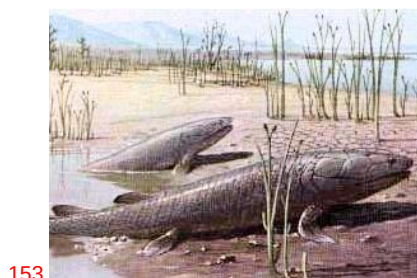


152

152 - Tetrapoda - *Seymouria* (esacademic.com)

365 MYA

✱ **Ovo amniótico** - Os animais adaptam-se facilmente diante da farta alimentação propiciada em terra firme. Com um exoesqueleto que dá firmeza e previne contra falta de água, os primeiros animais andam sobre a terra para nunca mais voltar para a água. Exemplos: *Panderichthys* e *Eusthenopteron* (385 MYA). Alguns peixes saem definitivamente das águas, transformando-se em Tetrápodes. Os animais começam a se reproduzir por meio do ovo amniótico, que pode ser depositado na terra, permitindo maior sobrevivência dos embriões. O ovo, cheio de líquido, reproduz o ambiente ancestral, permitindo a evolução da cria.

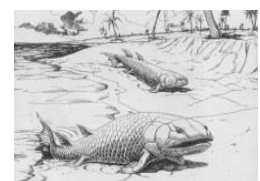


153



154

155





156



157

Fora da água - 153) *Eusthenopteron* (universe-review.ca) - 154) Saindo da água (palaeo.gly.bris.ac.uk) - 155) O *Eusthenopteron* em terra (e-ducation.net) - 156) O *Panderichthys* (en.wikipedia.org) - 157) *Panderichthys* (wonderfulseaworld.com)

360 MYA

✱ **Insetos** (*Classe Insecta*) - Surgimento dos insetos nas terras e águas frescas, a partir dos miriápodes. São invertebrados, com exoesqueleto, corpo dividido em três segmentos (cabeça, tórax e membros), três pares de patas articuladas, olhos compostos e duas antenas. É o maior e mais largamente distribuído grupo de animais do Filo *Arthropoda* e, conseqüentemente, dentre todos os animais. Logo surgem insetos, aracnídeos, miriápodes, hexápodes e centípedes. Há muitos artrópodes primitivos nas florestas tropicais, como os miriápodes, que podem atingir mais de 40 cm. São vegetarianos inofensivos. Mas há também os centípedes, cuja picada pode matar um homem. Esses artrópodes foram exitosos e invadiram a terra. Alguns chegaram a 1,50 metros, com 26 a 28 segmentos. (fóssil na Escócia).



158

158) Surgem os insetos, o grupo mais diversificado de animais do planeta atual. Miriápodes (marinamapas.com.br).

358,9 MYA

✱ **Período Paleozóico (Carbonífero)** - Vai de 358,9 a 298,9 MYA. Surgem as grandes árvores. Multiplicam-se os insetos, primeiros répteis e os bosques de samambaias gigantes (318,1 MYA)

359 MYA

✱ **Florestas** - Surgem florestas primitivas e pântanos pela primeira vez, permitindo a formação de grandes depósitos de carvão. No Carbonífero havia muitas florestas agrupadas, liberando muito oxigênio, chegando a mudar a atmosfera, com profundo efeito sobre os animais. O Carbonífero foi a era de ouro dos artrópodes, com ar muito rico em Oxigênio (35%), caindo hoje para 21%.

356 MYA

✱ **Supercontinente Gondwana** - O supercontinente Gondwana torna-se o principal gerador de vida terrestre.



159



160

159, 160) Gondwana, o grande continente.

350 MYA

✱ Começa a Idade de Gelo Karoo e irá se estender até o Permiano (250 MYA). Atinge, pela primeira vez, regiões da África, América do Sul e Austrália. Começa a "extinção devoniana" que liquida 30% dos seres vivos. Surgimento das crateras de Woodleigh (na Austrália, com 100 km de largura, em 345 MYA, podendo ser resultado do impacto de um meteoro de 5-6 km) e da Siljan Ring (40 km, na Suécia).

340 MYA

✱ **Anfíbios** (*Classe Amphibia*) - Já existiam desde o período Devoniano, mas quase haviam sido extintos. Ganham força por volta de 340 MYA, vivendo um tempo na água e outro na terra. Os animais respiram pela boca e diferenciam os sons. São irmãos dos amniotas (reproduzem-se em terra), embora se reproduzem na água. São as cobras-cegas (325 MYA); as rãs (300 MYA) e salamandras. Podiam ter 6,7 ou 8 dedos. Sobrevivem 3 grupos, com 7 mil espécies de anfíbios em um só grupo, irmão dos amniotas.



