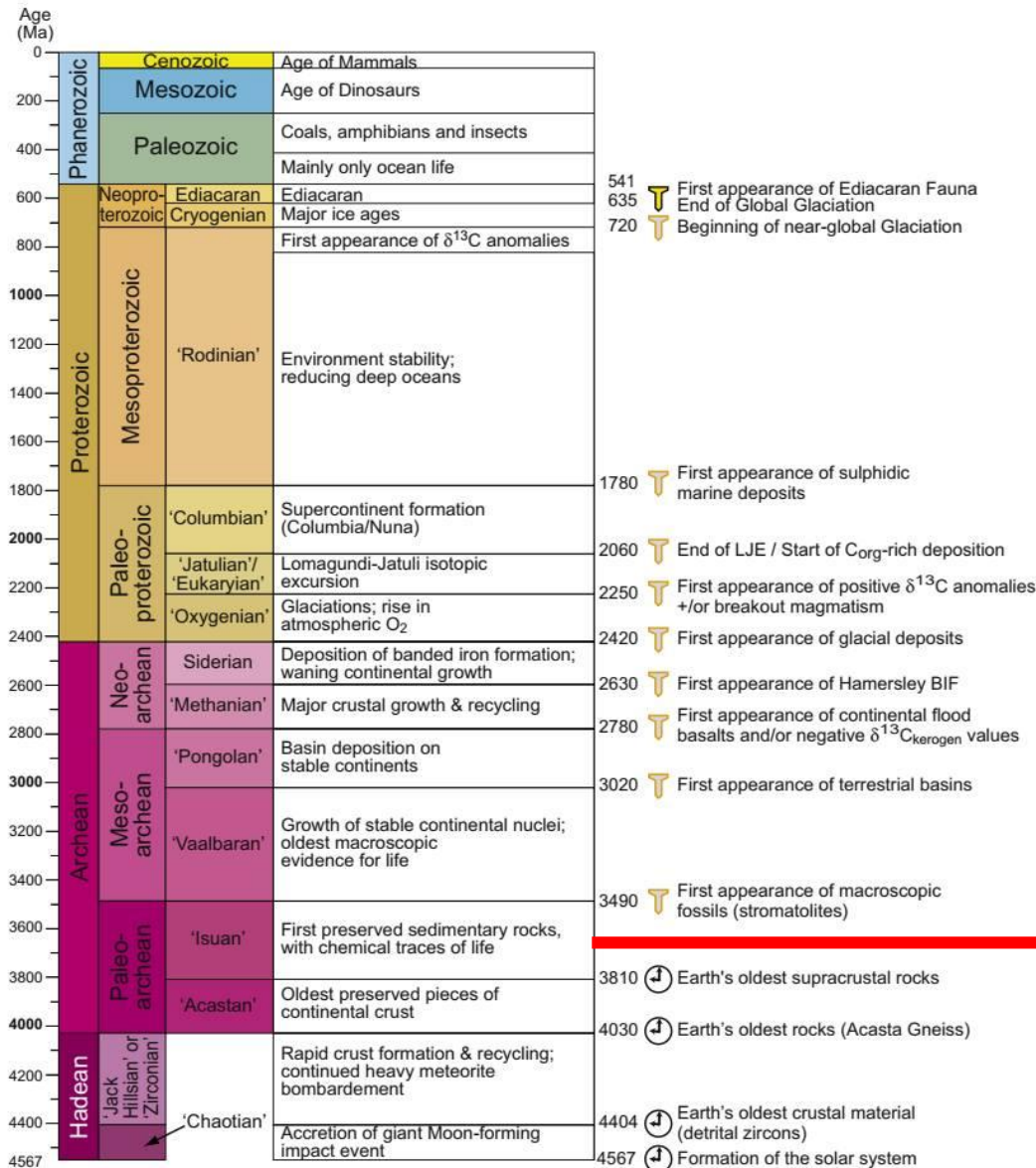


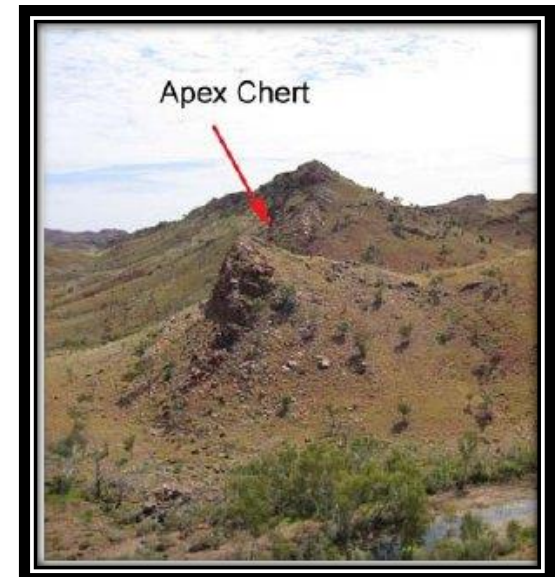
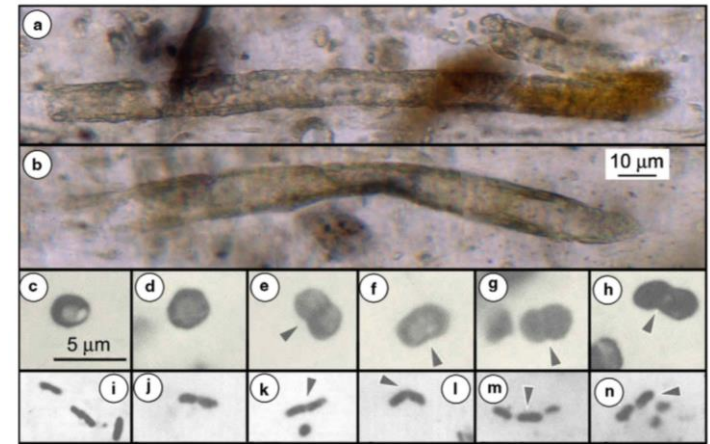
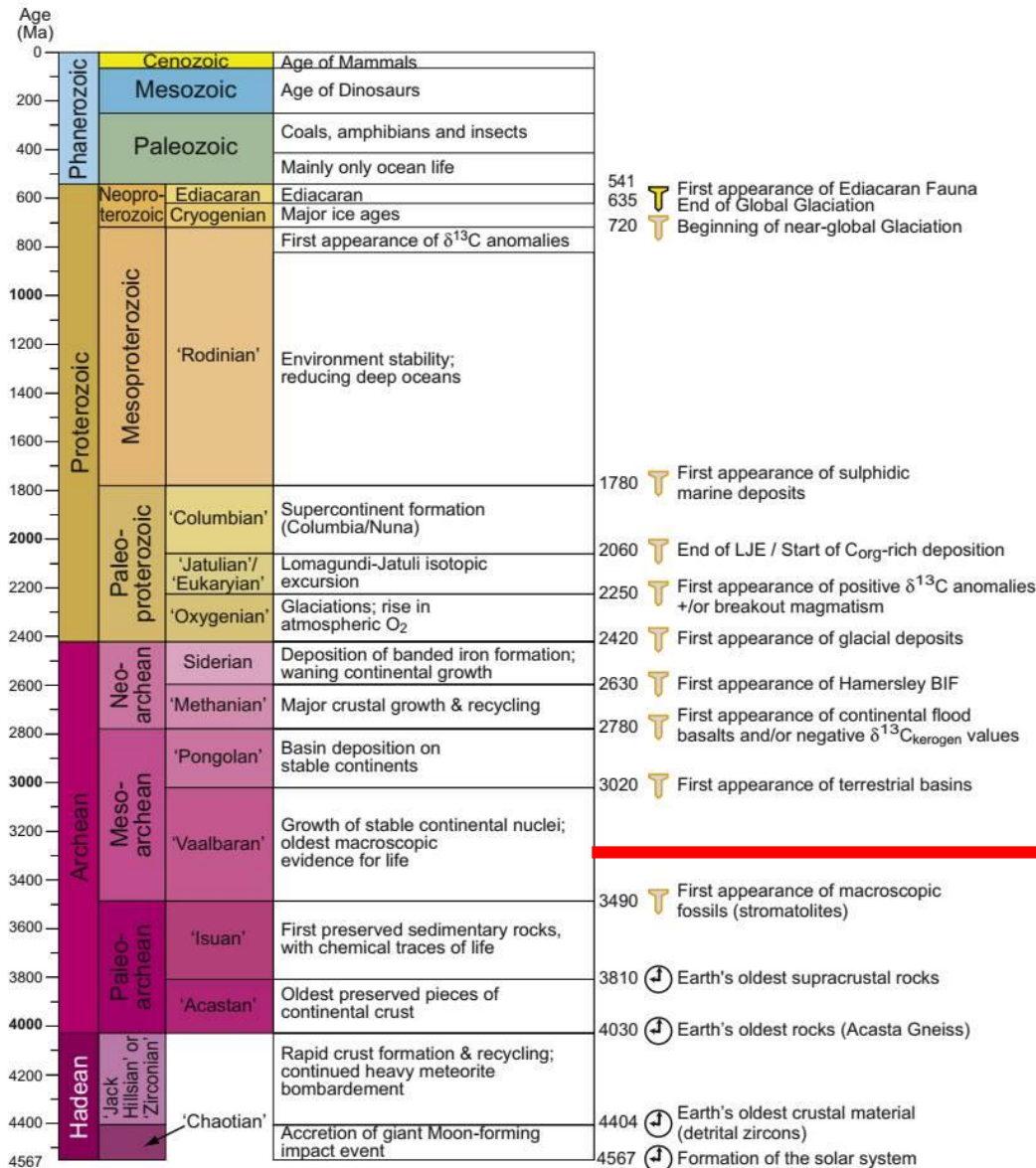
Paleontologia 2019 (Aula 5): *Explosão do Cambriano*



Isuasphaera (3,7 Ba - Itsaq Gneisse, Groelândia)

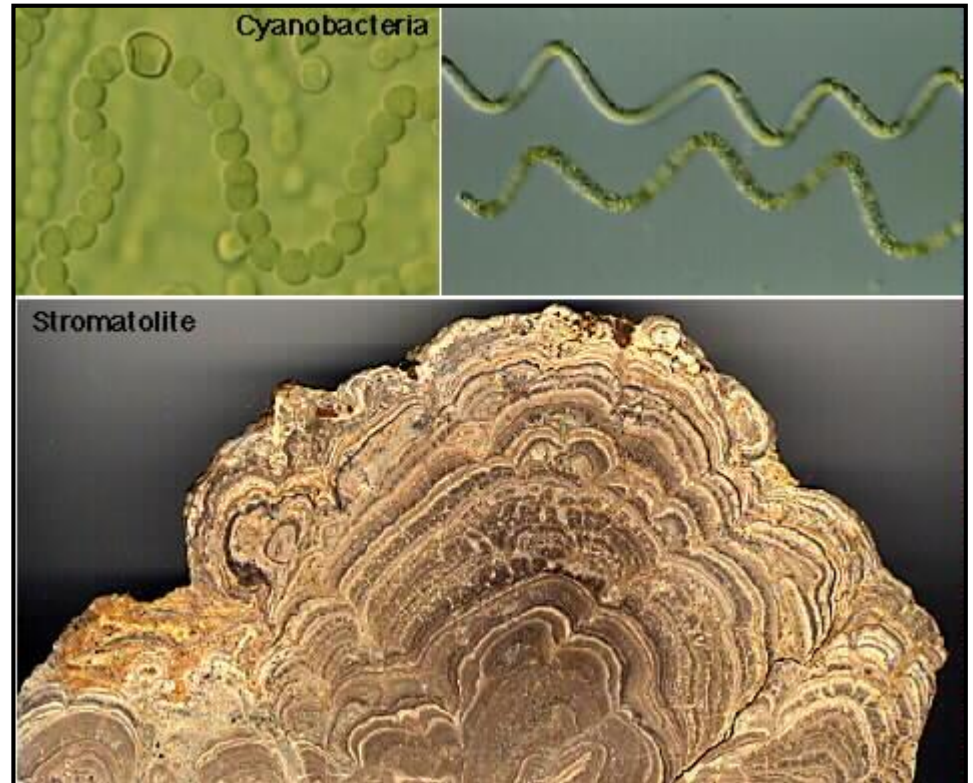
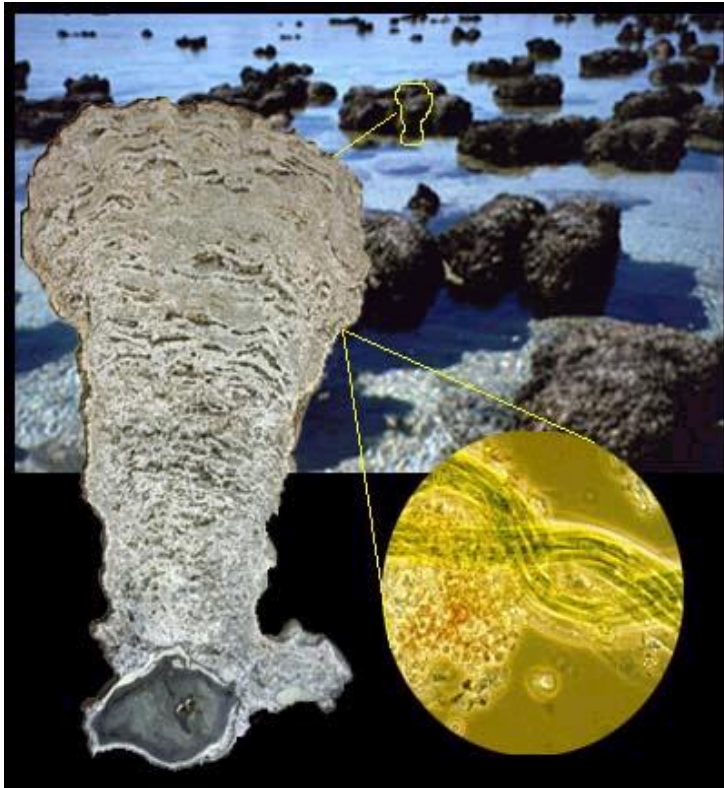


Apex Chert, Grupo Warrawoona (Western Australia)



Estromatólitos

Traços de ação microbiana (cianobactérias fotossintetizantes) recifal

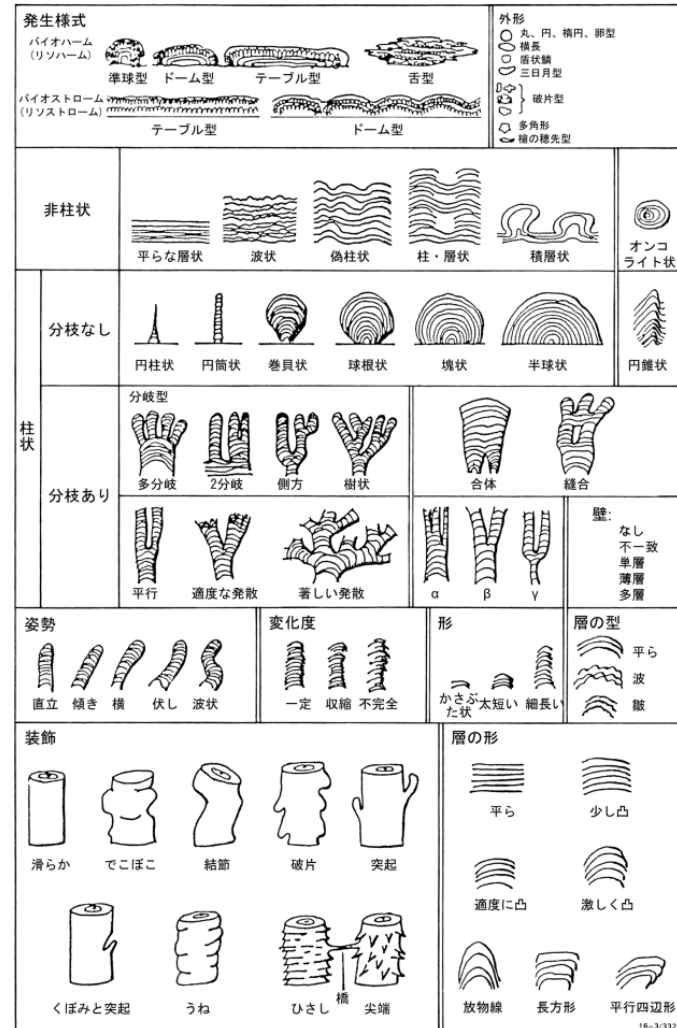
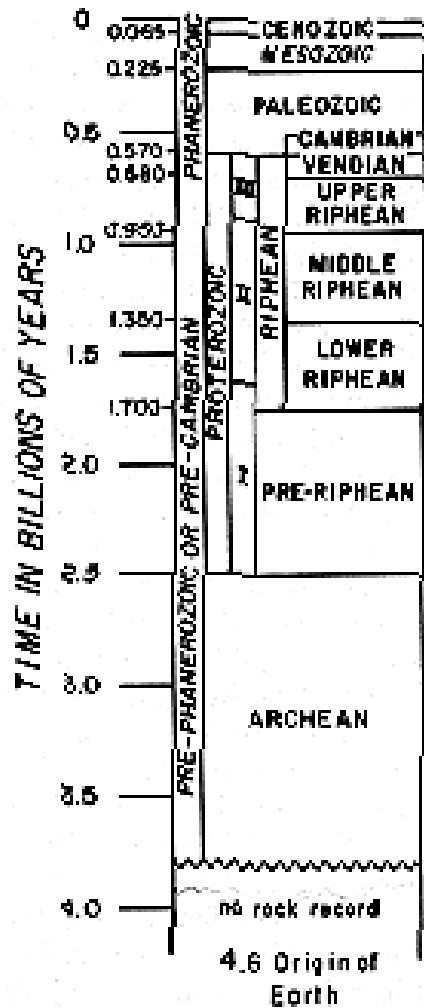


As camadas são de carbonato de cálcio precipitado sobre a matéria em crescimento de bactérias filamentosas

Os minerais ficam presos na mucilagem que envolve as colônias, que continuam a crescer sobre a camada formada, formando novas camadas

Estromatólitos

Rochas laminadas mais comuns no Proterozóico Superior quando eram os principais formadores de recife, mas conheceram declínio no final o Éon



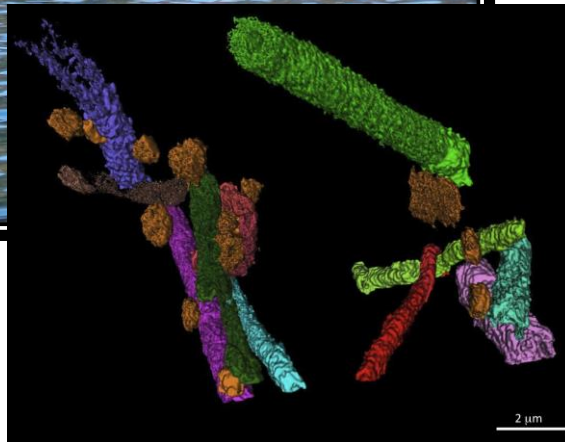
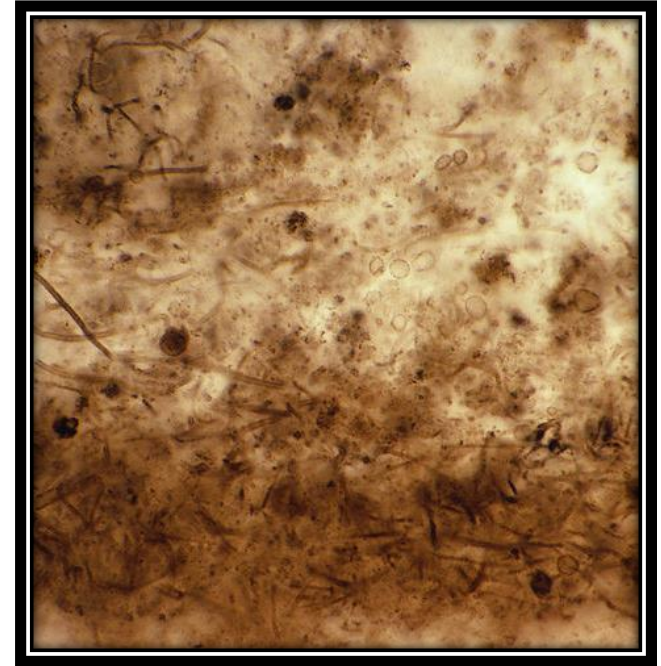
Estromatólitos

Hoje são incomuns, mas ainda existem em abundância nas costas do México e especialmente Austrália (Shark Bay)



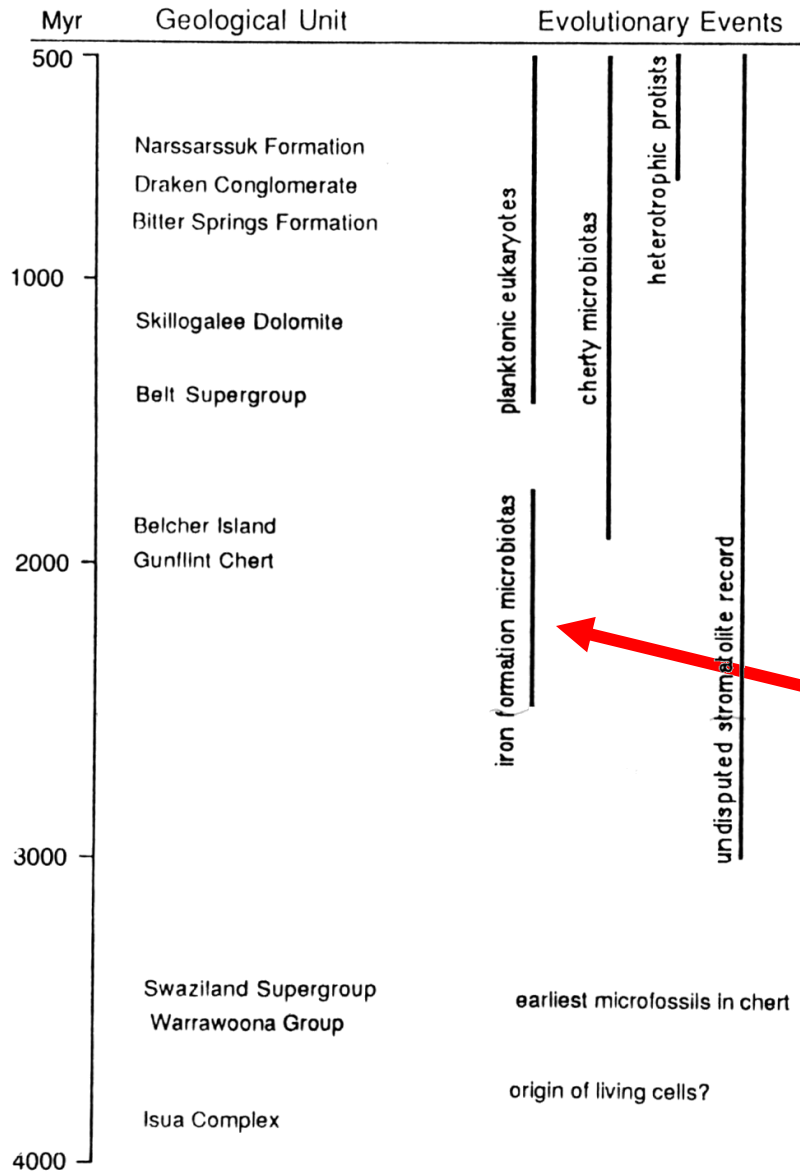
Gunflint Chert (2,0 Ba) – Ontário

Primeira comunidade procariótica mais complexa
(ambiente carbonático raso)



Presença de cianobactérias,
esporos e bactérias
desconhecidas, além de
possíveis algas e fungos

Éon Proterozóico (2,5 – 0,54 Ba)



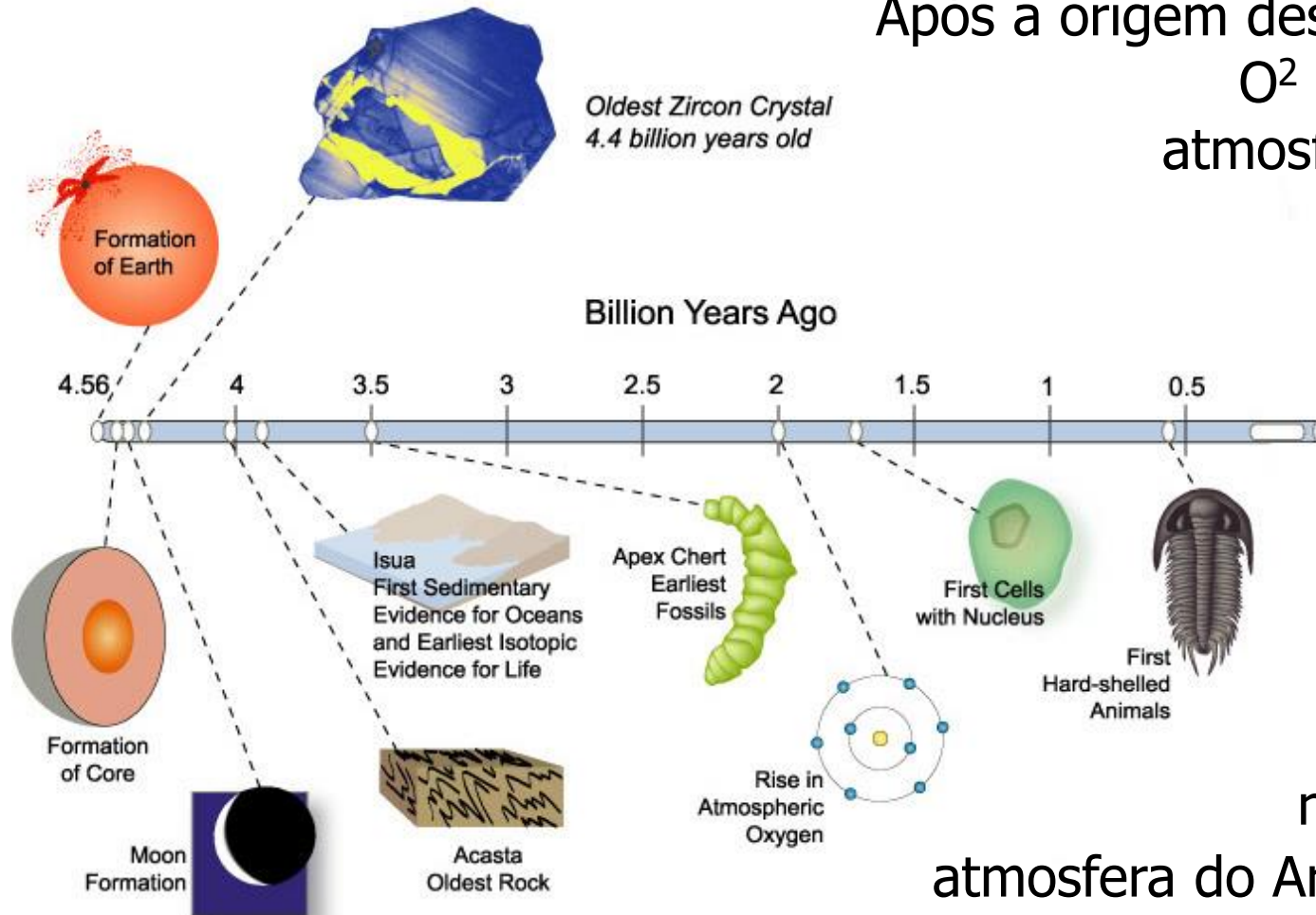
Maior abundancia de cianobactérias
leva à liberação de O^2

Ao se combinar com o O^2 , **Fe**
dissolvido nos oceanos forma
hematita (óxido de ferro) que se
deposita como **Ferro Bandado**



Éon Proterozóico (2,5 – 0,54 Ba)

Após a origem destes depósitos,
 O_2 se acumula na
atmosfera e oceanos



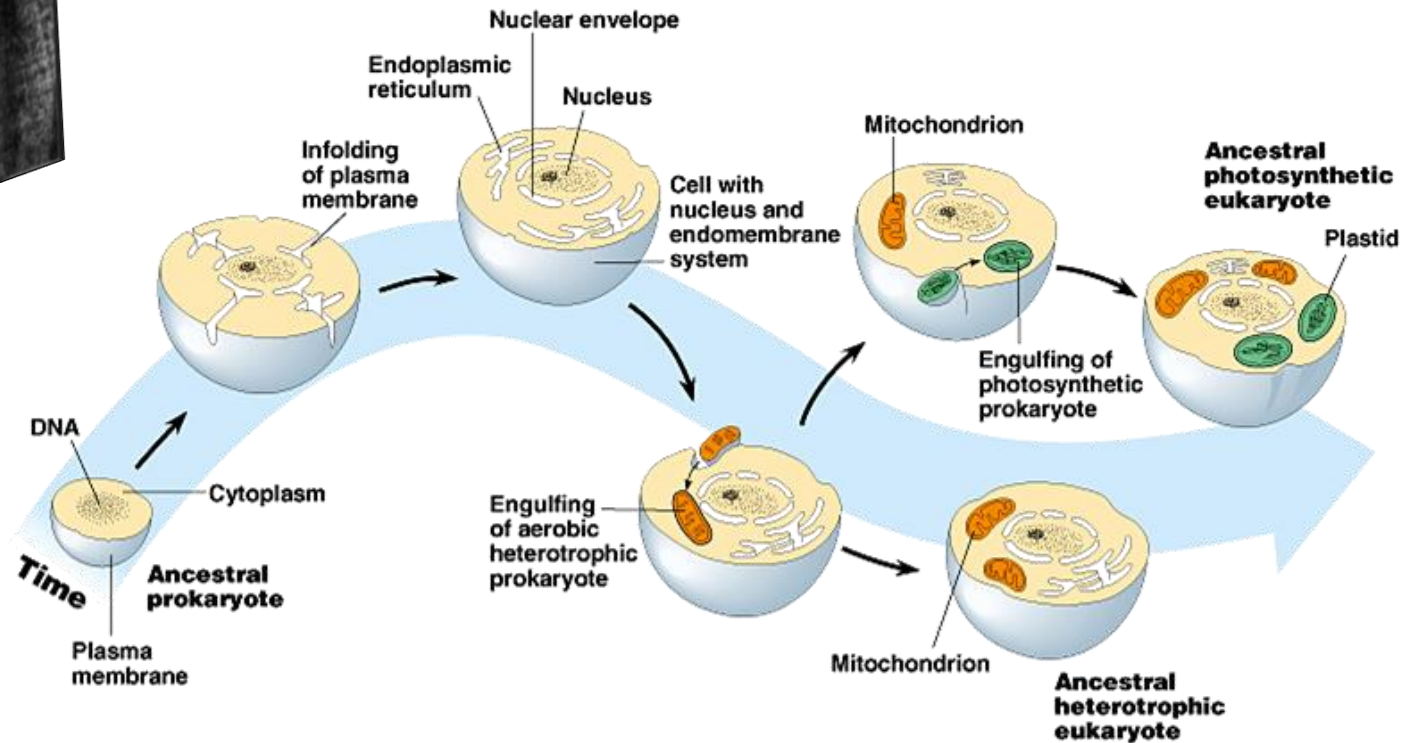
níveis de O_2 na
atmosfera do Arqueano = 1%
níveis de O_2 na
atmosfera do Proterozóico = 15%



Konstantin Mereschkowski

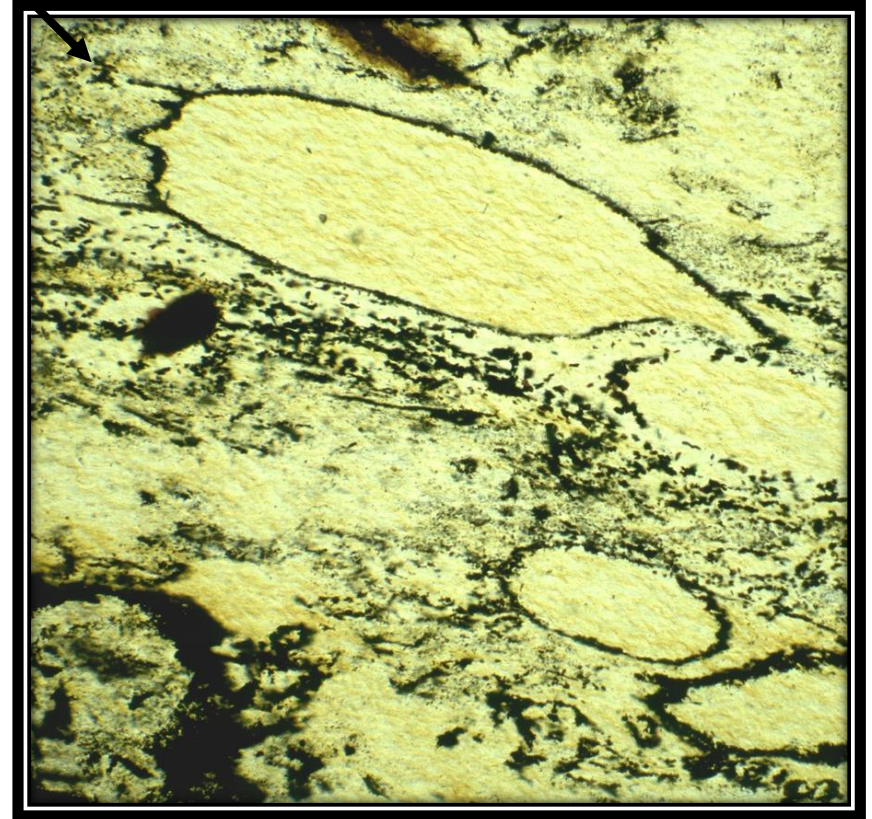


Endosimbiose



Eucariotas (Proterozóico médio-recente)

Evidências mais antigas: *Diskagma* 2,2 Ba, em paleosolos da África do Sul



Acritarcos, 1.65 Ba (Montana)

Cistos sexuais de algas planctônicas, partes vegetativas não conhecidas
Reprodução sexuada, surge como defesa contra parasitas

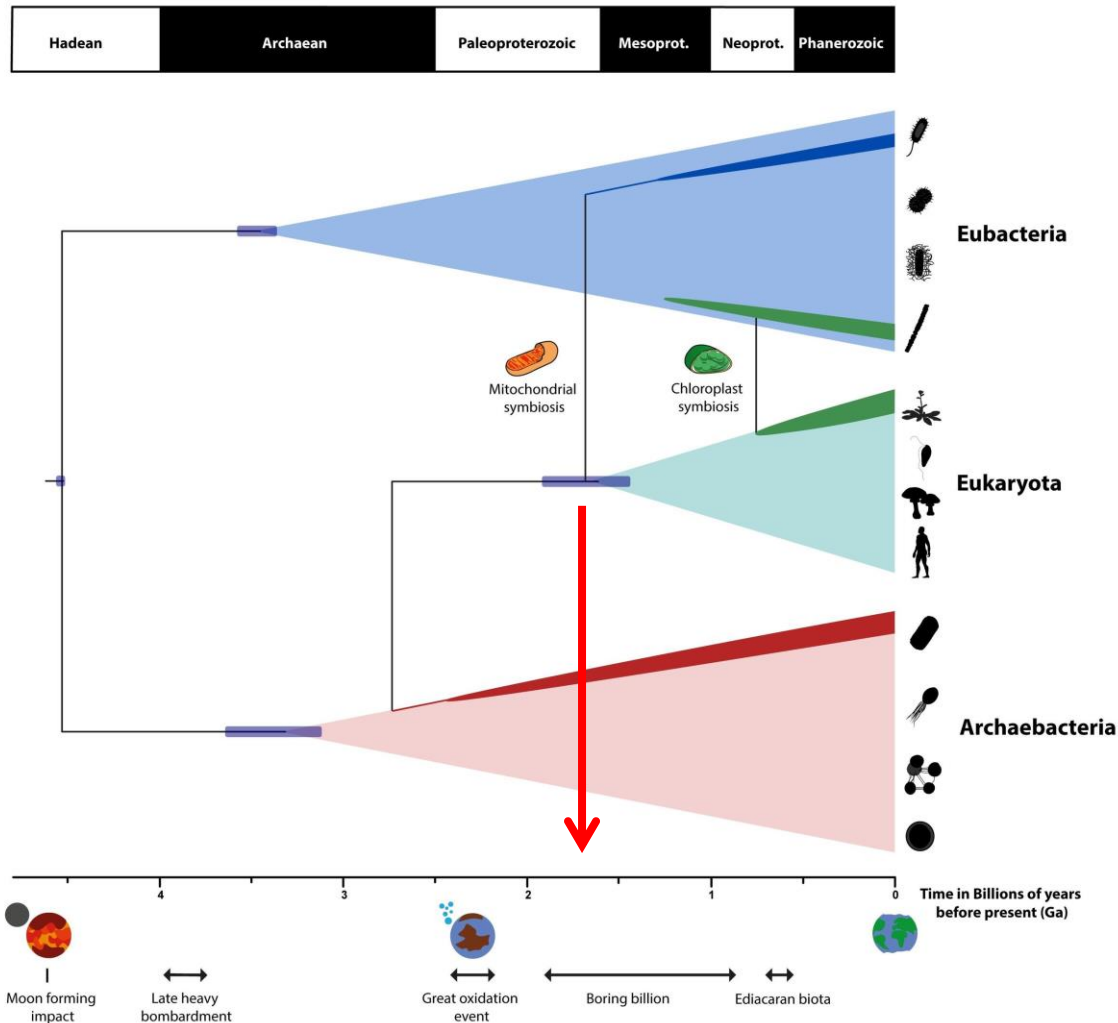
Eucariotas (Proterozóico médio-recente)

Grypania, possível alga de até 2,1 Ba



Organismos Pluricelulares

Registro de acritarcos (algas pluricelulares) a quase 2,0 Ba é corroborado por relógio molecular envolvendo algas, fungos e animais

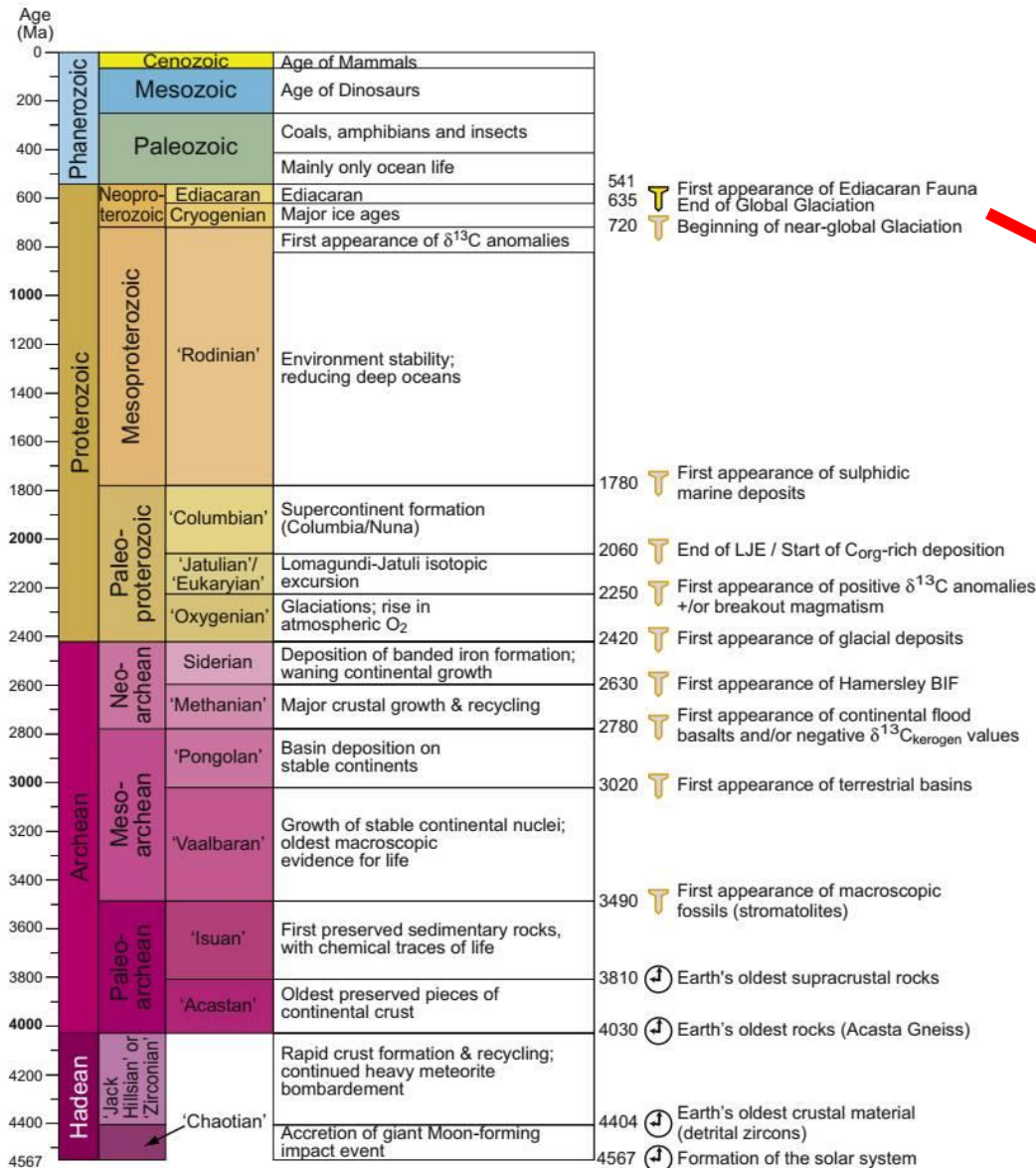


Eukaria

Grupo-coroa
"Núcleo" como herdado
por *H. sapiens*

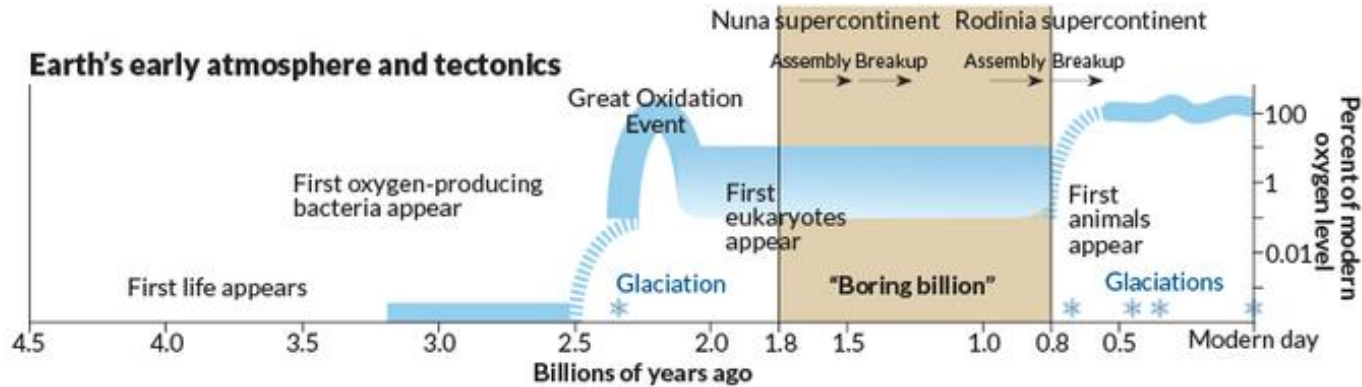
Possivelmente antes
não havia oxigênio
para sustentar
organismos maiores e
com metabolismo
aeróbico mais
complexo

“Criogeniano” – parte inicial do Neoproterozóico

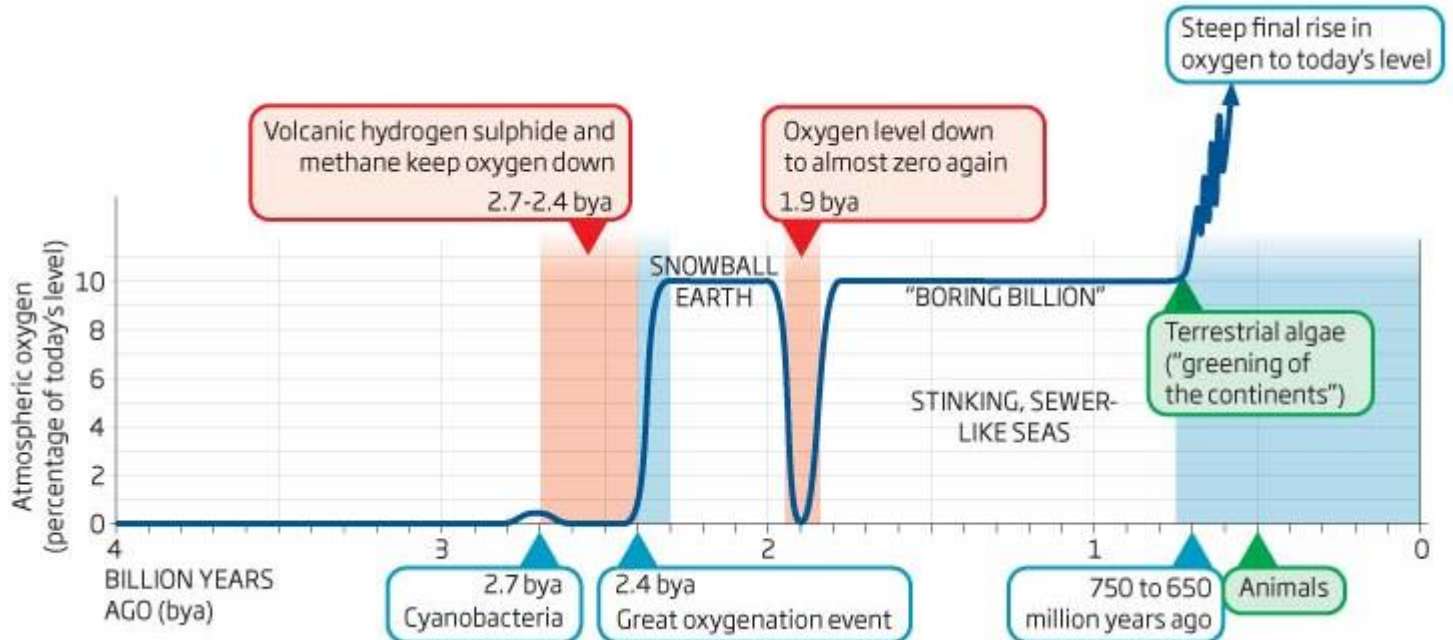


A 800 Ma a redução de CO_2 (seqüestro de carbono por fungos e algas), provocou grande época glacial