161



162



163



164

161) Peixe tipo anfíbio (creationism.ws) - 162) *Hylomimus* (Adrian Sington, brattahlid.tripod.com) - 163) Anfíbios (imgarcade.com - Tulerpeton) - 164) Anfíbio, tipo sapo (imgarcade.com)

325 MYA

✱ **Surgem os dentes e os Amniotas** (*Classe*) - Os primeiros vertebrados completamente terrestres eram amniotas, ou seja, seus ovos tinham membranas internas que permitiam ao embrião desenvolvido respirar, mas deixavam que a água entrasse. Isto permitiu aos amniotas depositar seus ovos em terra firme, enquanto os anfíbios geralmente colocavam seus ovos na água. Tinham avançado sistema nervoso central, quando comparados com os anfíbios. O *Hylonomus lyelli* (315 MYA) é um dos primeiros conhecidos já com dentes. Duas importantes linhagens amniotas

tornaram-se distintas: os sinapsídeos (ancestrais dos mamíferos) e os sauropsídeos (ancestrais dos lagartos, cobras, crocodilos, dinossauros e aves).



165



166

Amniotas - Hylonomus (esacademic.com) - 166) O Hylonomus foi o primeiro com dentes (superstock.com).

320 MYA

✱ **Tamanho e peso não são documentos** - Os animais podem ser curtos e rápidos. Essa foi a opção de muitos artrópodes no Carbonífero, enquanto outros cresciam monumentalmente, embora lentos em seus grandes corpos. Os curtos reduziram as muitas pernas para apenas três pares. Eram muito rápidos e, depois, seriam os primeiros a voar. Os invertebrados colonizaram não apenas a terra, mas também o ar. A libélula gigante, na atmosfera rica de oxigênio, foi o maior inseto voador que já existiu. Seu nome: *Meganeura*, com asas de quase um metro de envergadura. A miriápode *Arthropleura* chegava a atingir 2,5 metros. A era de ouro não durou. A floresta tropical morreu e o oxigênio foi reduzido. Os insetos gigantes desapareceram, pois havia pouco oxigênio na atmosfera. Os insetos, para sobreviver, descobriram um novo método: serem coloniais. No passado, as células uniam-se para evoluir; agora os insetos agrupavam-se aos milhares para construir uma nova vida. Exemplo: cupinzeiros, formigueiros, colmeias. Vivendo em colônias, ainda podem dominar as cercanias. As colônias provam que os artrópodes continuam sendo uma das populações mais bem sucedidas do planeta, sobrevivendo em qualquer bioma. Os insetos somam 80% de todas as espécies vivas.



167



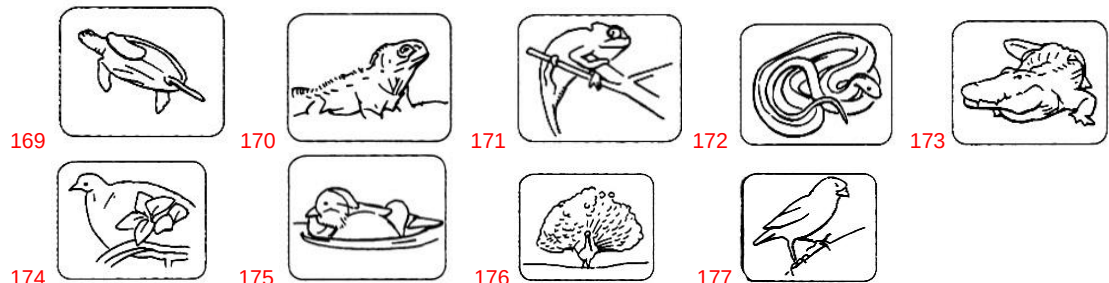
168

Superinsetos - 167) Meganeura (Ghedoghedo, common wikipedia) - 168) Arthropleura, fóssil (imgkid.com)

300 MYA

✱ **Répteis e aves** - Os sinapsídeos foram os mais importantes vertebrados do Período Permiano. Já no Triássico, os Arcossáurios (sauropsídeos) tornaram-se dominantes, levando ao surgimento dos Dinossauros que irão dominar o restante da Era Mesozóica. Assim, os mamaliformes (quase-mamíferos) foram obrigados a se esconder em cavernas, mantendo hábitos noturnos, desenvolvendo a endotermia, pelos para aquecer o corpo e um grande cérebro. Répteis e aves são organismos que botam ovo em terra firme. Os vertebrados terrestres ganham uma membrana que envolve o embrião, impermeável, mas que permite a respiração (amniotas).