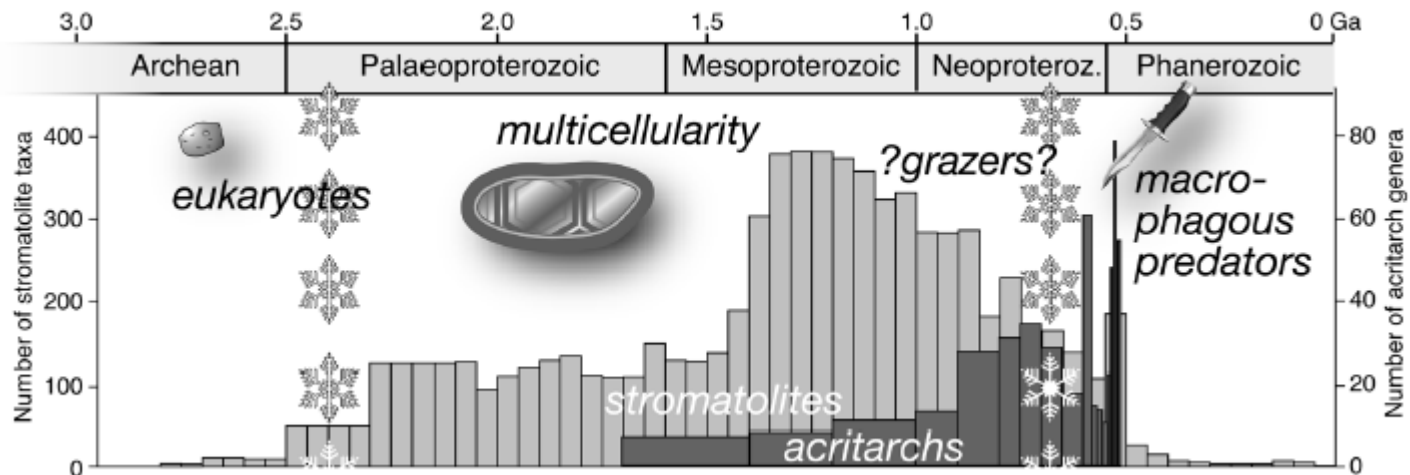
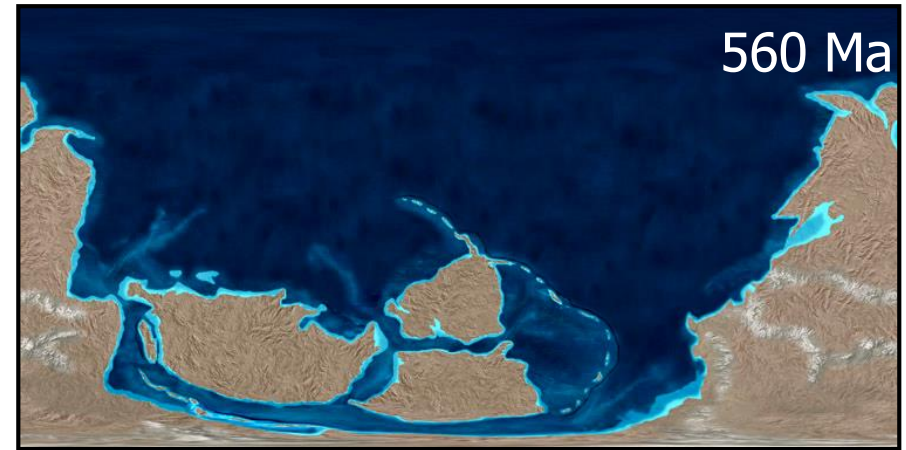
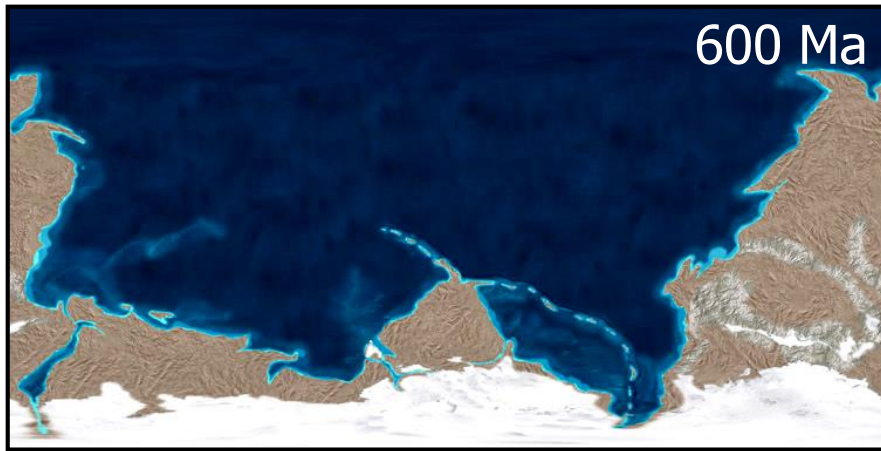
“Criogeniano” – parte inicial do Neoproterozóico



Hadean	Archean	Paleo-	Meso-	Neo-	Phanerozoic
		Proterozoic			



Alguns metazoários poderiam se alimentar de algas estromatolíticas
 (estromatólitos atuais só ocorrem em locais sem evidência de predação)
 Seu surgimento pode ter levado à redução das cianobactérias
 e amenização das condições glaciais

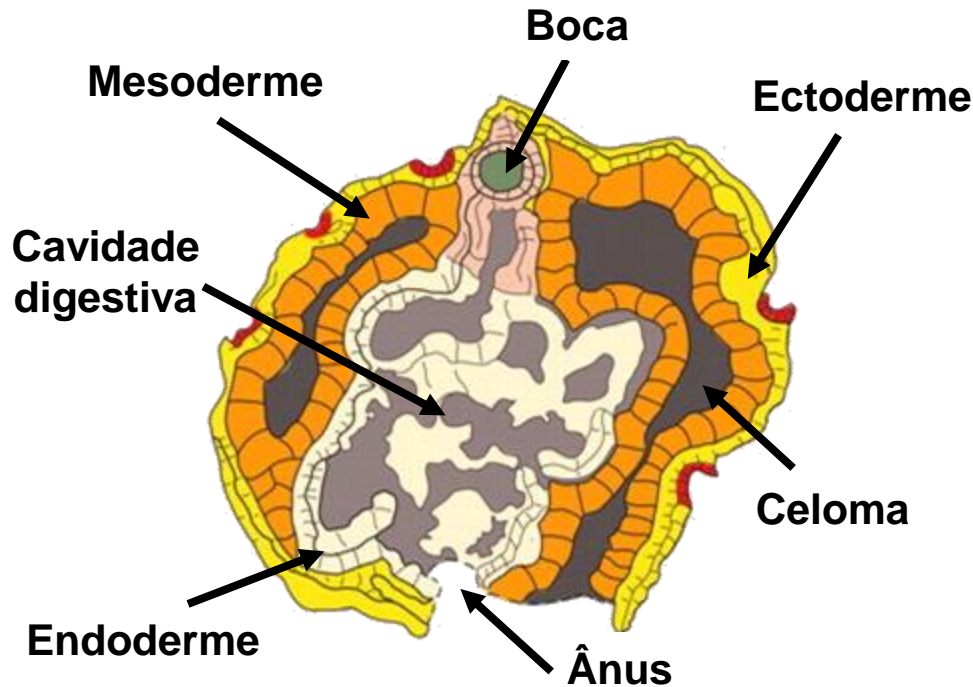
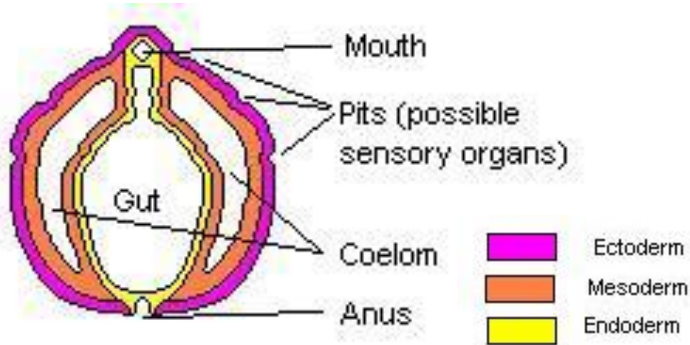


Embriões datados de 580 Ma (Fm. Doushantuo, China),
mostrando diferentes fases de clivagem, podem representar
vendazoários, cnidários ou protostômios



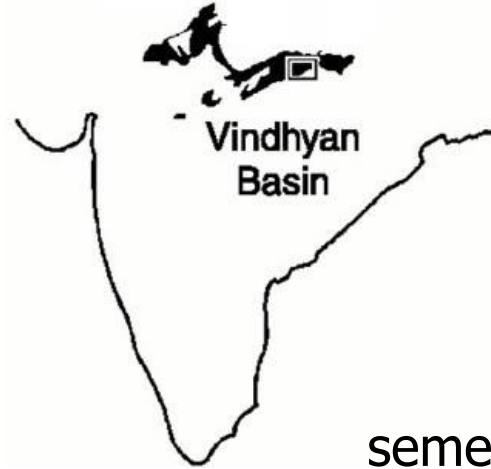
Vernanimalcula (Proterozóico superior)

Triploblástico e com sistema digestivo completo

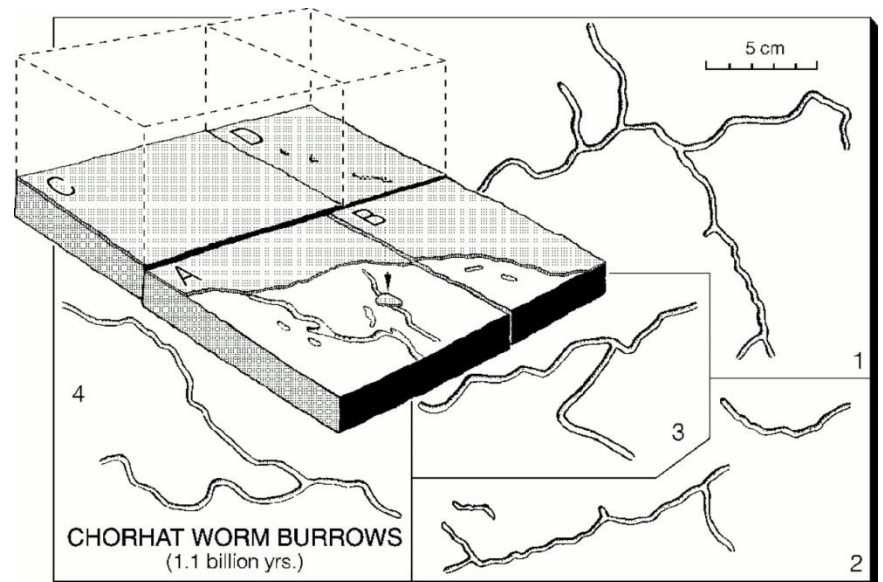


Possíveis metazoários pré-Vendiano

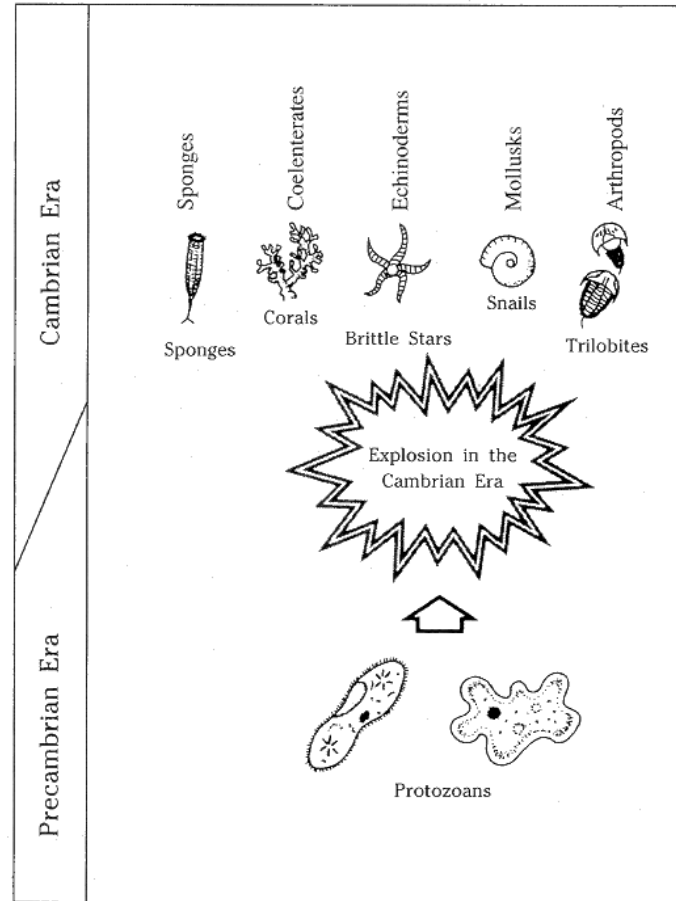
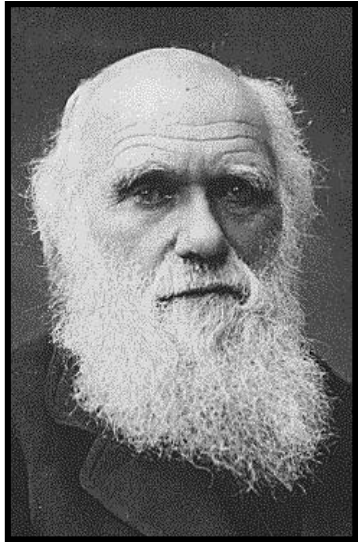
Ícnitos de aproximadamente um bilhão de anos



Arenito Chorhat
(Índia - 1.1 Ba) traços
semelhantes à de "vermes"



Até o final da década de 40, considerava-se o Pré-Cambriano estéril de metazoários (a explosão do Cambriano seria o momento da criação!)



DIEU CRÉE LA LUMIÈRE.

Esta ausência era um problema para a teoria evolutiva, e **Darwin** tentou explica-la com base na não preservação em ambientes lacustres (onde estes supostamente se originaram)

Fauna de Ediacara

Elementos da “Fauna Ediacara” foram encontrada pela primeira vez em 1908 na Namíbia, ocasião em que foi ignorada. Seus fósseis ficaram em uma gaveta até 1947.



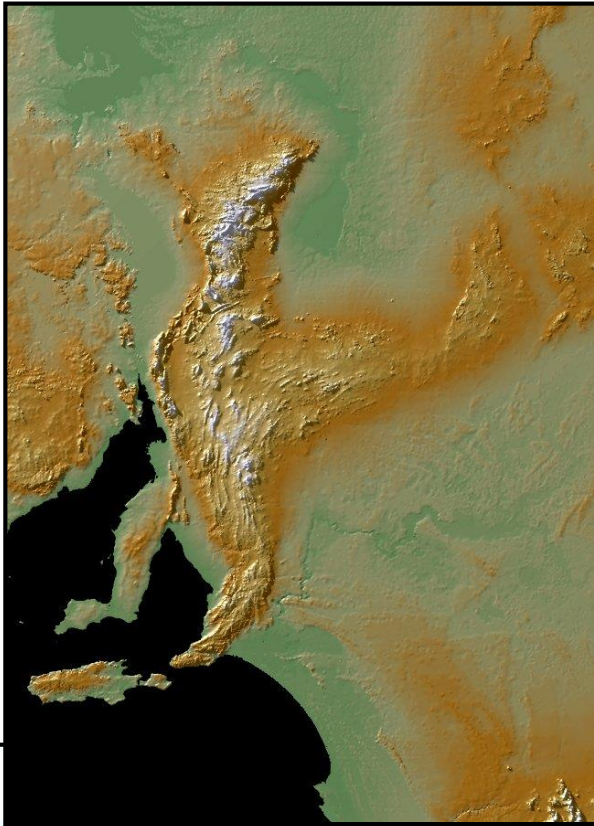
Pteridinium

Fish River Canyon, Namíbia



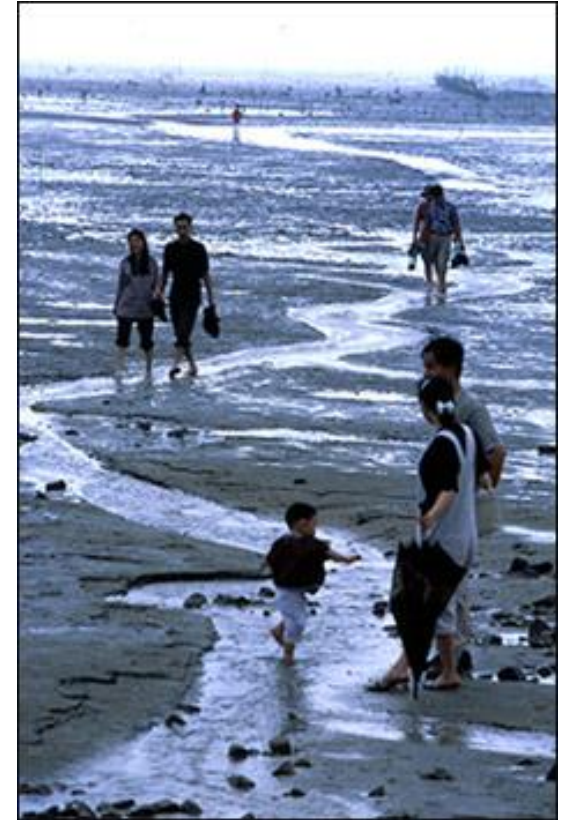
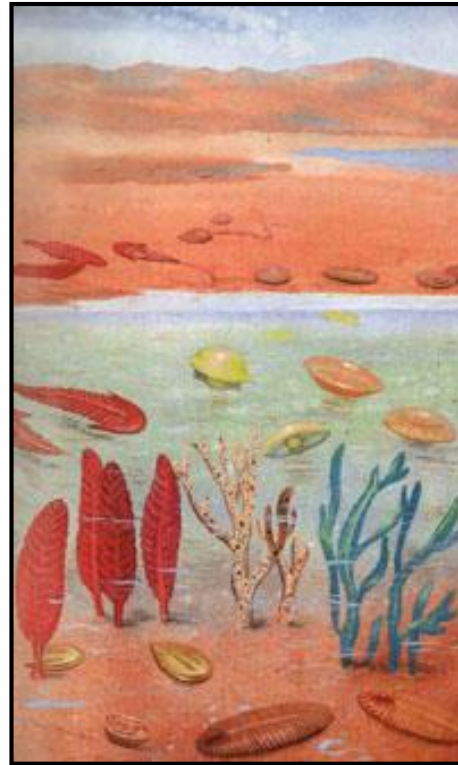
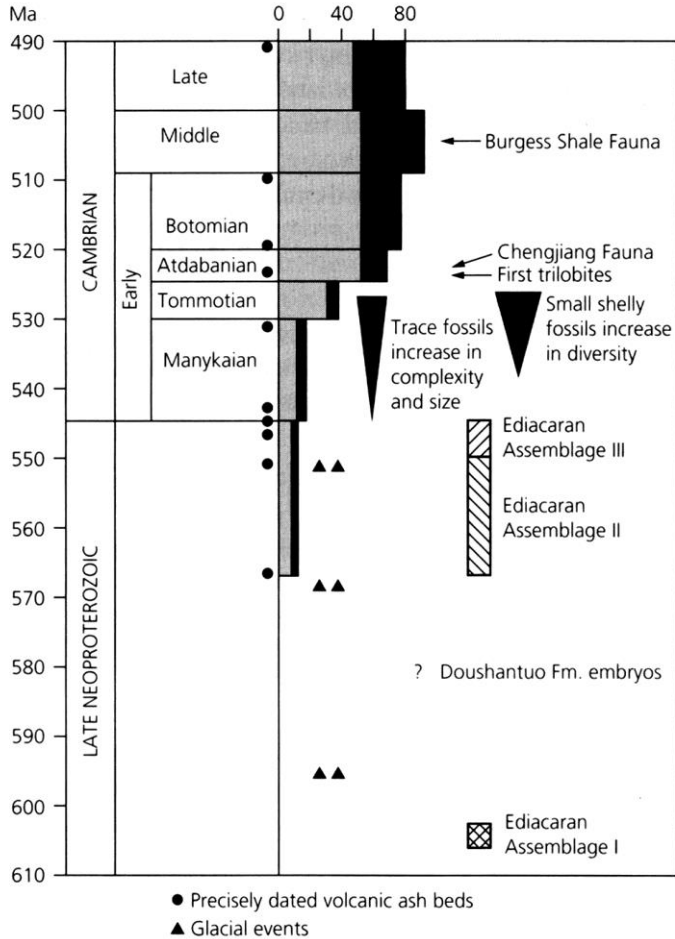
Fauna de Ediacara

Em 1947, Reg Sprigg encontrou fauna semelhante nas Ediacara Hills, (Flinders Ranges) próximas de Adelaide, South Australia



Fauna de Ediacara

Estudos posteriores constataram ser esta a primeira fauna bem conhecida de metazoários do Pré-Cambriano



Ambiente plataformal de água salobra (planície de maré), onde os organismos ficaram presos e eram soterrados

Fauna de Ediacara

Impressões de seres de corpo mole (formato de disco ou folha)
Desprovidos de partes duras e preservados como moldes no arenito
A riqueza dos depósitos indica um tegumento relativamente resistente



Fauna de Ediacara

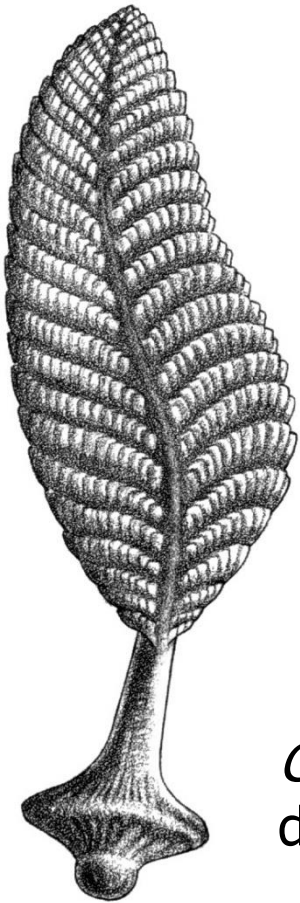
Impressões de seres de corpo mole (formato de disco ou folha)
Desprovidos de partes duras e preservados como moldes no arenito
A riqueza dos depósitos indica um tegumento relativamente resistente

A photograph showing several fossilized impressions of worm-like organisms in a reddish-brown sandstone matrix. The impressions are dark, wavy, and bilaterally symmetrical. A white ruler with black markings is placed at the bottom of the image for scale.

Formas bilaterais vermiformes como *Spriggina*

Fauna de Ediacara: afinidades filogenéticas

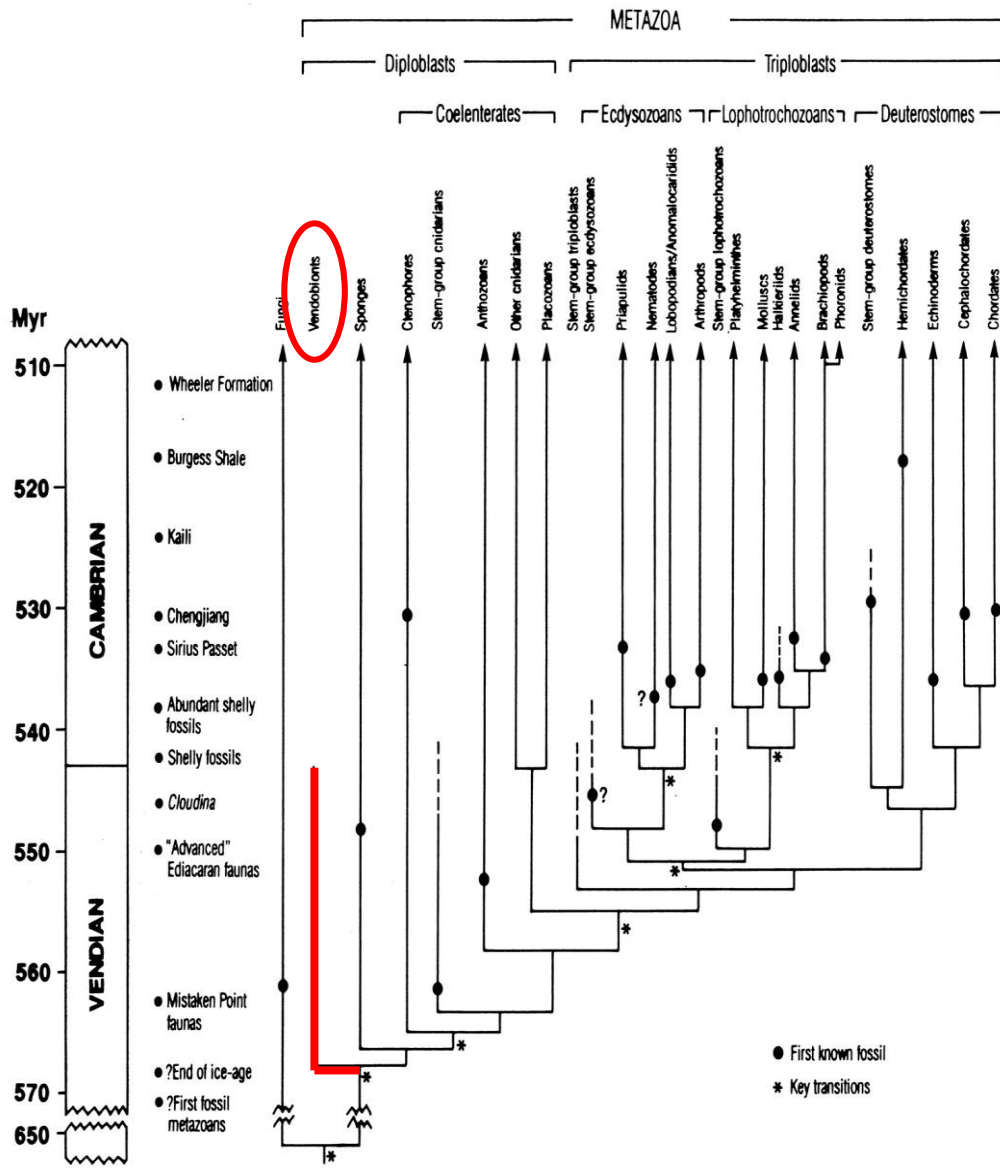
Em 1957 fósseis discóides e de frondes descobertos na Inglaterra foram identificados como algas e depois comparados a cnidários penatuláceos - “penas-do-mar” (Glaessner 1959)



Charniodiscus
de Shropshire



Fauna de Ediacara: afinidades filogenéticas

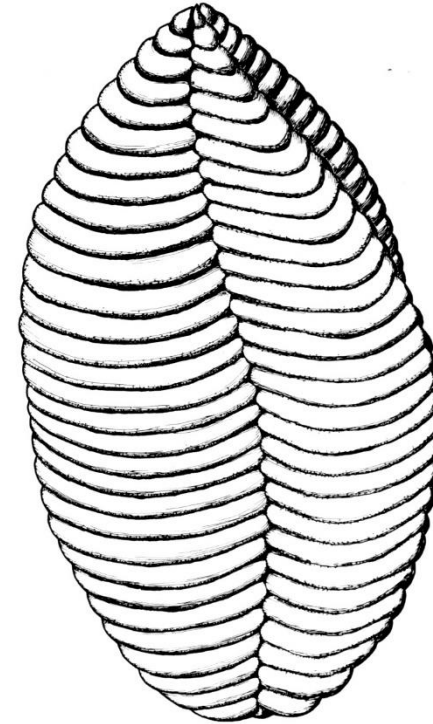
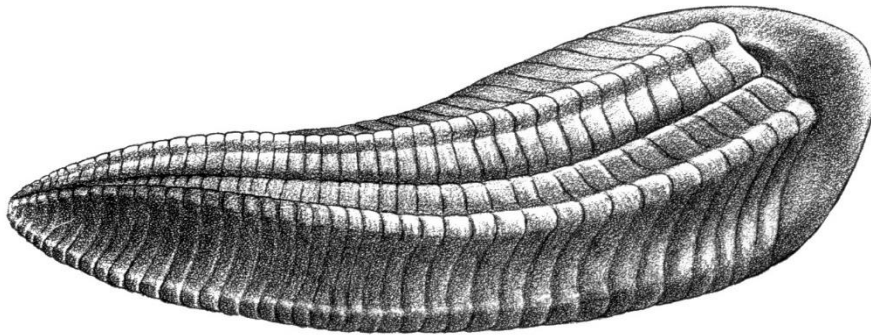


Outros autores sugerem que as formas de Ediacara não pertenceriam a qualquer grupo de animais viventes nem seriam ancestrais dos mesmos, mas descendentes de metazoários pré-cambrianos desconhecidos

Fauna de Ediacara: afinidades filogenéticas



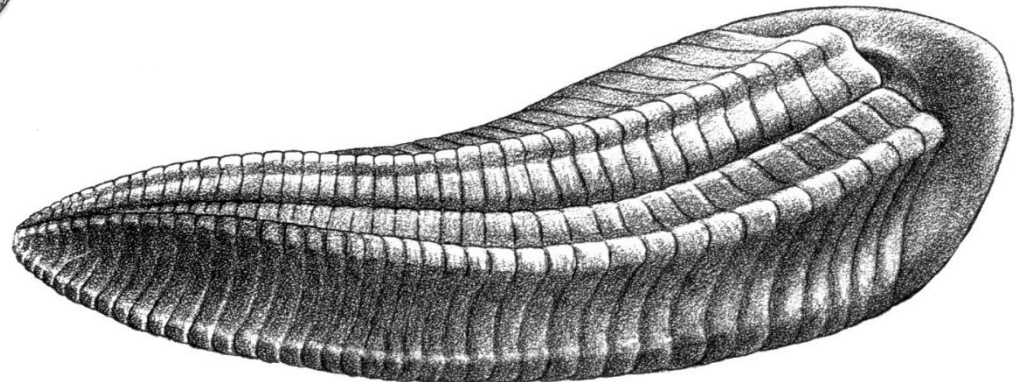
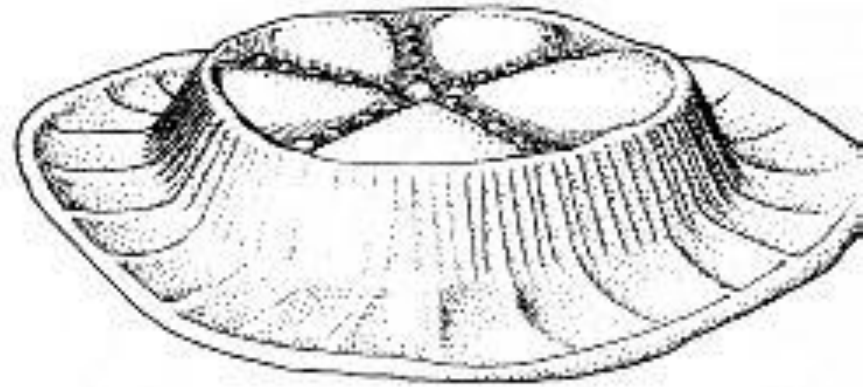
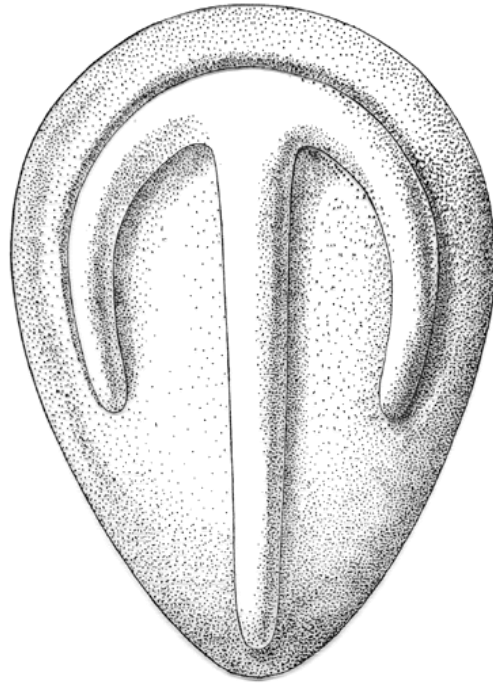
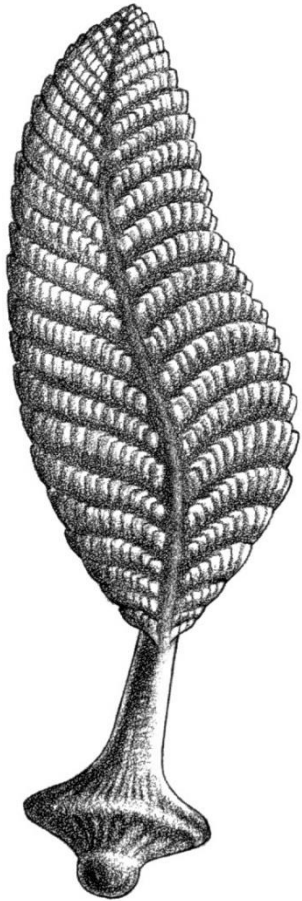
Seilacher cria o grupo dos Vendozoa



Arquitetura corporal incomum: achatada
dividida em seções unidas por entrelaçamentos formando
esqueleto hidráulico semelhante a um colchão de ar

Vendozoa

Grupo zoológico distinto, distribuição exclusivamente Cambriana
Achatados, redondos a elípticos, com ornamentação em cristas que lembram colchões de ar, sem boca ou sistema digestivo



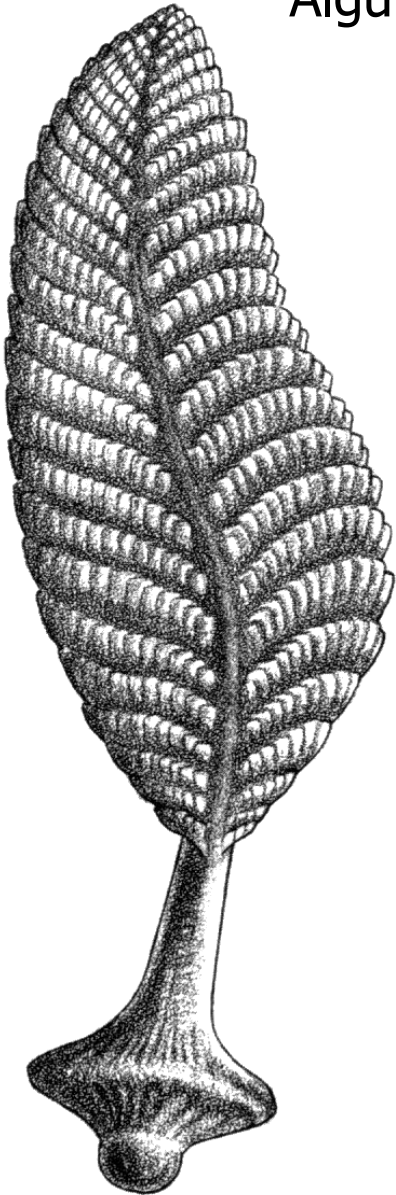
Fauna de "Ediacara"
Alguns organismos são agrupados à filós viventes



Cyclomedusa (Cnidaria)

Fauna de "Ediacara"

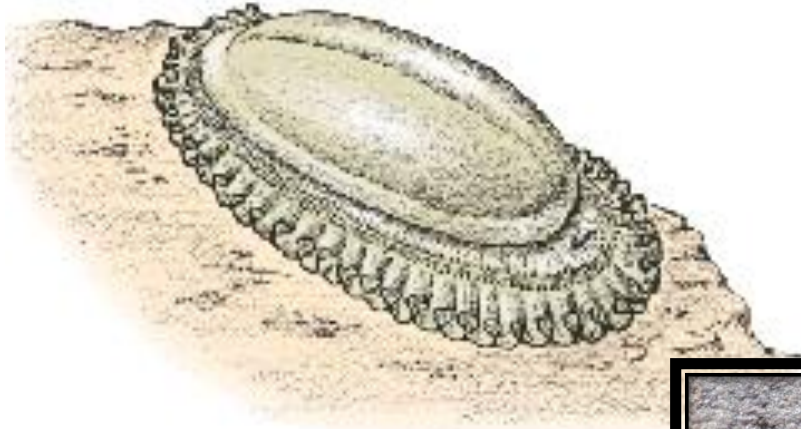
Alguns organismos são agrupados à filós viventes



Charnia: (Cnidaria, Penatulacea)



Fauna de "Ediacara"
Alguns organismos são agrupados à filos viventes



Kimberella (Mollusca)

Forma com pé muscular
Ediacara e Mar Branco

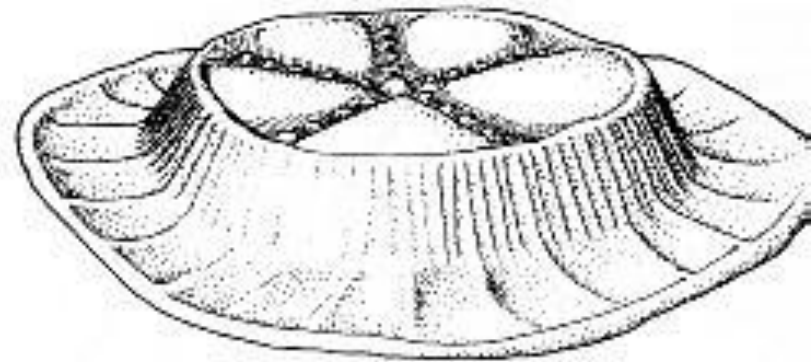


Fauna de "Ediacara"
Alguns organismos são agrupados à filos viventes



Arkarua (Echinodermata)

Forma pentaradiada



Fauna de "Ediacara"

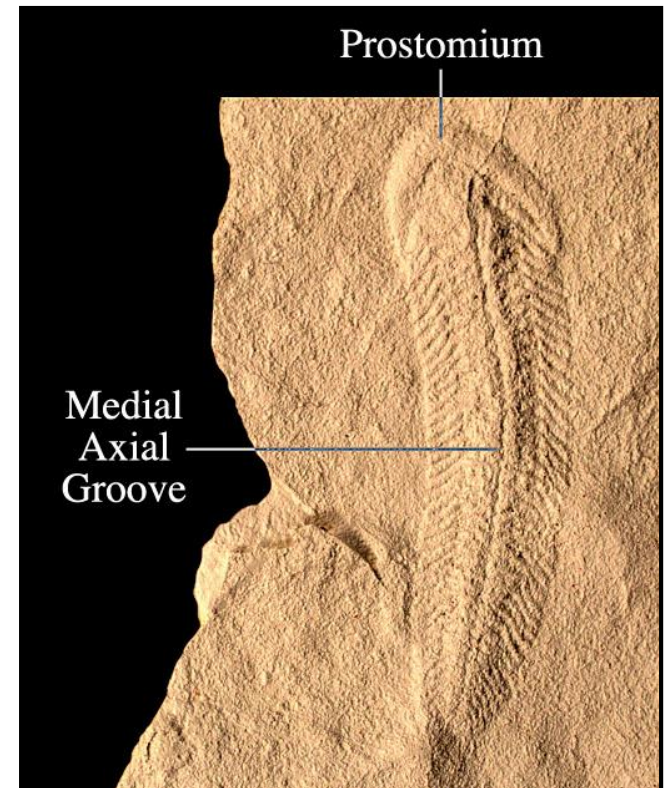
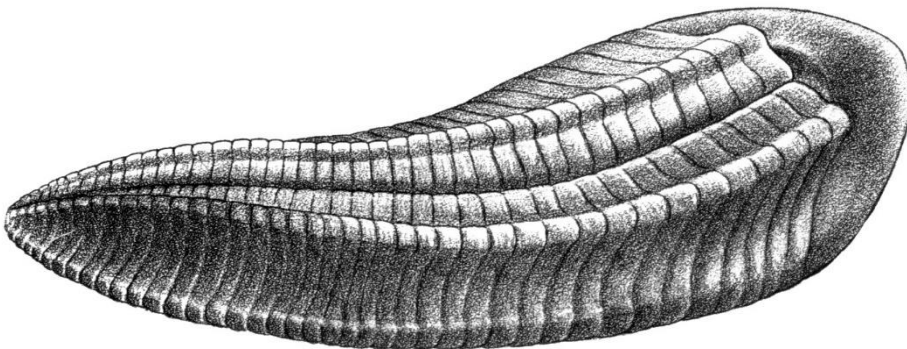
Alguns organismos são agrupados à filos viventes



Spriggina (Bilateria/Arthropoda)

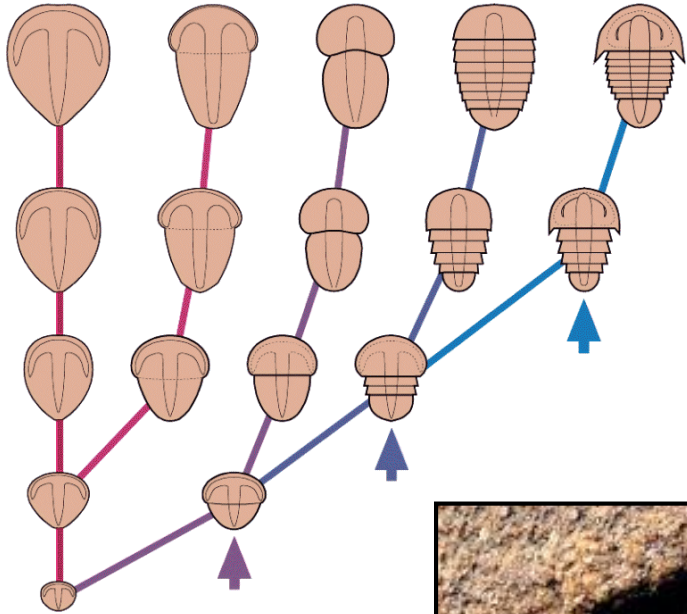
"Cabeça" ou estrutura de ancoragem

Fixo ou vágil, lembra um trilobita



Fauna de "Ediacara"

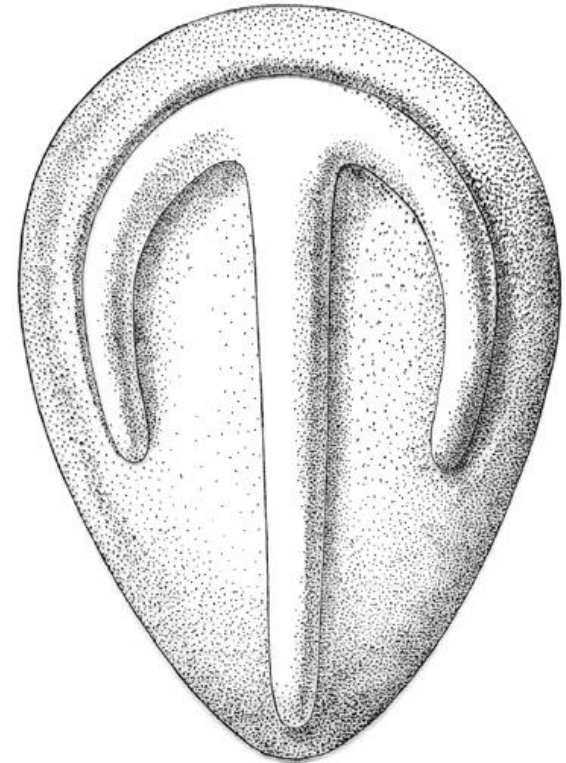
Alguns organismos são agrupados à filas viventes



Parvancorina (Bilateria/Arthropoda)

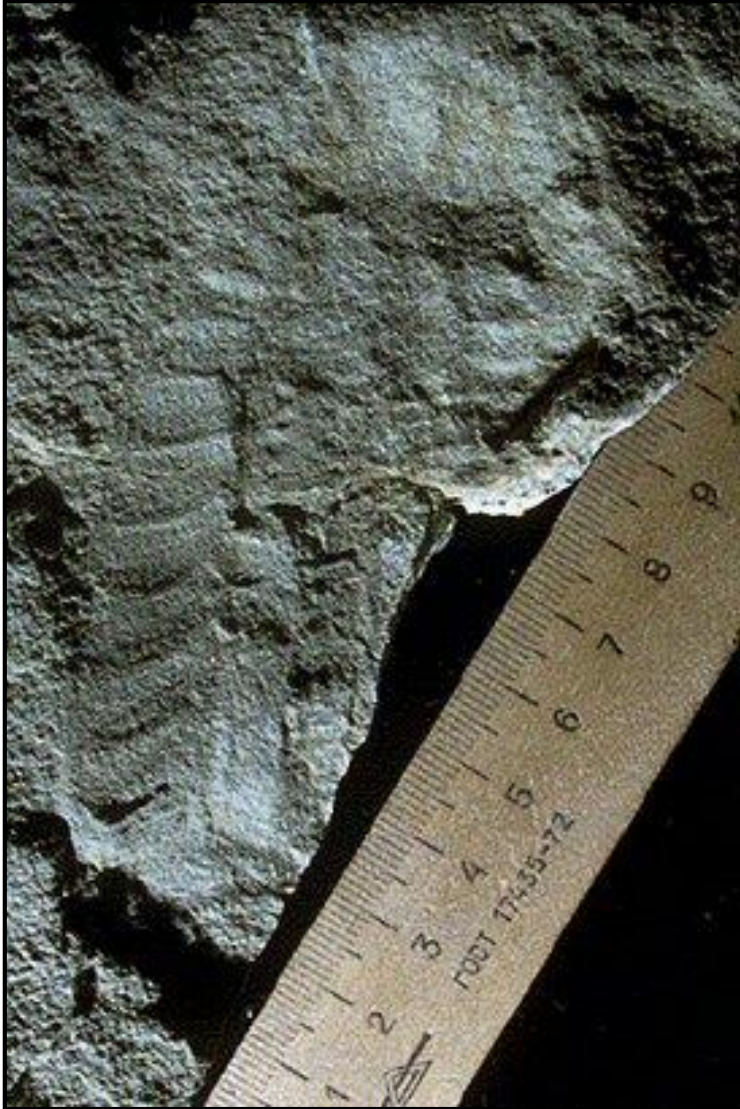
carapaça de crustáceo bivalve?

larva de trilobita?