Exemplos: Tartarugas (300 MYA), Tuataras (280 MYA) que, em 220 MYA gerarão as iguanas e cobras; Crocodilos (245 MYA). Em 120 MYA surgem as aves, que se dividem em 100 MYA nos ramos: a) tinamus, avestruzes; b) aves aquáticas, galinhas, pássaros, etc. Sobrevivem duas linhagens de sinapsídeos e 17.000 de sauropsídeos. Mais 170 milhões de gerações levariam ao Homem moderno, passando pelos Pelicossauros, Terapsídeos e Cinodontes, todos mamaliformes.



Répteis e Pássaros - 169) Tartaruga - 170) Tuatara - 171) Iguana - 172) Cobra - 173) Crocodilo - 174) Tinamu (ave) - 175) Ave aquática - 176) Peru, galinha, etc. - 177) Pássaros. (Fotos - Richard Dawkins, 2009).

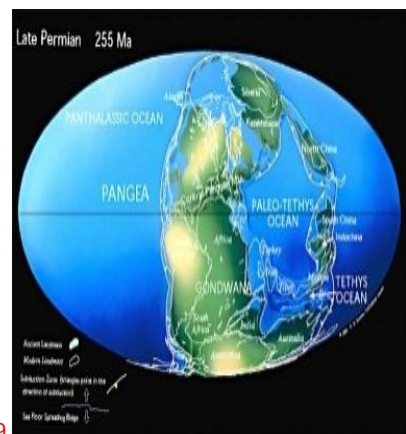
298,9
MYA

* **Período Paleozóico (Permiano)** - Vai de 298,9 a 252,2 MYA - Formação de Pangea. Extinção maciça do Permiano-Triássico (90% dos animais aquáticos e 70% dos terrestres).

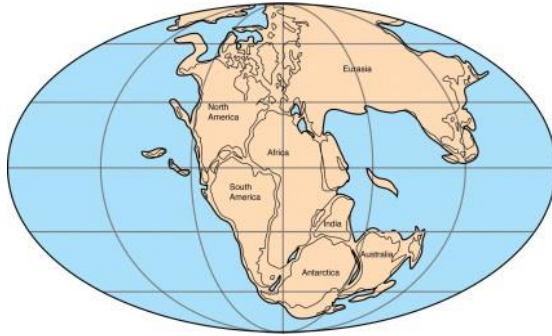
* **Pangea** - O supercontinente já mostrava a fisionomia dos modernos continentes, antes da separação que começará a acontecer em 180 MYA.



178



179



180

178, 179, 180) Supercontinente Pangea (gawkerassets.com)

✱ **Reptiliformes** - São descendentes dos anfíbios, semelhantes a répteis, que deram origem aos amniotas, no Carbonífero.



181



182



183

181) Diplovertebron (Nobu Tamura, wikipedia) - 182) *Diadectes* (wikipedia) - 183) *Limnoscelis* (D. Bogdanov - bioscripts.net).

290 MYA

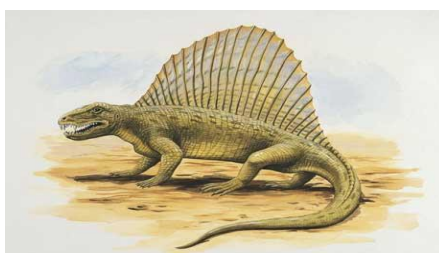
✱ **Pelicosáurios** (*Ordem Pelycosauria*) - São ancestrais distantes dos mamíferos, já que deles descenderam os Terapsídeos (que levam, a seguir, aos mamíferos). Surgiram no período Carbonífero e desapareceram ao final do Permiano, quando houve o maior evento de extinção da história da Terra. Alguns tinham uma curiosa estrutura em forma de vela nas costas, consistindo de espinhas dorsais muito compridas. Acredita-se que essa estrutura tinha função termoregulatória: os raios de Sol aqueceriam o sangue circulante nessa vela, permitindo aos animais uma adaptação melhor ao ambiente. Seria uma das primeiras tentativas de homeotermia conhecidas. Tinham também algumas características físicas que ainda podem ser percebidas nos Mamíferos: um princípio de Heterodontia (dentes diferentes, adaptados a funções diferentes) e uma rotação dos ossos das patas para uma posição mais vertical sob o corpo, com os cotovelos voltados para trás e os joelhos voltados para a frente, da mesma forma como nos mamíferos atuais.