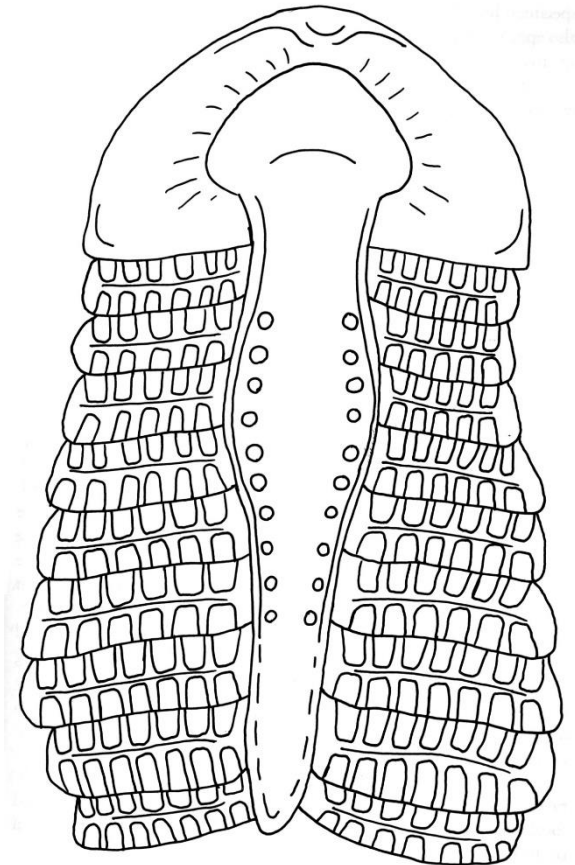
Fauna de "Ediacara"

Alguns organismos são agrupados à filos viventes

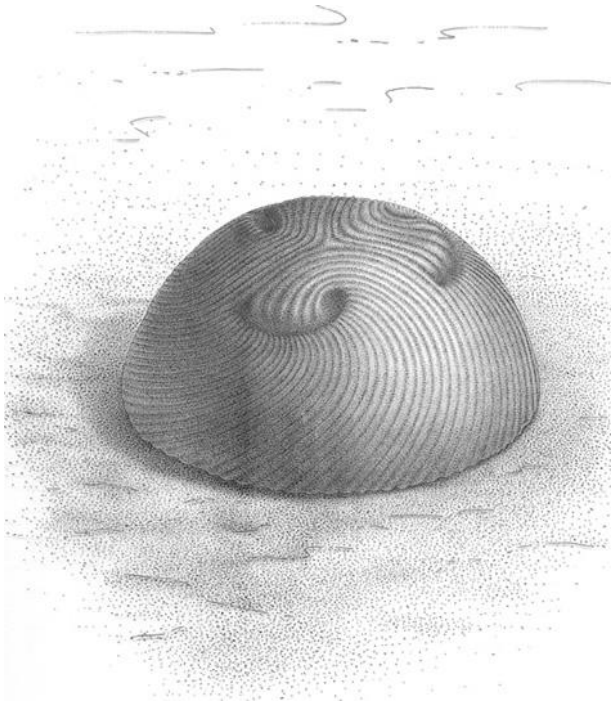


Bomakellia (Bilateria/Arthropoda)

Possível trilobita do Mar Branco



Fauna de "Ediacara"
... outros tem afinidade indeterminada



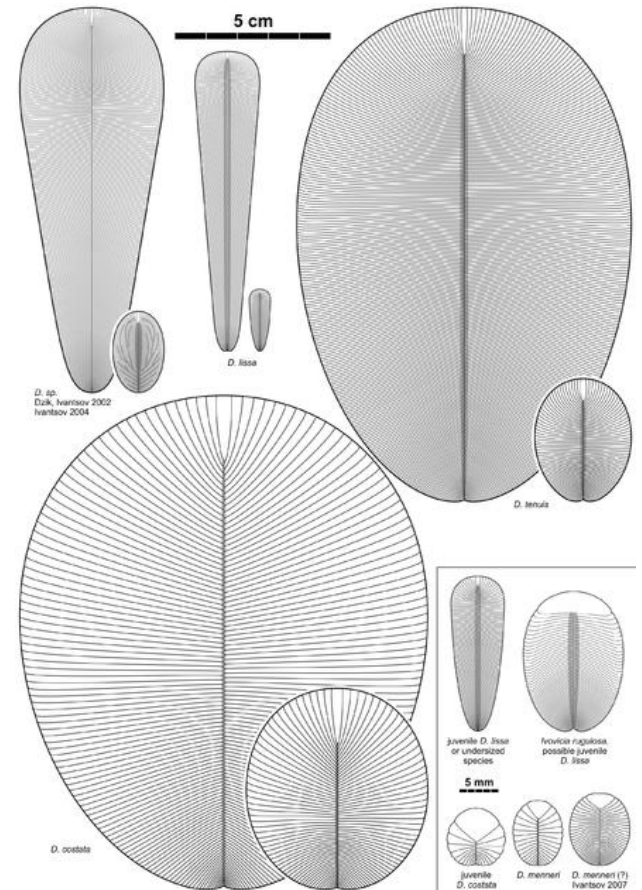
Tribrachidium
Forma triradiada (possível equinodermo)



Fauna de "Ediacara" ... outros tem afinidade indeterminada

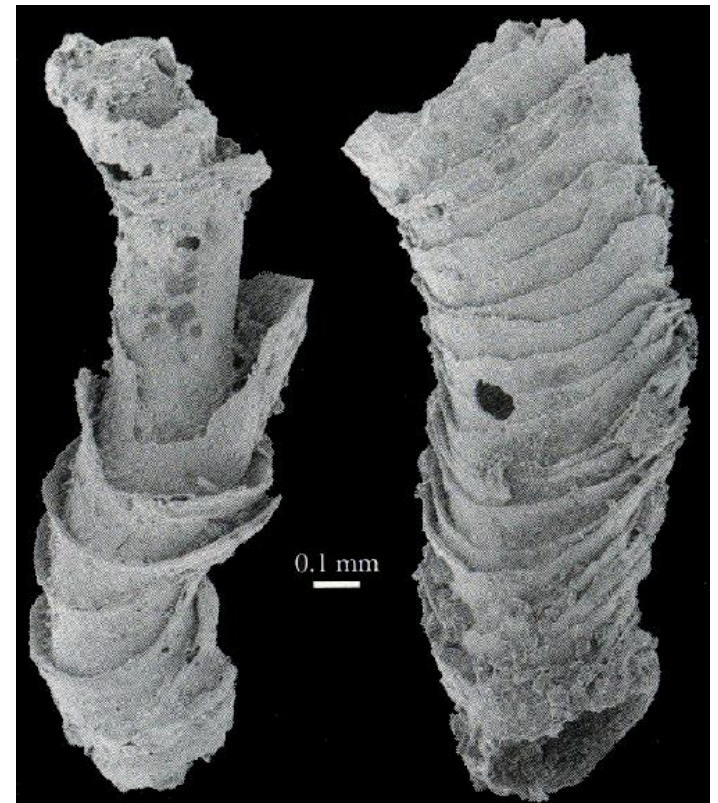
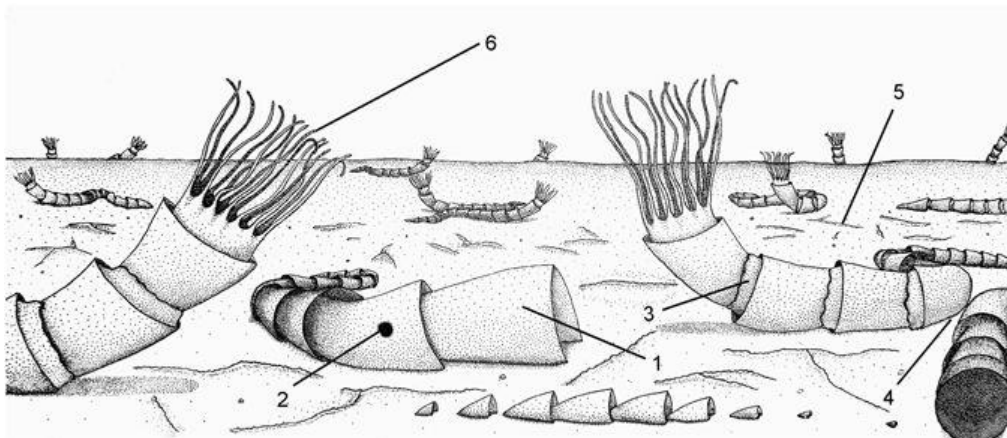
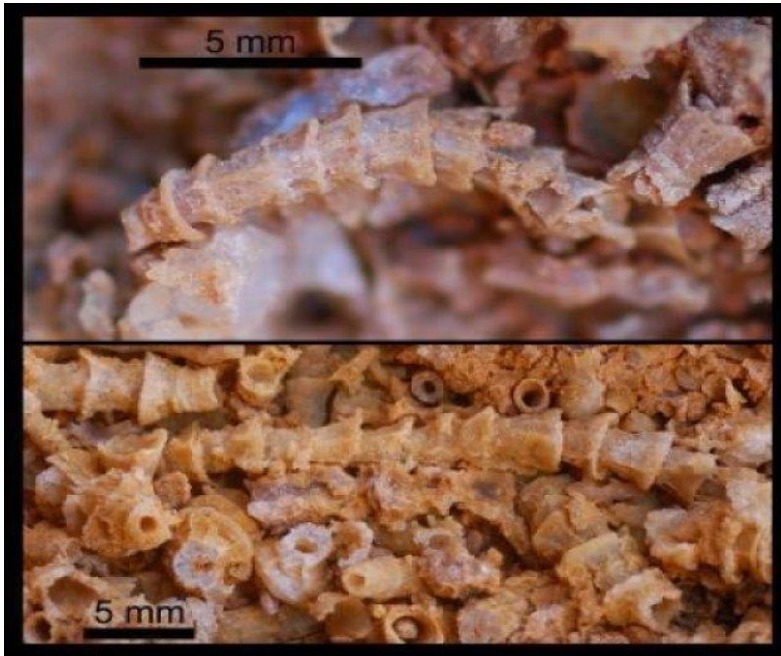


Dickinsonia (Bilateria)



Outras formas de vida do Vendiano

Cloudina: Formas filtradoras,
possivelmente afins aos cnidários
Primeiros seres vivos com tecido
mineralizados, tubos de CaCO_3
Mais comuns na Namíbia,
com registros no grupo Corumbá



Outras formas de vida do Vendiano

Éden marinho

Conheça o ambiente em que surgiram os primeiros seres macroscópicos com esqueleto

ÁGUA

Era límpida, calma, quente, rica em gás carbônico e com pouca profundidade

FUNDO

Coberto por uma esteira gelatinosa de cianobactérias, servia para a ancoragem

TROMBÓLITO

Cianobactérias depositavam carbonato de cálcio, que se solidificava em morros

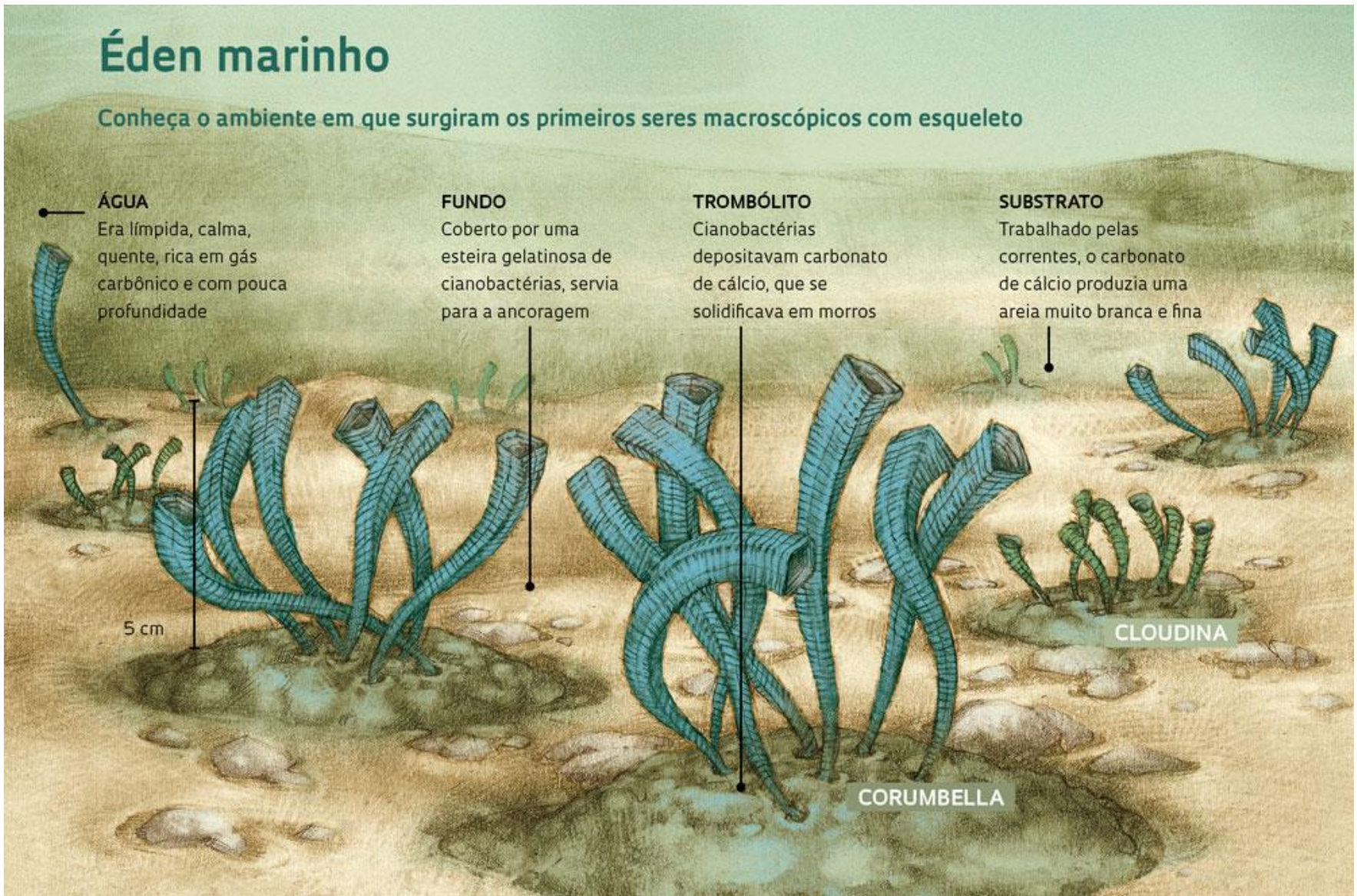
SUBSTRATO

Trabalhado pelas correntes, o carbonato de cálcio produzia uma areia muito branca e fina

5 cm

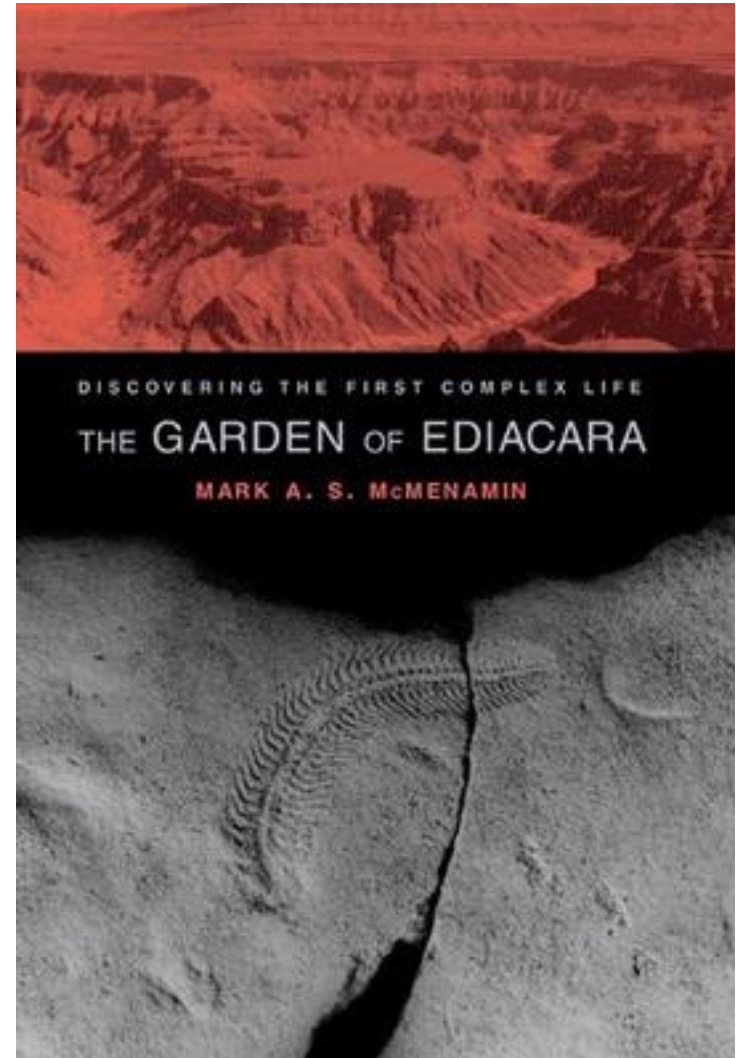
CLOUDINA

CORUMBELLA



O "Jardim de Ediacara"

Cadeias alimentares curtas, predação seria ausente ou secundária
Formas de vida "pacíficas"

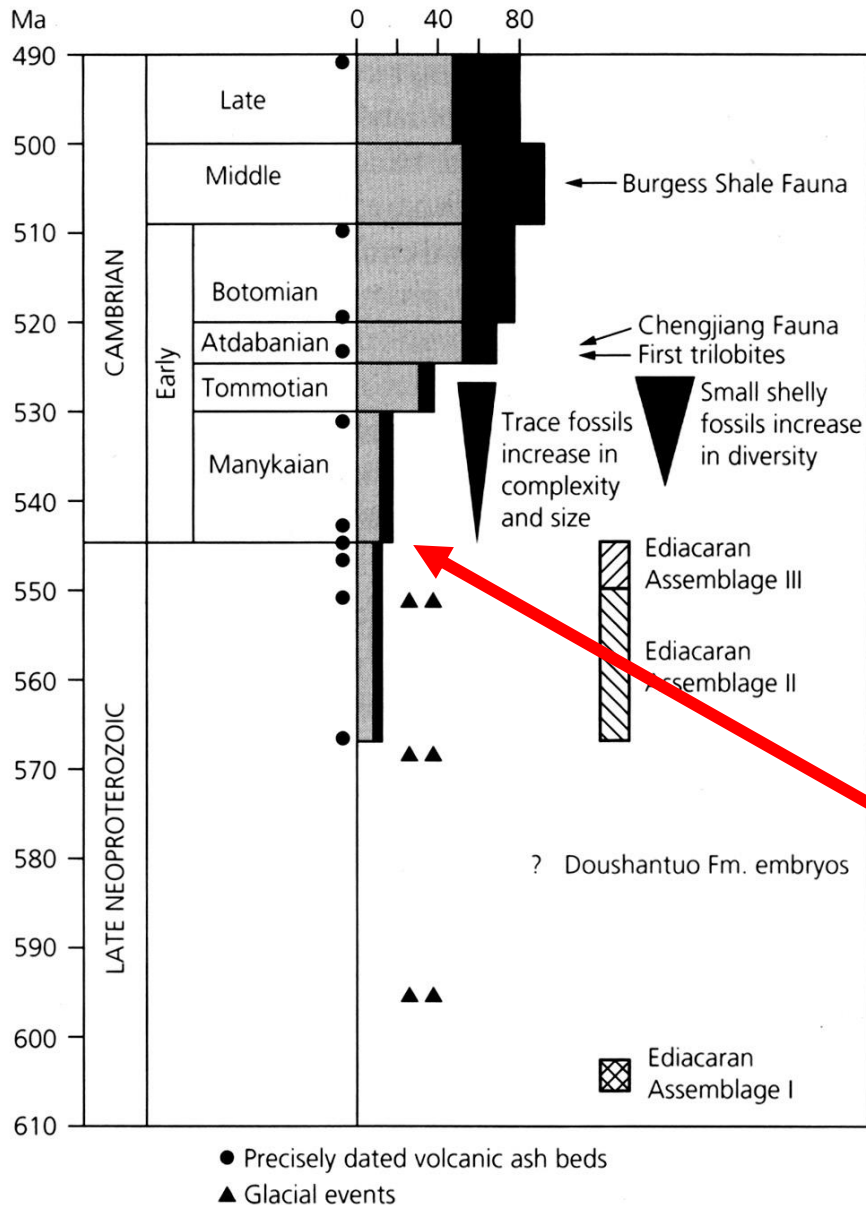


O "Jardim de Ediacara"

Organismos com grande área superficial, se nutriam por absorção (filtradores) ou fotoautotróficos (com algas simbióticas como certos corais e bivalves)



Limite Pré-Cambriano Cambriano (545 Ma)



Grande redução na diversidade dos "vendozoários"

Formas "foliares" ainda ocorrem no Cambriano da Austrália e Canadá

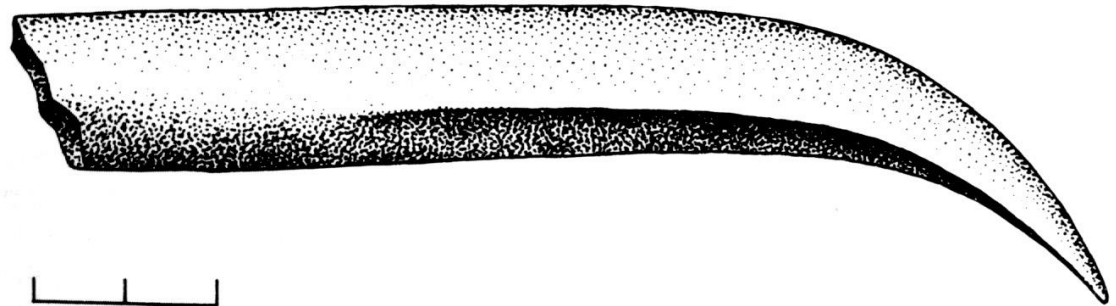
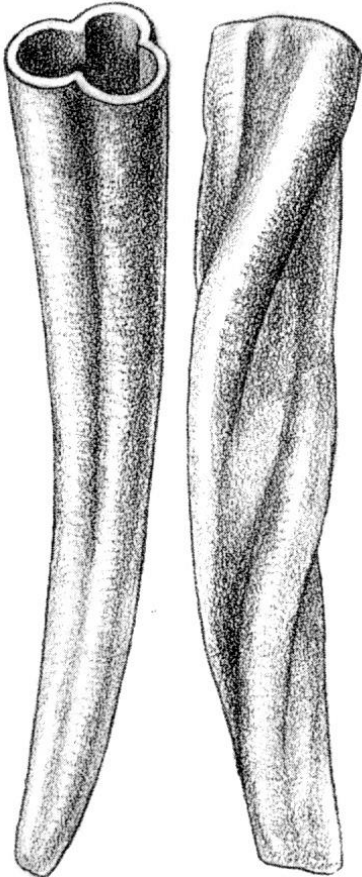
Aparecem mais formas com partes mineralizadas

(Zona *Anabarites/Protohertzina*)

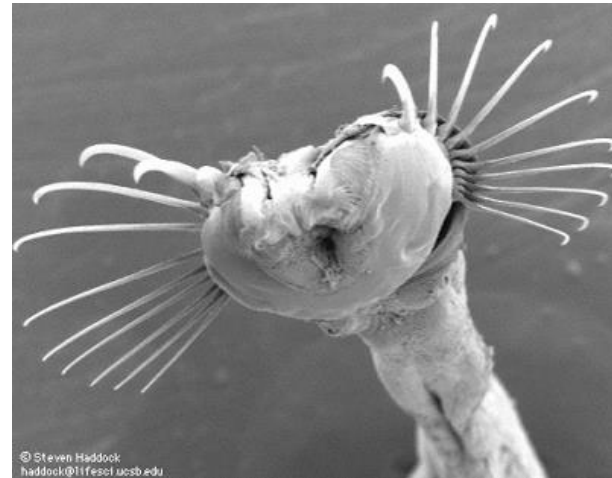
Limite Pré-Cambriano Cambriano (545 Ma)

Anabarites: tubo trirradial carbonático

Similaridade com *Tribrachidium* (não conhecido atualmente)



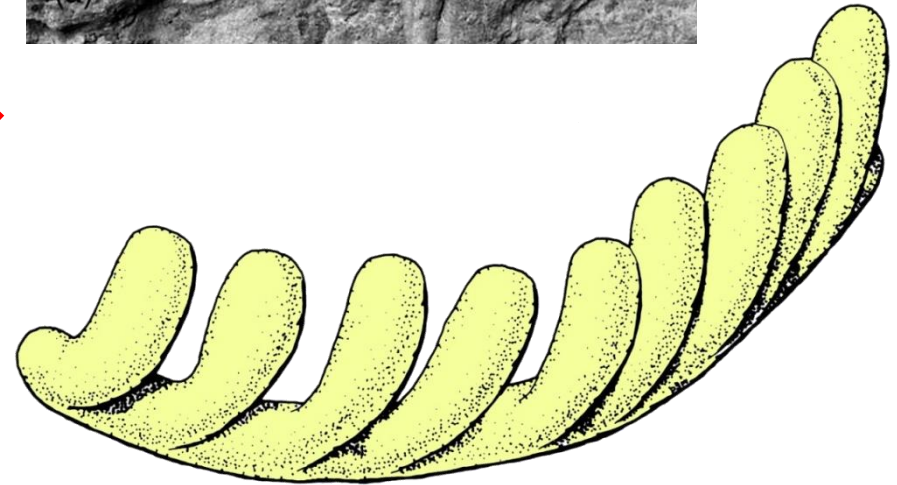
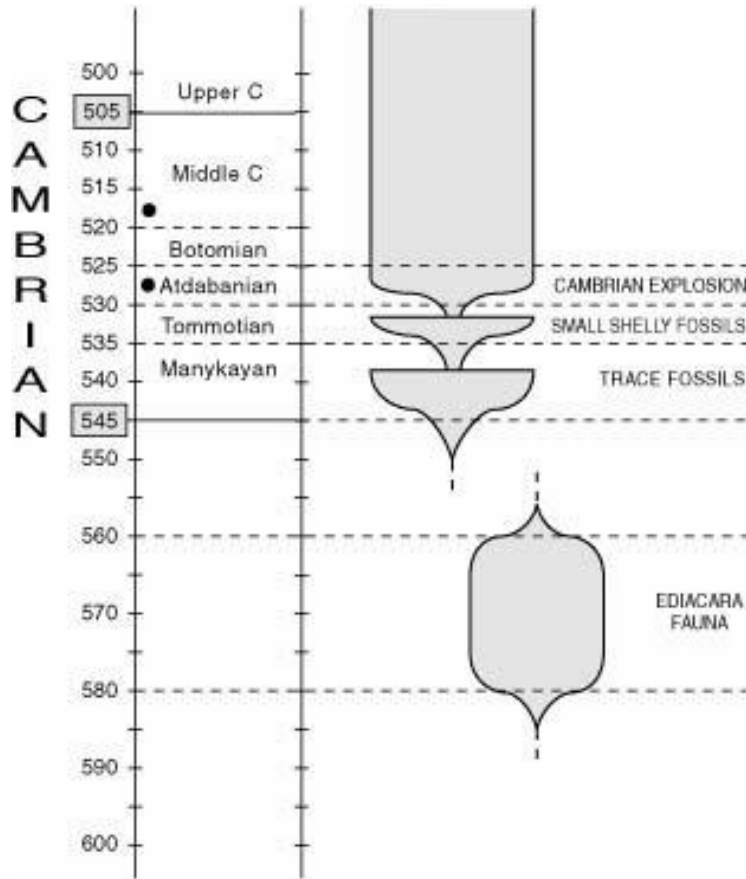
0.2mm



© Steven Haddock
haddock@lifesci.ucsb.edu

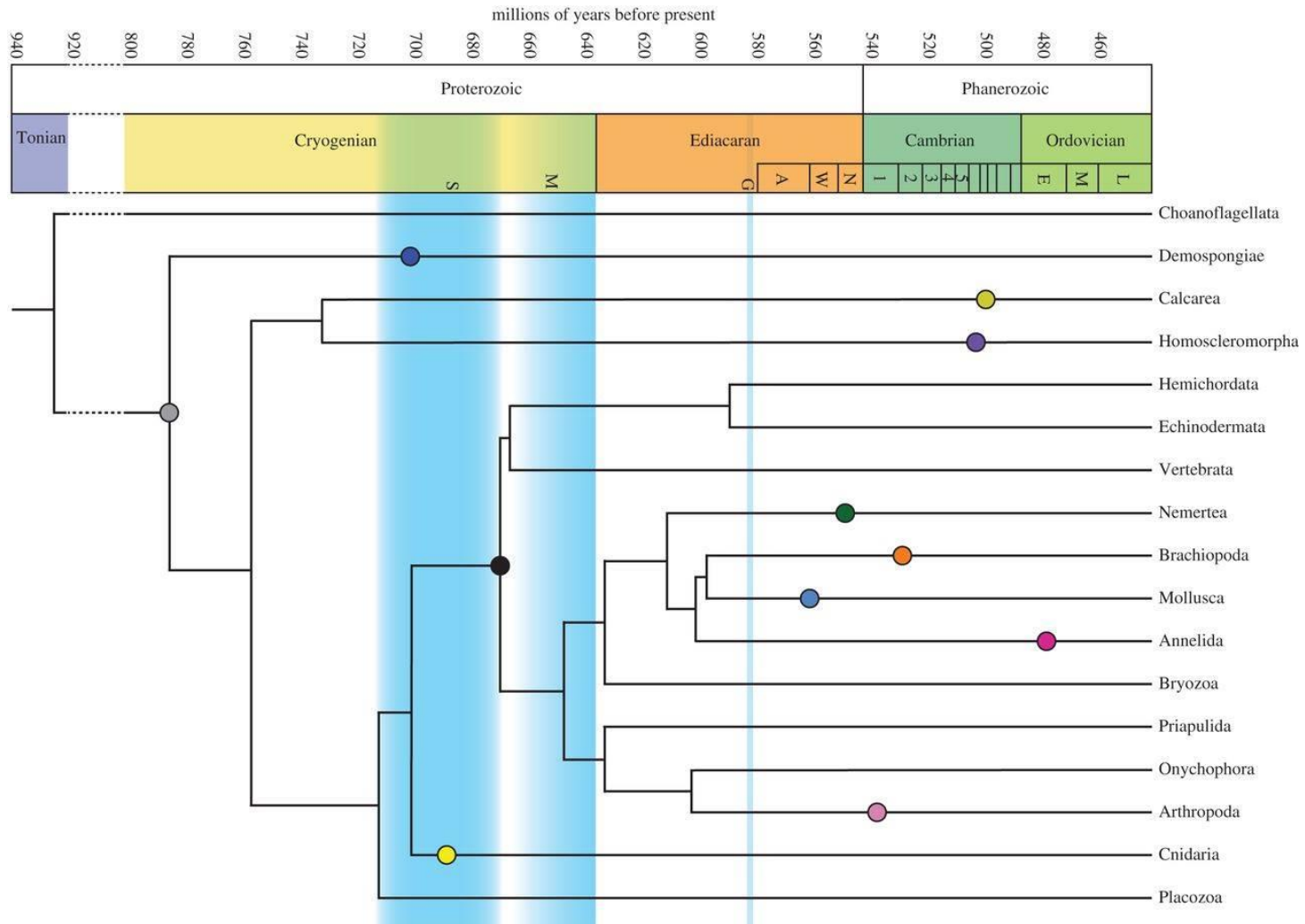
Protohertzina: espinho de fosfato de cálcio
parecem garras de vermes-seta, ou conodontes (primeiros predadores)

Limite Pré-Cambriano Cambriano (545 Ma)



Traços fósseis de formas com simetria bilateral (anelídeos ou artrópodes) são encontrados no Vendiano. Alguns aparentemente contêm pelotas fecais, podendo indicar a existência de um ecossistema mais complexo.

Explosão do Cambriano

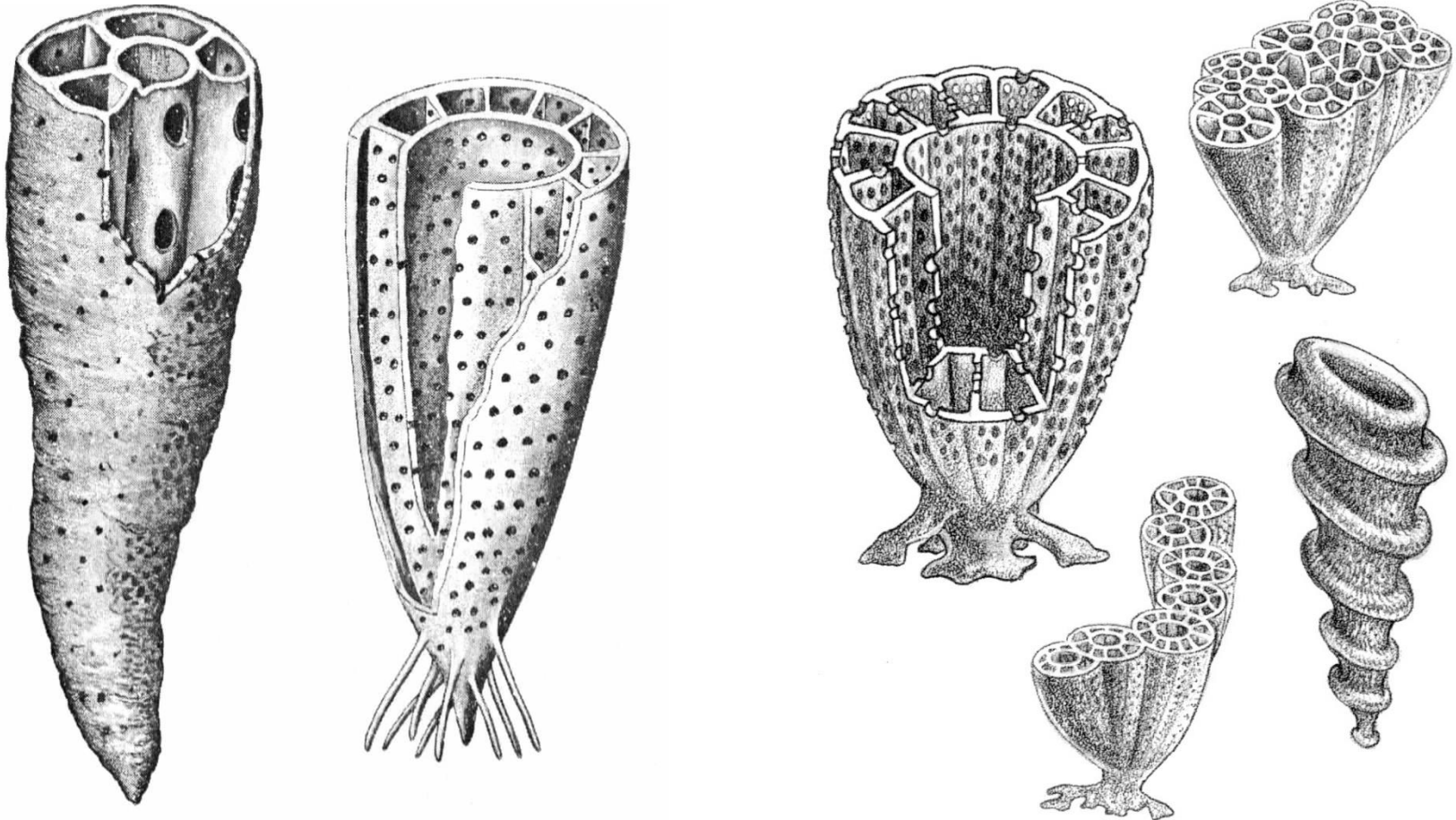


Estudos de "relógio molecular" indicam uma divergência entre protostômios e deuterostômios próximo de 700 Ma

Tommotiano (530-525 Ma)

Arqueociatos: estruturas de CaCO_3 em forma de taça (recifais)

Duas paredes filtradoras, com fluxo flagelar de fora pra dentro
(ao menos análogo aos poríferos)

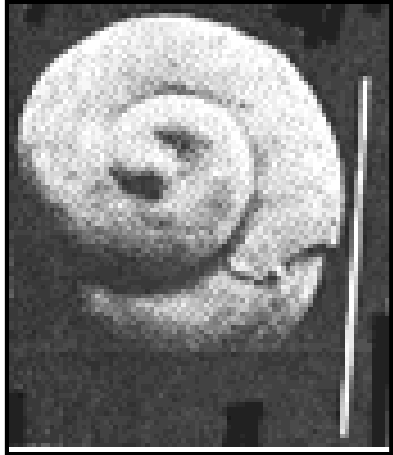
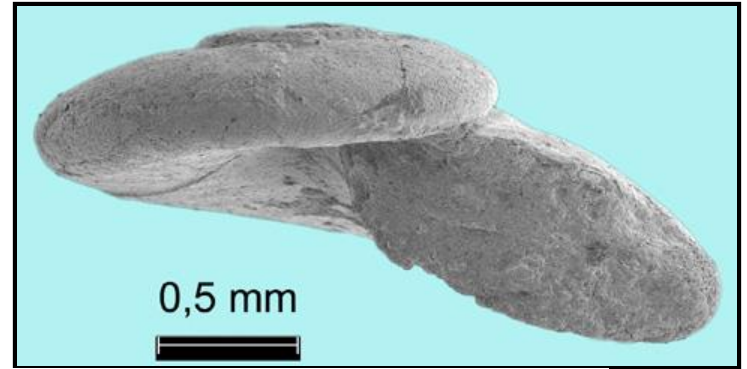


Tommatiano (530-525 Ma)

Fauna de pequenos organismos com concha



Aldanella: gastrópodo
(Sibéria e Newfoundland)



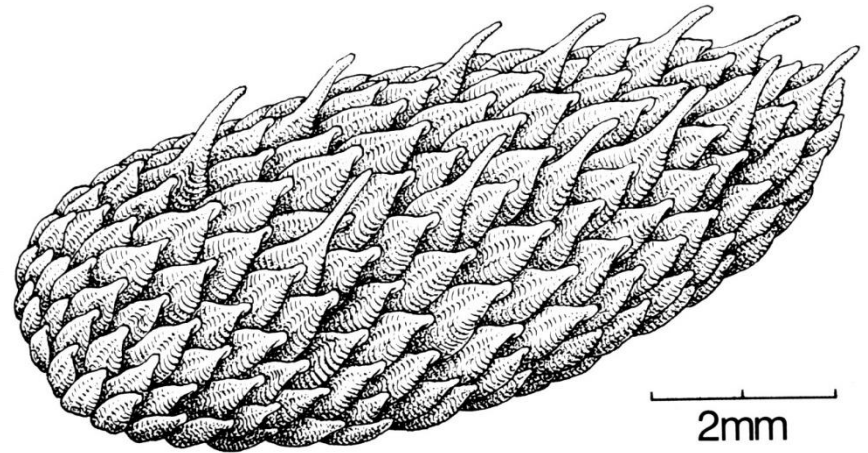
Latouchella: molusco monoplacofóro

Tommatiano (530-525 Ma)

Fauna de pequenos organismos com concha



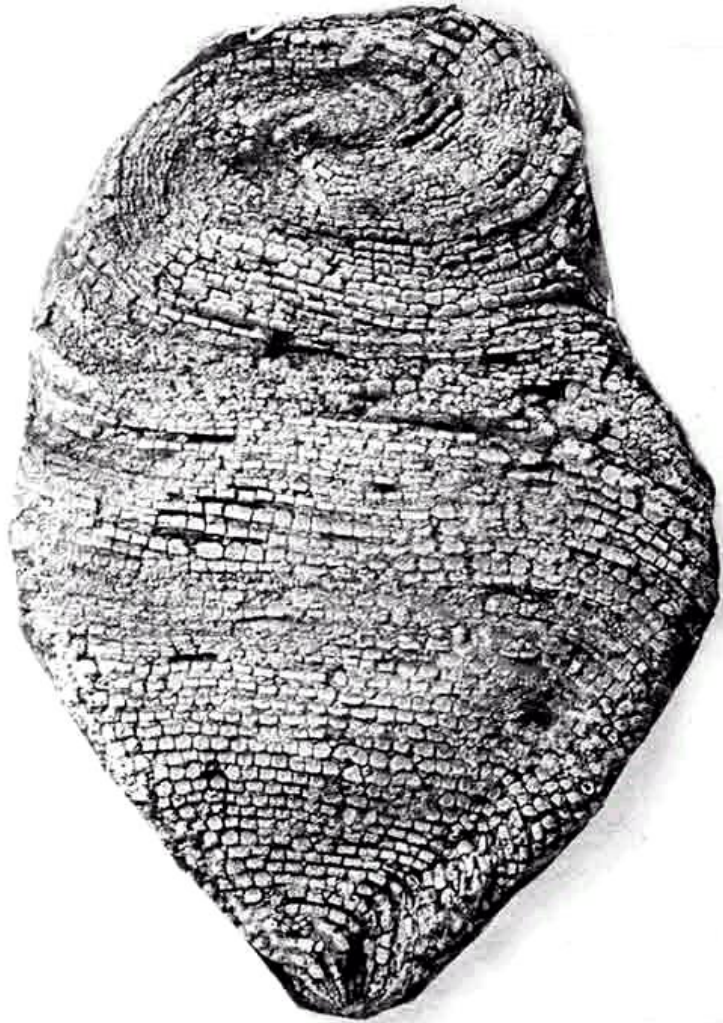
Halkeria (Sibéria):
corpo alongado coberto por placas
Possivelmente afim aos moluscos
(parte ventral desprotegida)



Lapworthella: reconstruído
com base em escleritos isolados

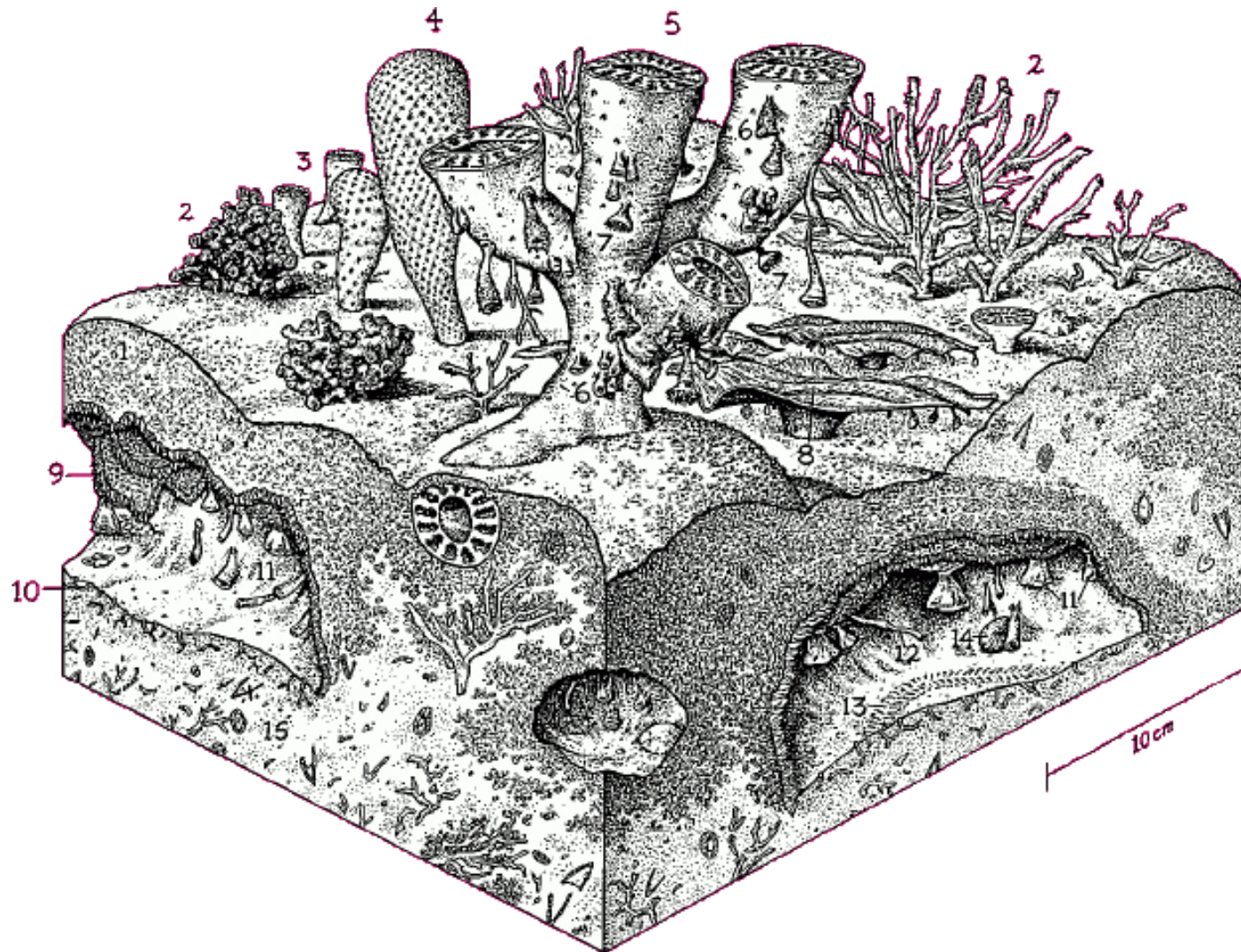
Tommotiano (530-525 Ma)

Helicoplacus: equinodermo



Tommotiano (530-525 Ma)

Ambiente recifal



Atdabaniano (525-520 Ma)

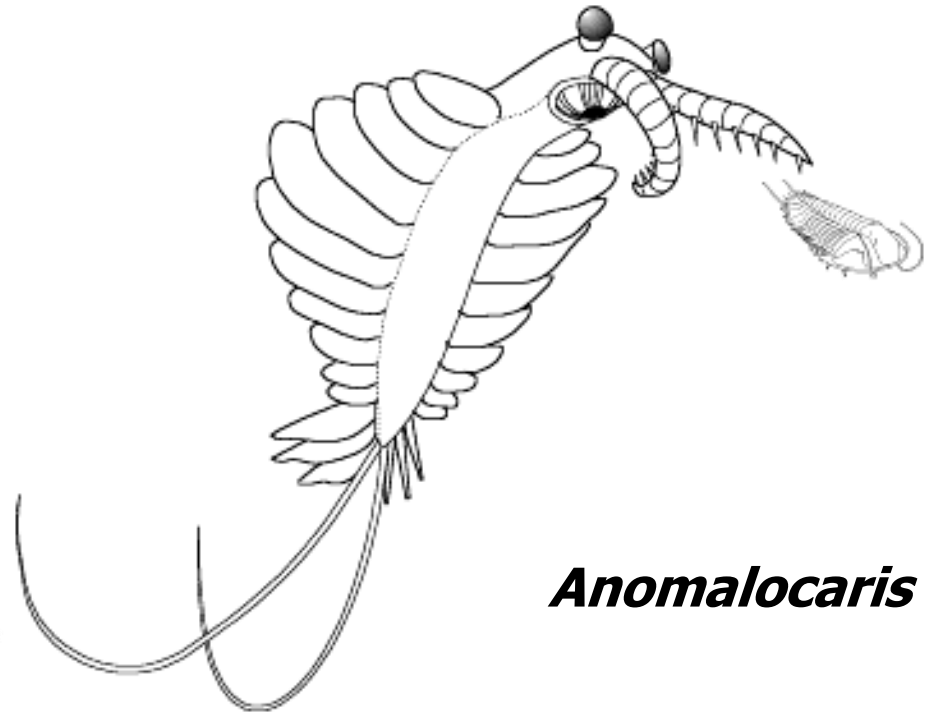
Fauna de Chengjiang (China)