184



185



186

Pelicossáurios - 181) *Eothyris* (Nobu Tamura, common wikimedia) - 182) *Cotylorhynchus* (Nobu Tamura, common wikimedia) - 183) *Dimetrodon* (dinossaurogenesis.blogspot.com)

✱ **Voadores** - Os insetos aprendem a voar, gerando muitas espécies. Imensas florestas cobrem regiões inteiras e, quando são submergidas, formam extratos de óleo que, hoje, é o petróleo. Os gimnospermas diversificam-se rapidamente. As plantas cicádeas (palmeiras) surgem pela primeira vez.

260 MYA

✱ **Terapsídeos** (*Ordem Therapsida*) - Descendem dos Pelicossáurios, são ancestrais diretos dos mamíferos. Tinham um segundo palato, permitindo comer e respirar ao mesmo tempo, um claro sinal de que já tinham sangue quente. Apresentavam homeotermia. Em algumas espécies havia pelos. Apresentavam dentes semelhantes aos dos modernos cães. Quase sumiram na "Extinção Permiana". Os sobreviventes repovoaram o planeta, mas praticamente sumiram, de vez, na "Extinção do Triássico", sendo substituídos pelos dinossauros.



187



188



189

Terapsídeos - 187) *Anteosaurus* (varleyvarginhamgbrasil.com) - 188) *Moschops capensis*, um *Tapinocephalian* (Nobu Tamura, common wikimedia) - 189) *Kannemeyeria*, um *Anomodontia* (Dmitri Bodganov - common Wikipedia).

✱ **Dentes e ouvidos** - Os dentes surgiram nos vertebrados por volta de 450 MYA (Siluriano), com objetivo de prender, pressionar a presa. Era arma de ataque e defesa. A grande mudança iria acontecer com os Cinodontes (Terapsídeos) que melhoraram a estratégia, por meio de dentes especializados: surgiram os molares, projetado para uma melhor mastigação dos alimentos permitindo rápida digestão. Foi possível, então, reduzir o número de ossos da mandíbula, que se transformou num

único osso, de maior integridade estrutural em comparação com as dos répteis. Vários dos ossos da antiga mandíbula passaram a desempenhar uma função totalmente nova, tornando-se partes do ouvido médio dos mamíferos.

252,2
MYA

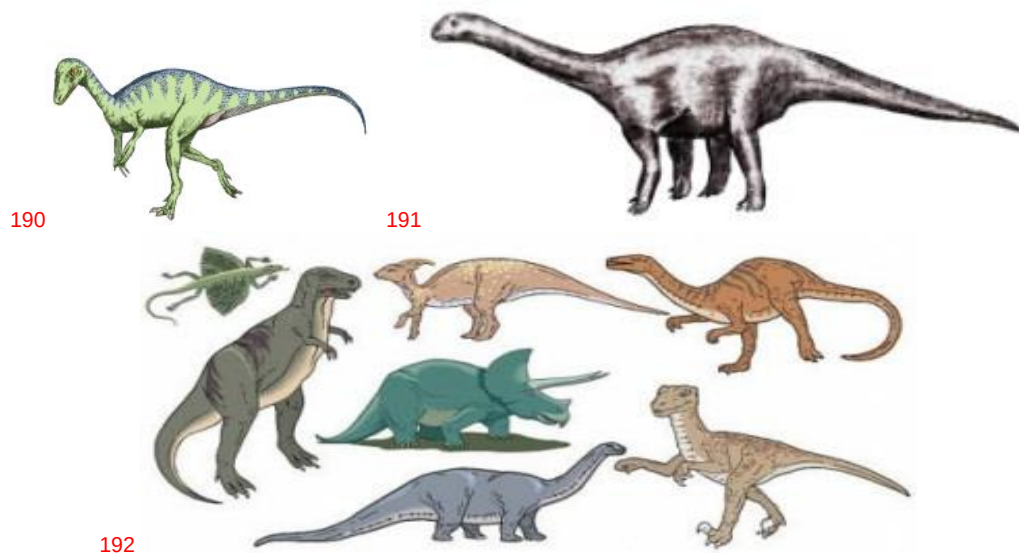
✳ **Período Mezozóico (Triássico)** - Vai de 252,2 a 201,3 MYA. Extinção em massa (210 MYA).