云南省澄江县帽天山

5亿多年前，这里曾经是一片浅海区域，正是在这座山上发现的大量古生物化石，给生命的起源和演化带来了更多的惊奇和疑问。



Fauna de Chengjiang (China)



Anomalocaris



Microdictyon
(possível Onychophora)

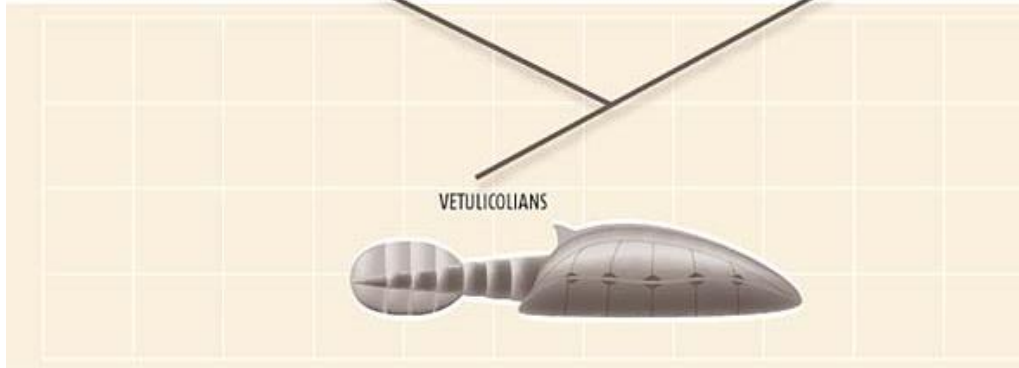
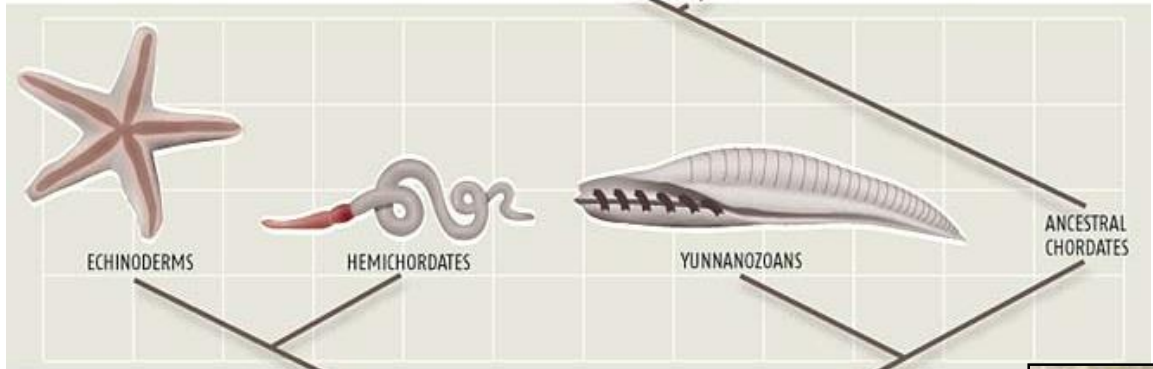
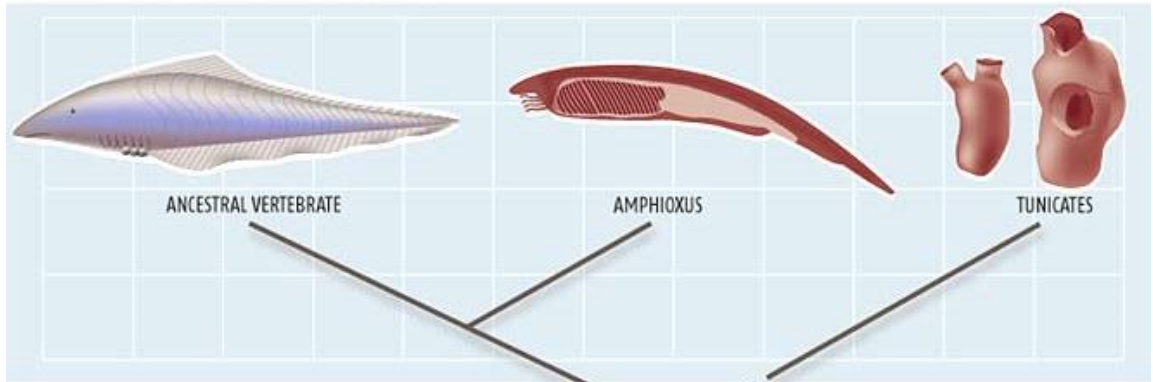
Fauna de Chengjiang (China)

Cordados

Yunnanozoon



Yunnanozoon lividum (Chengjiang – Cambriano inferior, China)

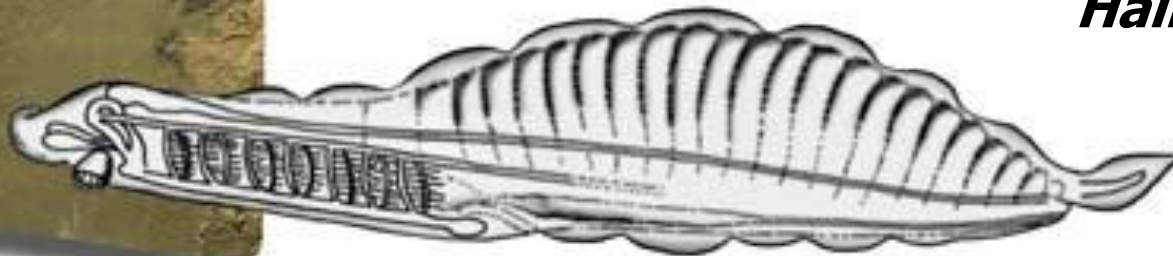


Ou cefalocordado
Ou cordado



Fauna de Chengjiang (China)

Cordados



Haikouella

Fauna de Chengjiang (China)

Cordados



Xidazoon

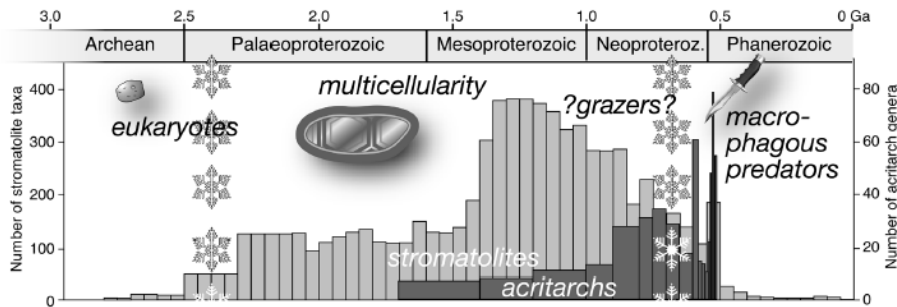


Causas da Explosão Cambriana

Fase *Snowball-Earth*: seu fim deve ter aumentado incidência de erosão e sedimentação



Opabinia e Otoia

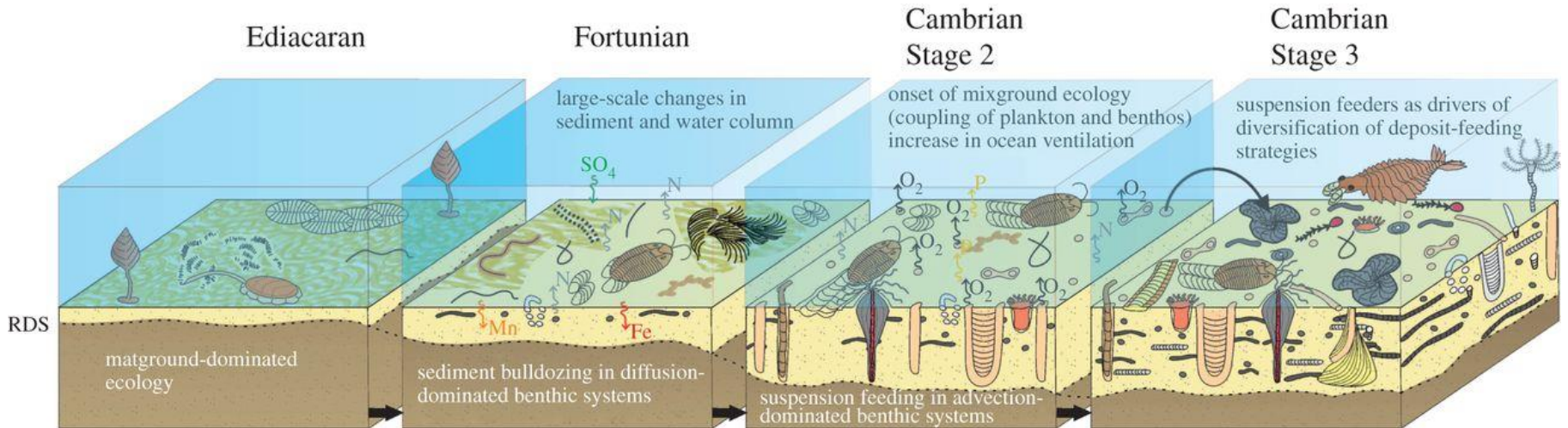
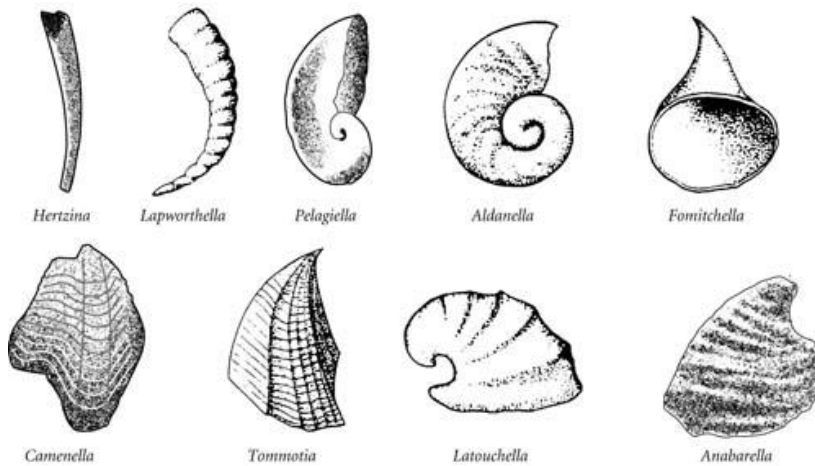


Delta do Ganges

Causas da Explosão Cambriana

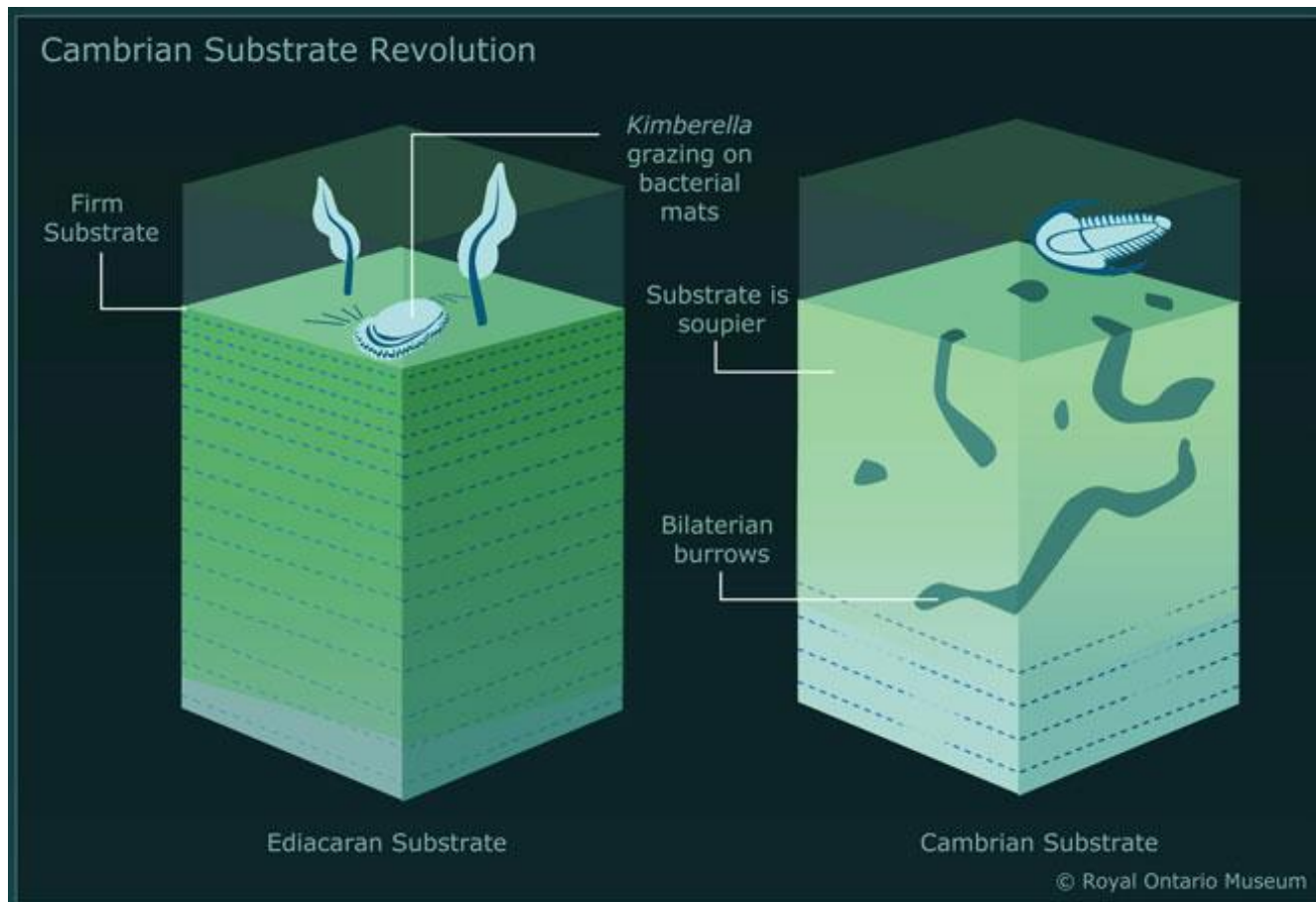
Diversificação dos predadores em ambiente eutrófico parece destruir o "jardim" e incentivar o surgimento de formas de vida com concha

Small shelly fauna



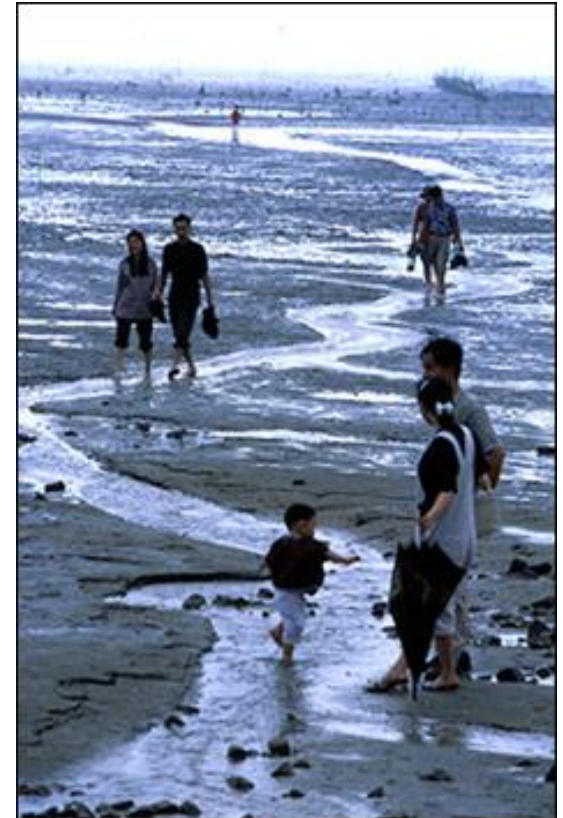
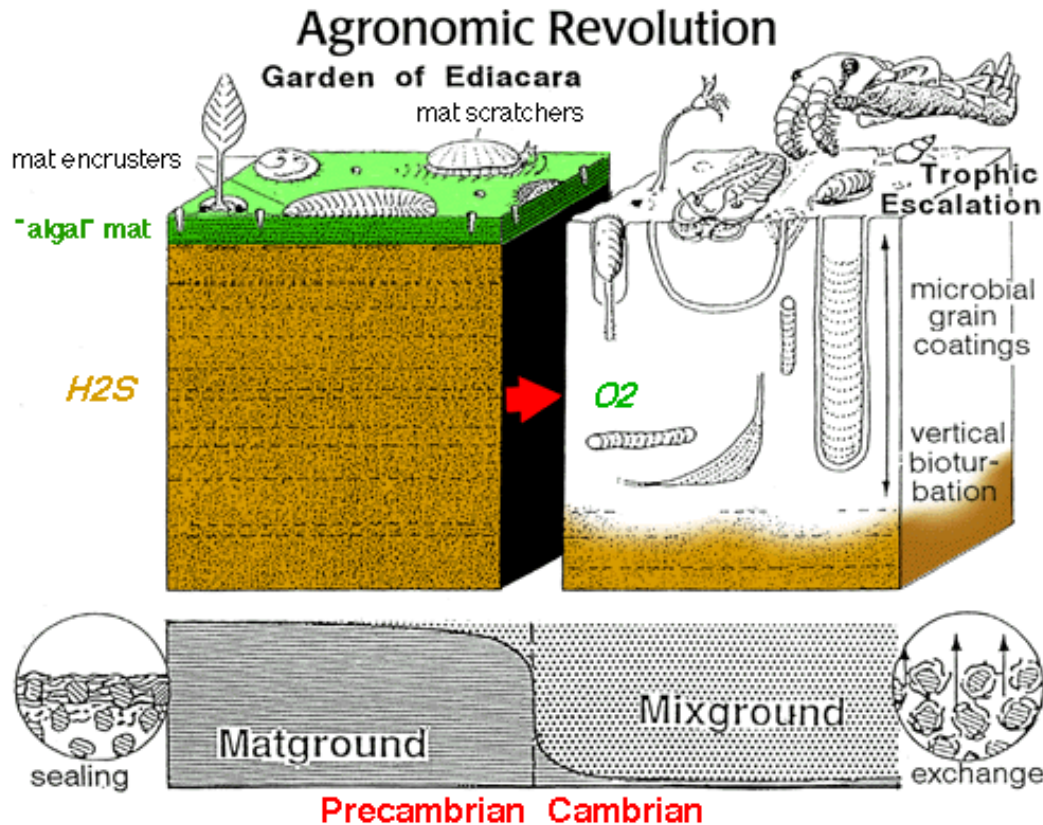
Causas da Explosão Cambriana

Tecidos mineralizados não servem apenas para proteção mas podem desempenhar diversas funções: suporte de órgãos, predação, filtração (bivalves), escavar o fundo (trilobitas)



Causas da Explosão Cambriana

A intensa bioturbação pós-revolução impediria a preservação de organismos de corpo mole tipo-Ediacara (a extinção dos mesmos pode ter sido mais tardia)



Fauna de *Burgess Shale* (520 Ma, Colúmbia Britânica)



Fauna de *Burgess Shale* (520 Ma, Colúmbia Britânica)



Eutrochozoa (Vendiano-Recente)

Formas basais de afinidades incertas: Hawaxiida

Grupo basal de Eutrochozoa ou Mollusca ou Annelida

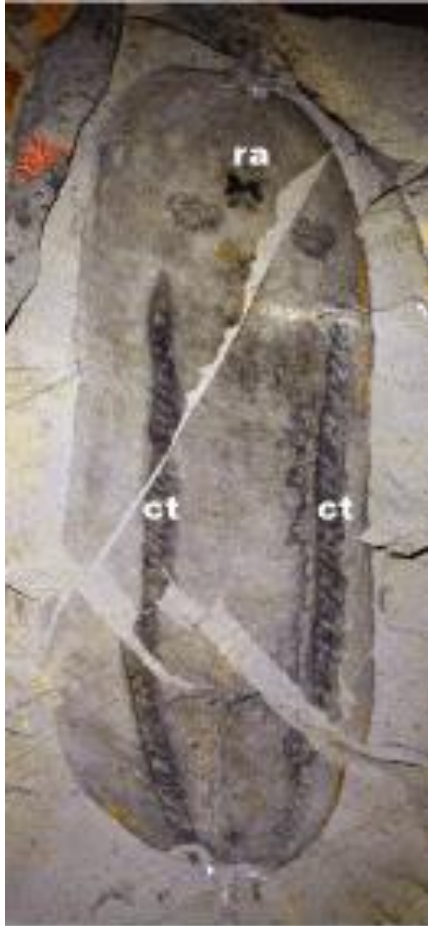


Wiwaxia

Cambriano médio, Burgess Shale
Estrutura semelhante à rádula

Mollusca (Vendiano-Recente)

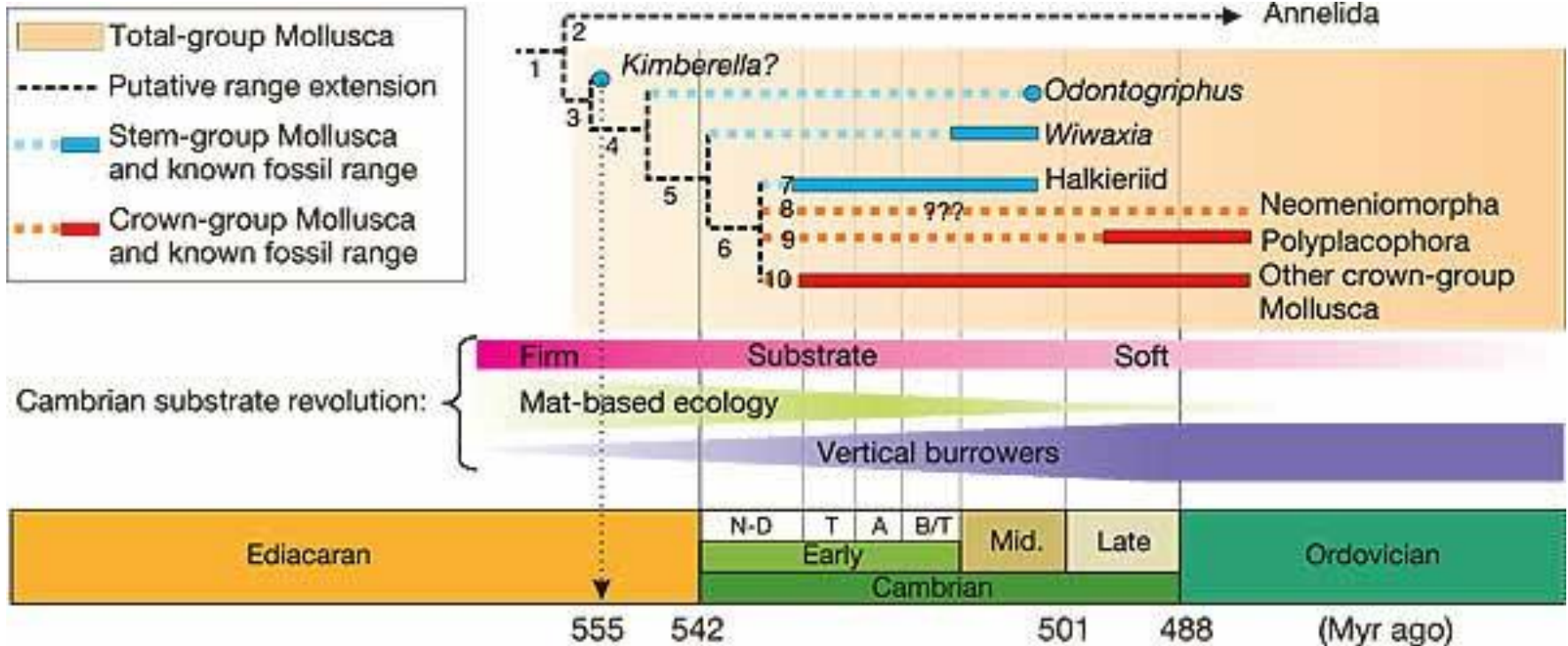
Outras formas basais possivelmente afins aos moluscos