237 MYA

✳ **Grande migração** - Pela primeira vez, os animais podiam migrar desde o Polo Sul até o Polo Norte, pelo supercontinente Pangea, levando ao surgimento de muitas novas espécies de animais e plantas.

230 MYA

✳ **Dinossauros (Classe Reptilia)** - O gênero mais antigo de dinossauro já registrado foi datado de 235 milhões de anos atrás. Segundo estudiosos, o *Eoraptor* deu origem a todos os dinossauros já existentes. Durante 135 milhões de anos dominaram a Terra, até 65 milhões atrás, quando eventos catastróficos ocasionaram a extinção em massa de todos os dinossauros, com exceção das espécies emplumadas. Estão identificadas mais de 500 diferentes gêneros e mais de 1.000 diferentes espécies de dinossauros, medindo desde 50 centímetros a mais de 20 metros. São considerados os animais mais inteligentes de todos os tempos. Dividiam-se em: 1) Terópodes (maiores carnívoros do planeta); 2) Saurópodes (maiores animais do planeta); 3) Ceratopsídeos (com protuberâncias na cabeça); 4) Estegossauros (com placas nas costas); 5) Anquilossauros (com armadura corpórea, cauda cheia de espinhos e uma bola na ponta para ser usada como arma); 6) Ornítópodes (ou Bicos-de-Pato, herbívoros, andavam como as aves).



Dinossauros - 190) *Eoraptor lunensis*, um dos primeiros dinossauros ([en.wikipedia](https://en.wikipedia.org)) - 191) *Antetonitrus* (*Ornitholestes* - [common wikimedia](https://common.wikimedia.org)) - 192) Dominaram o planeta de 230 a 65 milhões de anos (jurassic-park6.webnode.com).

210 MYA

✳ **Extinção em massa** - Acontece a 4a. extinção. Foi a maior extinção na Terra, devido a mudanças na temperatura, movimentos das placas tectônicas e talvez um meteoro. O oxigênio atmosférico atinge 30% da cifra original, liquidando as

espécies pouca preparadas para respirar nestas condições. Matou 96% das espécies marinhas, 70% dos vertebrados terrestres e a maioria das plantas. Somente restariam vivos 10% dos animais. Liquidou os insetos. Acabou com o reinado dos grandes animais, ou mamaliformes. A recuperação dos vertebrados levaria entre 6 a 30 milhões de anos. Morreram 23% das famílias e 48% da vida total marinha.

201,3
MYA

✱ **Período Mesozóico (Jurássico)** - Vai de 201,3 - 145,5 MYA. Surgem as primeiras aves; as primeiras plantas com flores. Surgem os primeiros mamíferos ovíparos.

199 MYA

✱ A recuperação global deu o predomínio das terras para os dinossauros. Também encontram-se no auge os grandes sáurios marinhos (ictiosáurio, plesiosáurio, teleosáurio, etc.). Um rico mundo de insetos (moscas, mosquitos e escaravelhos), de aranhas, etc. já se assemelham às que chegam aos dias de hoje. Estende-se sobre a terra firme os répteis: tartarugas, crocodilos e outros sáurios parecidos com os que vivem hoje na Nova Zelândia (*Rhynchocephalus*).

190 MYA

✱ **Tubarões** - A diversificação dos peixes cartilaginosos começara em 460 MYA, mas os tubarões somente surgem em 190 MYA. Há mais de 850 espécies vivas.



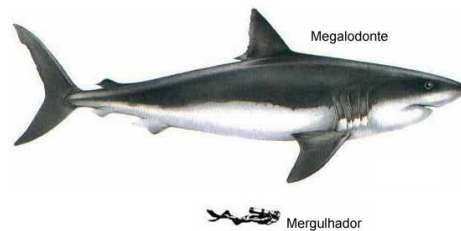
193



194



195



196

Tubarões - 193) Pré-histórico (megacurioso.com.br) - 194) Reconstrução (nerdices.com.br) - 195) Concepção (hypescience.com) - 196) Já com traços modernos (biologo.com.br)

180 MYA

✱ **Laurásia e Gondwana** - O supercontinente Pangea começa a se fragmentar em diversas partes, sendo Gondwana a maior delas. Gondwana dará surgimento às terras atuais conhecidas como Antártica, Austrália, América do Sul, África e Índia. A Antártica está ainda coberta por florestas. A Eurásia e a América do Norte continuam unidas, formando a Laurásia. A divisão das terras leva à especiação, ou seja, ao surgimento de espécies adaptadas a cada nova terra.



197

197) Laurasia e Gondwana. (afria-arabia-plate.weebly.com)

180 MYA

* **Monotremados** (*Classe Mammalia, ordem Monotremata*) - São mamíferos que botam ovos, que apresentam muitas características dos répteis. O mais antigo fóssil é do *Teinolophos* (123 MYA). Usam o mesmo orifício para urinar, defecar e reproduzir, como os lagartos e pássaros. Amamenta as crias por glândulas no ventre e não por tetas. Precisam proteger os ovos, fora do corpo. Mais 120 milhões de gerações à frente estaria surgindo o Homem.

167 MYA

* **Placentários** - Surgem os protoeuterianos, que leva à formação dos modernos placentários e marsupiais, unidos pelo nome de Theria. Fóssis encontrados em Madagascar lançam o grupo para 167 MYA. As fêmeas possuem mamilos para amamentar as crias. Todo o desenvolvimento das crias, ou parte delas, acontece no interior do corpo da fêmea, onde o feto é alimentado a partir da placenta. Assim, não é mais preciso botar, nem proteger os ovos. Sobrevivem 4.500 espécies de placentários, vivos, hoje, ou perto de 5.000 espécies de mamíferos. O fóssil mais antigo que se crê ser um antepassado dos placentários é o género *Eomaia* (125 MYA), que foi encontrado na China, numa formação do Cretáceo inferior, e representa um mamífero com cerca de 10 cm de comprimento. Os dois grupamentos que sobrevivem - equídnas e ornitorrincos.



198



199



200



201

198) Monotremado, *Teinolophus Steropodon* (ca.wikipedia.org) - 199) Animal pré-histórico (snipview.com) - 200) *Teinolophus giant* (ferrebeekeeper.wordpress.com) - 201) Um moderno *Platypus* (sleepsing.com).

164 MYA

* **Castorocauda** - O mais conhecido mamaliforme, um Docodonte, é o *Castorocauda lustrasimilis*, que viveu no médio Jurássico (164 MYA). Foi o primeiro

esqueleto completo encontrado. Tinha pelos, membros e mandíbula próprios para escavação. Os dentes eram adaptados para comer peixe. Tinha pele dura para a natação e cauda chata. Prova que os mamíferos já conseguiam fugir dos grandes répteis, escondendo-se até embaixo da água. Era uma mistura de ornitorrinco, castor e lontra. Os cetáceos e sirênios só irão surgir dentro de 100 milhões de anos.



202

202) *Castorocauda* (wikipedia.com)

162 MYA

✳ **Répteis marinhos e terrestres** - Diversificam-se os répteis marinhos (*Ichthyossáurios*, *Plesiossáurios*). Os dinossauros sobreviveram à extinção e atingiram desde minúsculos (*Ornitholestes*) até tamanhos gigantescos, como os *braquiossáurios*, *apatossáurios*, *estegossáurios*, *alossáurios*. Também evoluem os modernos anfíbios (rãs, salamandras).

✳ Final da divisão entre os monotremados (ornitorrinco) e o ramo *Theria* (que leva aos ungulados, o qual irá incluir vacas, cabras, ovelhas, macacos, humanos). Havia começado a se diversificar em 191MYA. Fósseis: *Steropodon*, ou *Lillikodon* (monotremados); *Vincelestes* (theriano).

✳ **Mamaliformes, Cinodontes** - Os Cinodontes (ancestrais dos mamíferos) tornaram-se dominantes, mas por pouco tempo, pois os Arcossauros (ancestrais dos dinossauros, crocodilos e aves) predominaram, por exigirem menos água para sobreviver. Os Cinodontes foram obrigados a se esconder em cavernas, comendo insetos noturnos. Isso melhorou seus dentes para comer pequenos artrópodes. Os hábitos noturnos levaram um agudo senso de audição e olfato. Ao mesmo tempo, forçou o crescimento do cérebro, que exigia mais energia, levando a hábitos de termorregulação. Houve, portanto, uma aceleração na evolução dos mamíferos que eram, na ocasião, menores que ratos. Um bom exemplo é o *Thrinaxodon*, do grupo dos Cinodontes, no Triássico Médio. Seus dentes estavam totalmente diferenciados, a caixa craniana abaulada na parte de trás da cabeça, e muitos deles andavam de forma vertical. Dentro de 150 milhões de gerações estaria surgindo o Homem.



203



204

Cinodontes - 202) *Exaeretodon* (Nobu Tamura, common wikimedia) - 203) *Diademodon* (Mojca, common wikimedia) - 204)

✱ **Mandíbula única** - O Cinodonte reduziu o tamanho da mandíbula, restando um único osso, ganhando mais força. Parte dos ossos da ex-mandíbula tornaram-se partes do ouvido médio dos mamíferos. Desenvolveu também um palato secundário no céu da boca e, assim, começou a mastigar e respirar ao mesmo tempo, como fazem todos os mamíferos atuais. Muitos começaram a andar verticalmente. É provável que os cinodontes tinham totalmente, ou parcialmente, de sangue quente, coberto de pelos, o que mantinha isolado e ajudava a manter a temperatura corporal elevada. A estrutura dos mamíferos leva a crer que descendem dos cinodontes, mormente do grupo *Eucynodontia*.

✱ **O leite** - Os Cinodontes reduzem o tamanho e começam a apresentar características de lactância. A caseína apareceu entre 200 e 310 MYA, sucedendo a vitelogenina dos répteis, que produzia ovos de casca mole, provocando rápida desidratação. O leite seria então uma modificação da secreção das glândulas sudoríparas (na lactação), destinada a transferir água aos ovos. Os ovos seriam menores e poderiam ficar dentro do ventre.

152 MYA

✱ **Índia** - O supercontinente Pangea sofre divisões: Gondwana divide-se em duas partes. O supercontinente Gondwana começou a se partir ainda durante o Jurássico (165-150 milhões de anos atrás), com a separação entre Índia e Austrália. Em seguida, Madagascar e Índia separaram-se da África, movendo-se para o sudeste, atingindo sua posição atual no início do Cretáceo. A Índia se separou de Madagascar no fim do Cretáceo, seguindo rumo ao norte até colidir com a Ásia, há cerca de 50 milhões de anos. Já se percebiam a futura América do Sul, Antártida, Austrália e África.



205

205) A Índia começa a se separar da África.

150 MYA

✱ **Aves (Classe)** - Enquanto os Arqueossáurios dominavam a terra estavam surgindo as *Avesuchias* (que levariam às aves atuais) entre 150.8–148.5 MYA, destacando o *Archaeopteryx*. Elas despontaram entre o final da época dos braqueossáurios e o surgimento dos mamíferos. O *Archaeopteryx* é a transição entre o dinossauro e as aves, um ancestral dos pássaros, com garras e penas, mas não tinha bico. A diversificação de répteis começou em 300 MYA, mas somente em 150

100 MYA surgem as aves, que se dividem em 100 MYA nos ramos: a) tinamús, avestruzes; b) aves aquáticas, galinhas, pássaros, etc.



206



207



208



209

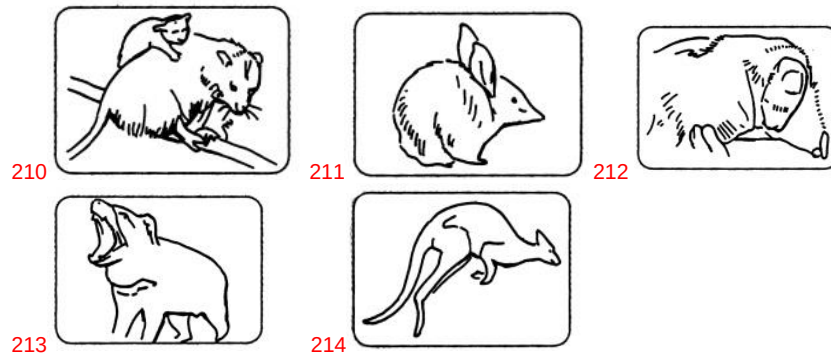
Primeiras aves - 206) *Avesuchia*, *Archaeopteryx* (cyberbr.net) - 207) O feroz *Archaeopteryx* (jameszaworski.blogspot.com) - 208) *Sinornithosaurus millenii* (australianmuseum.net.au) - 209) *Aurornis Xui*, um dinossauro plumado de 140 milhões de anos (Masato Hattori, ultimosegundo.ig.com.br).

145 MYA

✱ **Período Mesozóico (Cretáceo)** - Vai de 145,5 a 72,1 MYA. Domínio dos dinossauros. Surgem os marsupiais. Extinção maciça do Cretáceo. Primitivos mamíferos placentários.

140 MYA

✱ **Marsupiais** (*Classe Mammalia*) - A principal diferença é a presença, na fêmea, de uma bolsa abdominal, conhecida como marsúpio, onde se processa grande parte do desenvolvimento dos filhotes. Outras diferenças morfológicas, principalmente reprodutivas, entre elas a presença de duas vaginas na fêmea, e um pênis bifurcado nos machos, estão presentes. O feto alimenta-se com tudo que existe no ovo. Já os placentários recebem nutrientes via placenta que também promove uma quase completa defesa do feto. Devido a essa diferença o feto marsupial nasce bem mais cedo. O placentário tem mais tempo para garantir um melhor desenvolvimento, ao contrário do que acontece com todos os vertebrados. Por outro lado, a mortalidade neonatal é bem maior entre placentários do que em marsupiais. Por isso, há uma disputa em saber quem surgiu antes, placentário ou marsupial. O primeiro marsupial conhecido, o *Sinodelphys*, apareceu há 125 milhões de anos, no início do Cretáceo; mais ou menos na mesma época se desenvolve o grupo *Eutheria*. O grupo vai se definindo até o 80 MYA, quando surgem os Gambás ($2n = 22$). Entre 70 e 80 MYA surgem as Cuícas, Musaranho, Toupeira, Numbate. Entre 60 e 70 MYA surgem o Monito, Cangurus ($2n = 12$), Vombates, Coala, etc. Há 270 espécies vivas, hoje. Dentro de 80.000.000 de gerações surgirá o Homem.



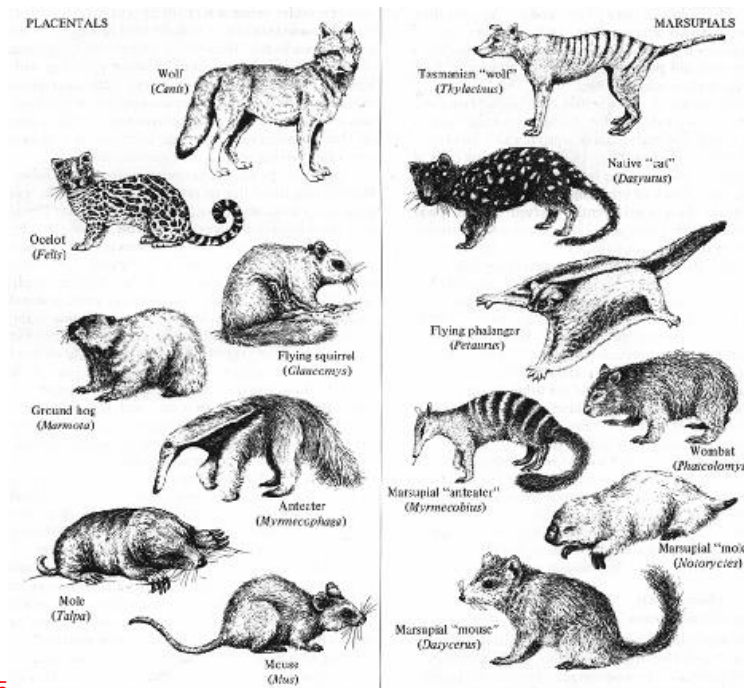
Os marsupiais - 210) Gambás - 211) Bandicoots - 212) Toupeira - 213) Diabo-da-Tasmânia - 214) Canguru (Fotos: Richard Dawkins, 2009) - 6 *Sinodelphys*, o primeiro.

135 MYA

✱ Depois da extinção das formas jurássicas, surgem novos dinossauros: iguanodontes, hileossáurios, etc. O *Microrraptor*, de 77 cm de comprimento, foi encontrado em Liaoning (China), tinha asas com quatro membros providos de garras.

130 MYA

✱ **Marsupiais e Placentários, divergência** - Estudiosos afirmam que a divergência entre marsupiais e placentários ocorreu por volta de 130-100 milhões de anos, de acordo com os diferentes ambientes.



215

215) Os "parentes" marsupiais e placentários.

130 MYA

✱ **Flores** - Surgem flores nas plantas, atraindo insetos e outros animais, permitindo disseminar o pólen. A simbiose entre insetos e o pólen provocou uma grande explosão na evolução do planeta, produzindo mais plantas que são alimentos para os seres vivos. As flores têm 130 milhões de anos de existência no planeta, hoje.

Rinaldo dos Santos – 2016

Diante da enorme quantidade de trabalhos científicos na área de Paleontologia, sugerimos que - dentro de 10 anos (em 2026) - seja realizada uma revisão e atualização dados e datas, naquela ocasião.