Odontogriphus
(Burgess Shale)

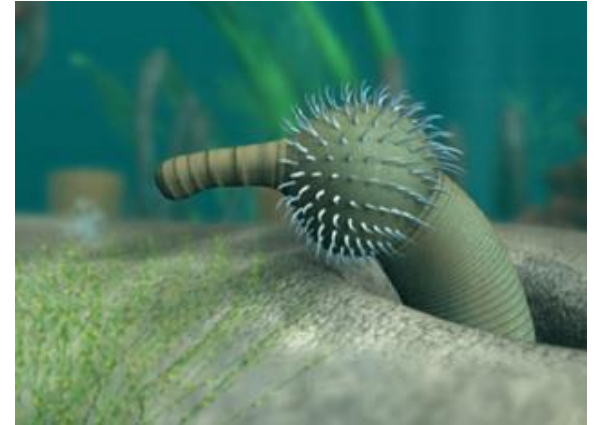
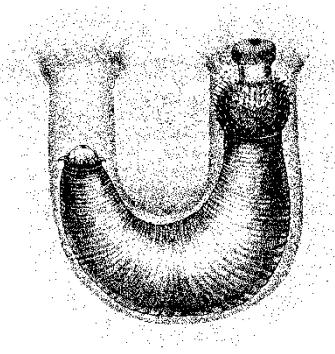
Mollusca (Vendiano-Recente)

Formas basais possivelmente afins aos moluscos

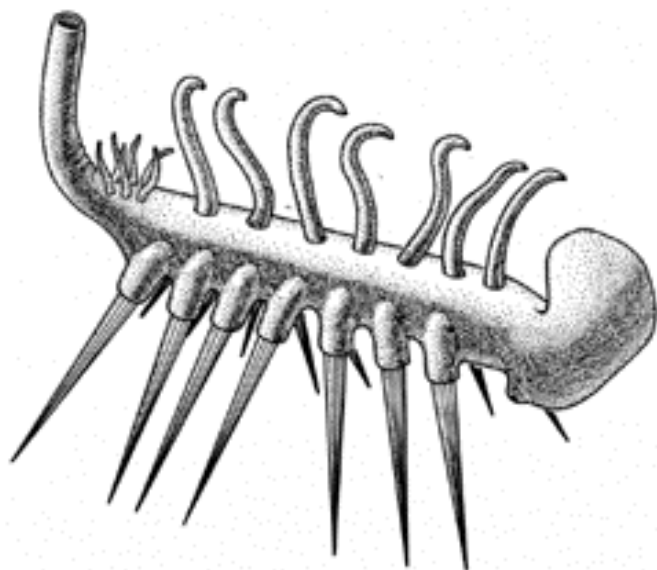
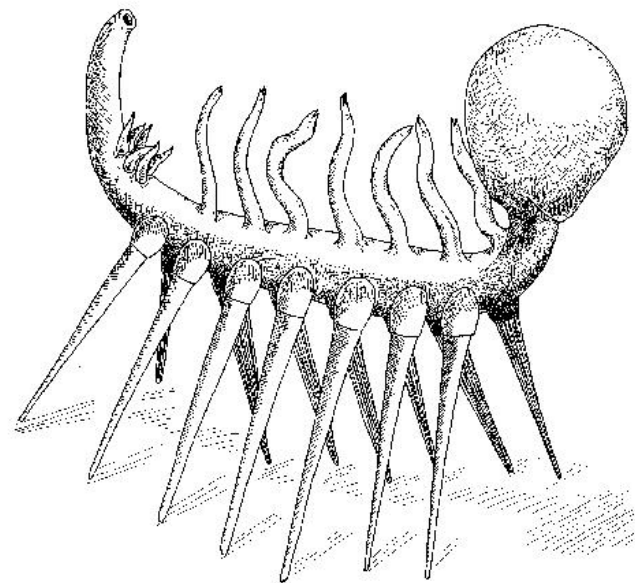
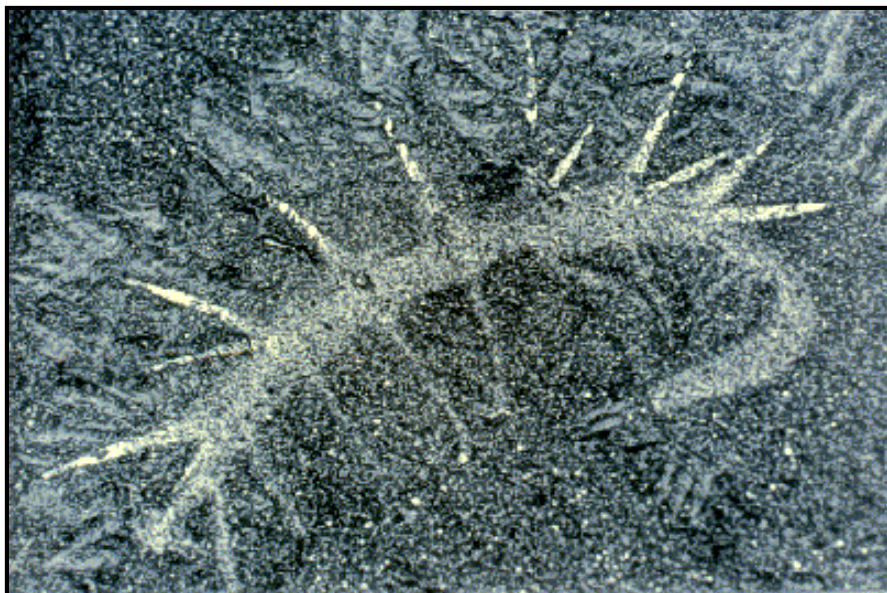


Priapulida (Cambriano - Recente)

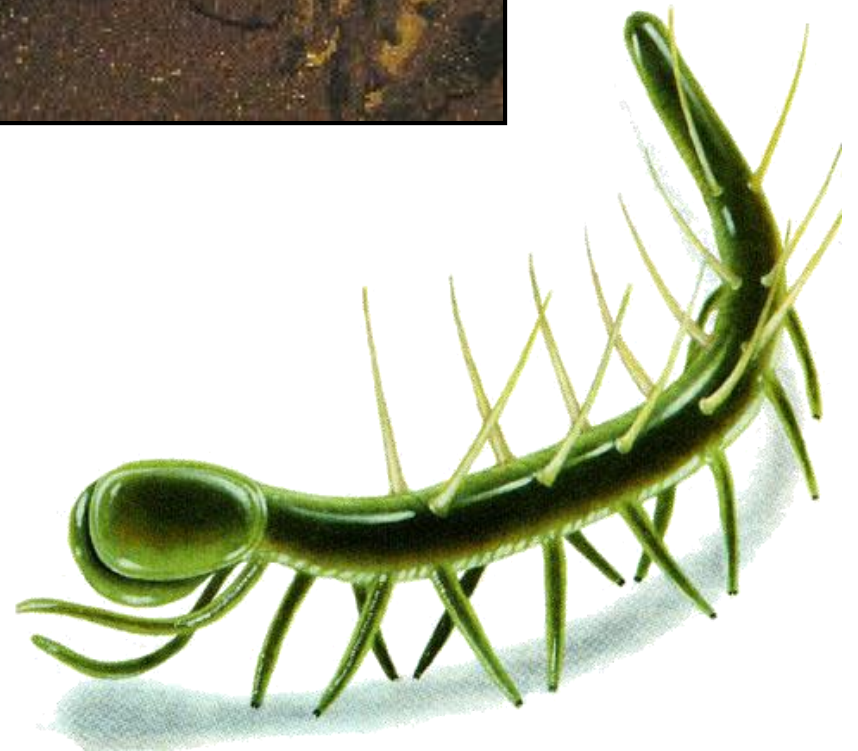
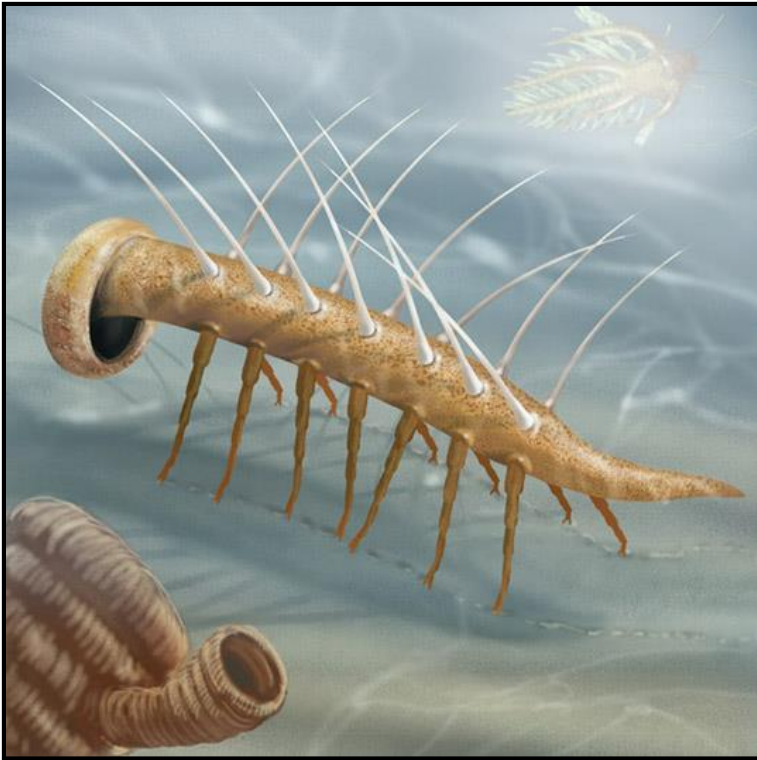
Ottoia, de Burgess Shale, é o priapulídeo basal mais conhecido



Hallucigenia: espinhos de fixação e tubos filtradores dorsais

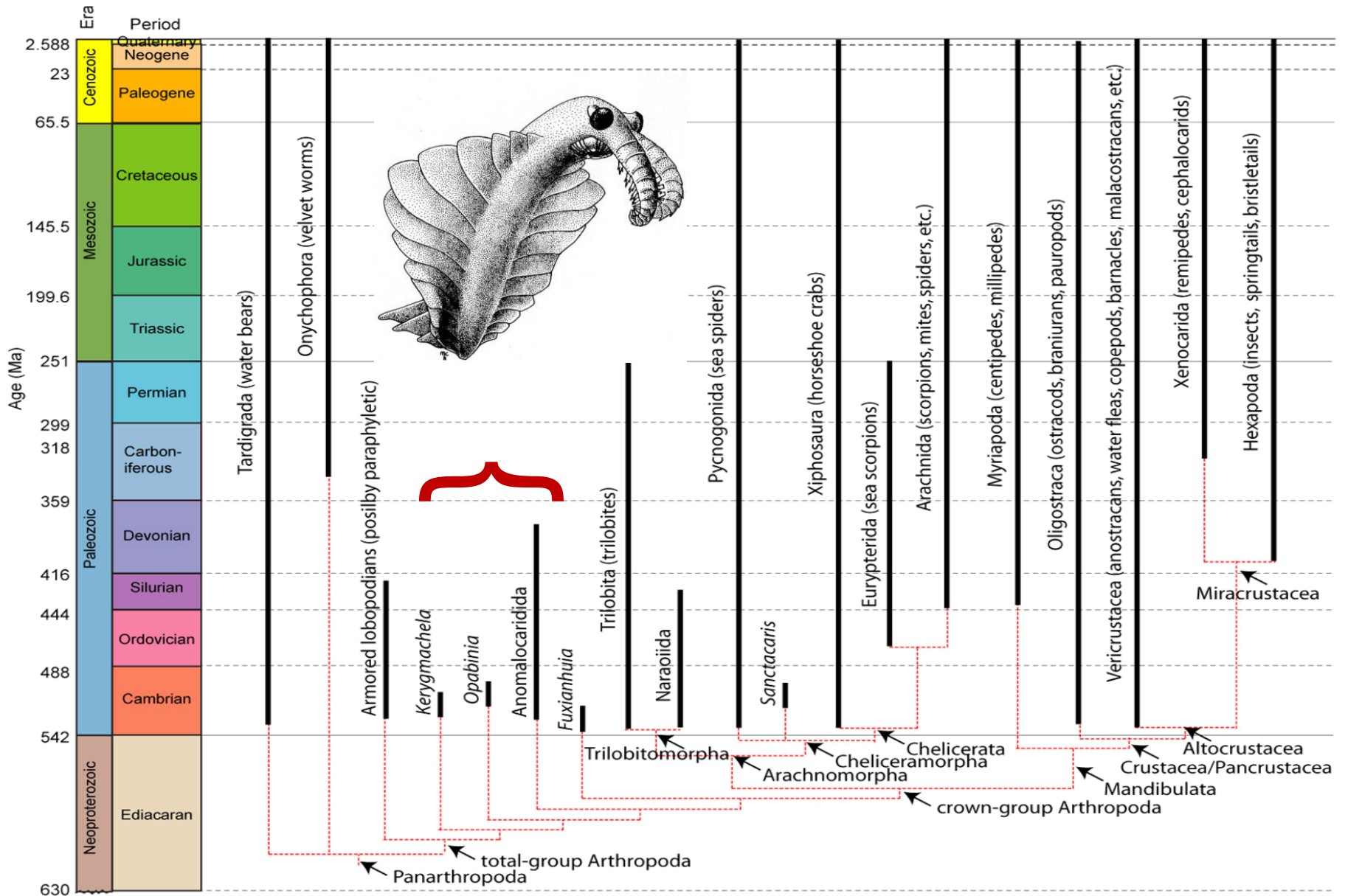


Hallucigenia: membros flexíveis e espinhos dorsais



Dinocarida (Cambriano-Devoniano)

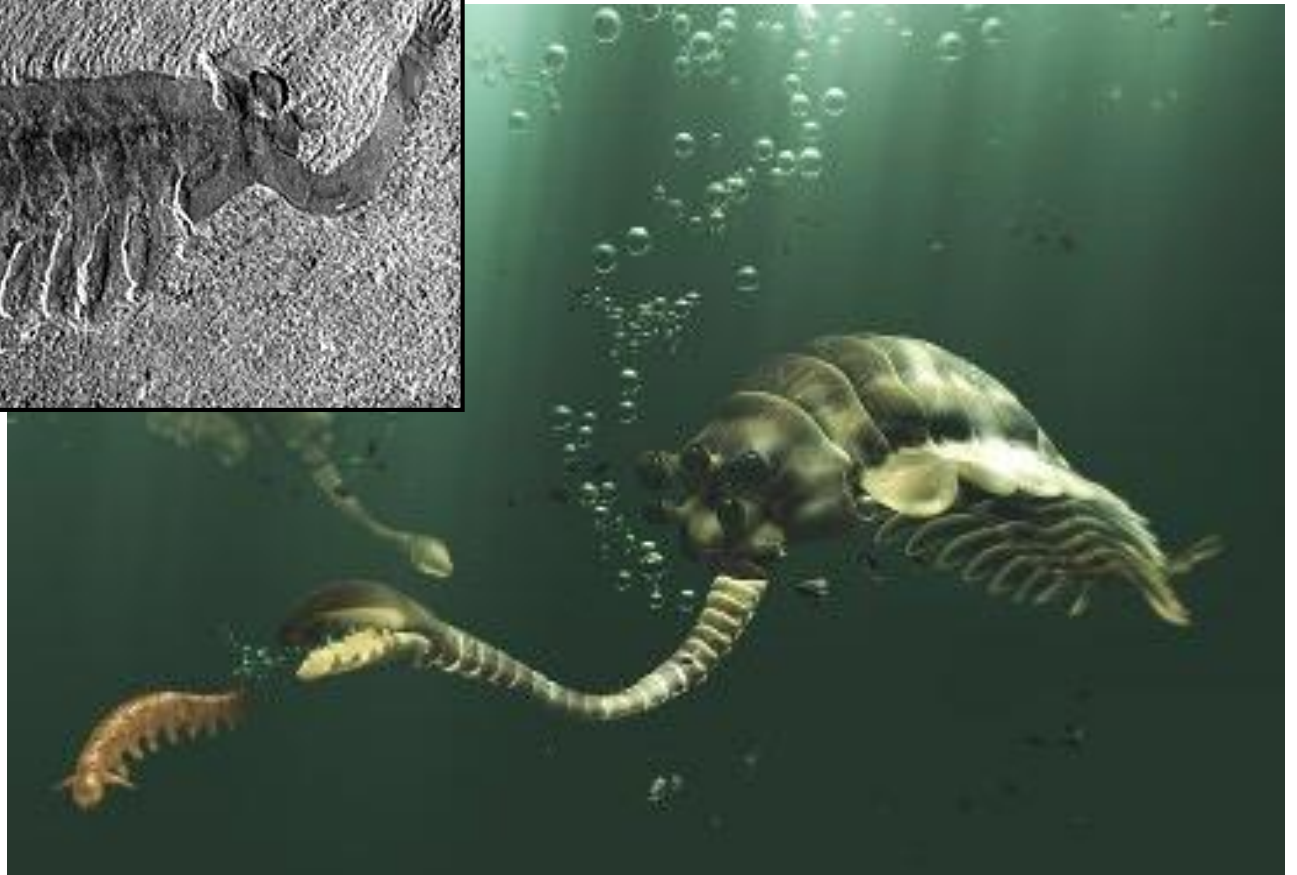
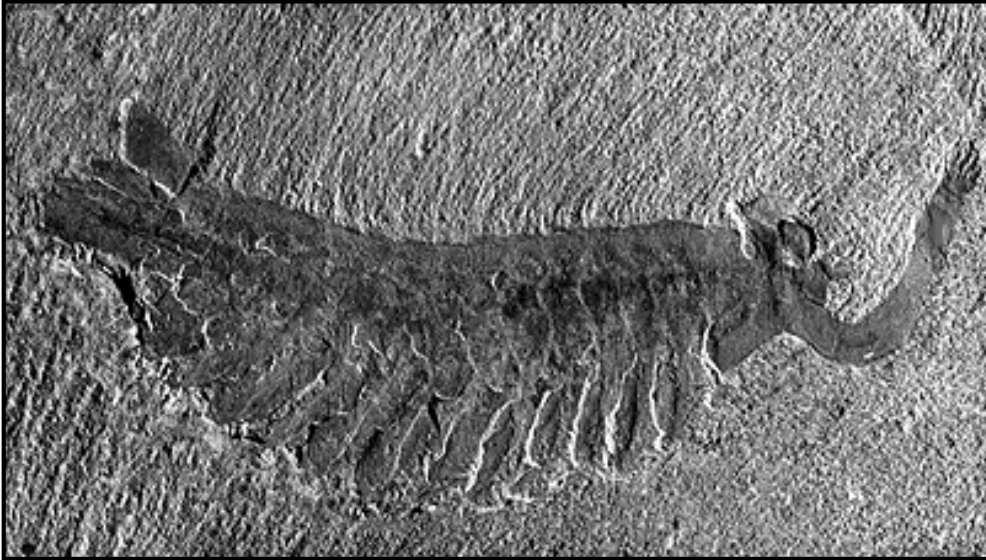
stem-Euarthropoda (grupo-corôa)



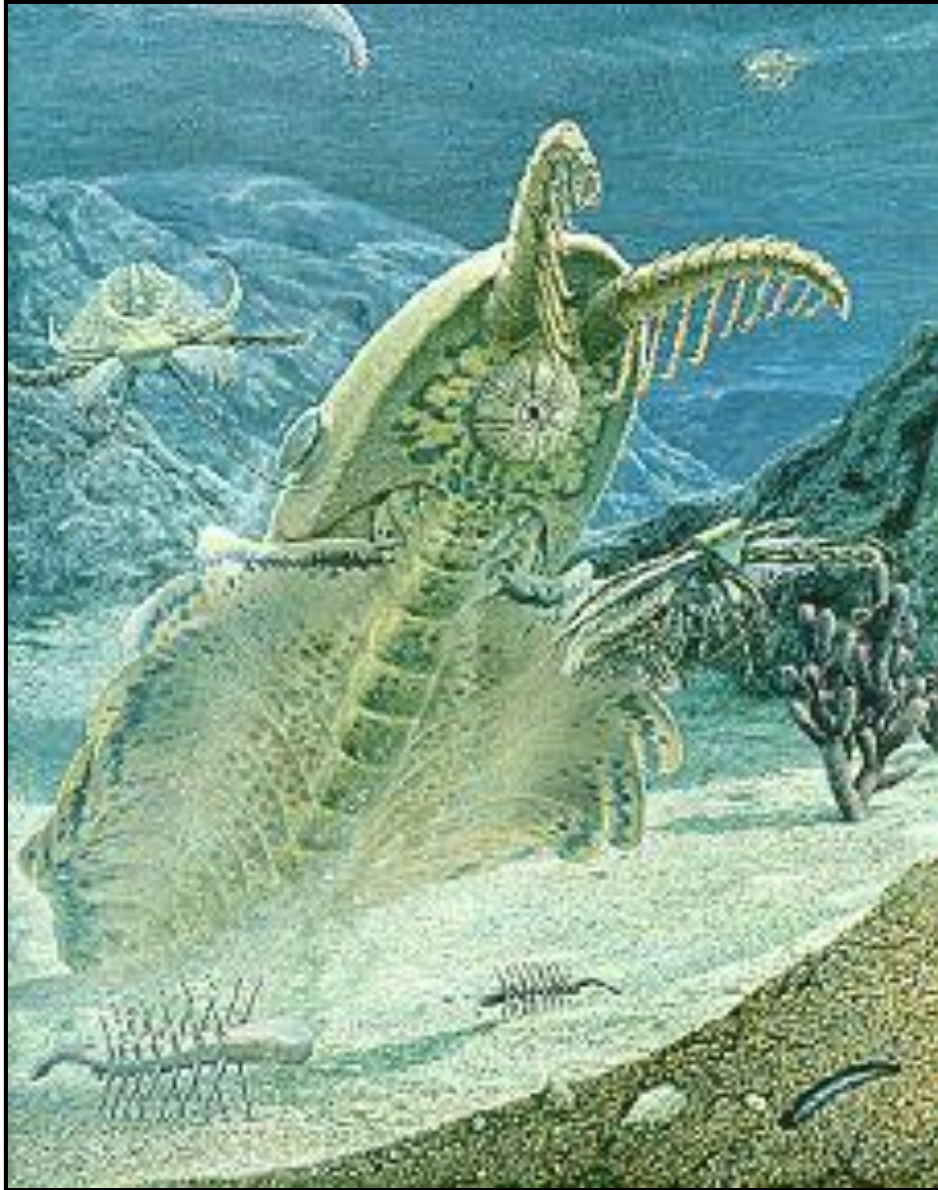
Opabinia

Predador segmentado (com brânquias e “nadadeiras”)

5 olhos e tubo aspirador que leva comida à boca



Anomalocaris: maior predador da fauna Burgess



Anomalocaris: grandes apêndices em forma de garra

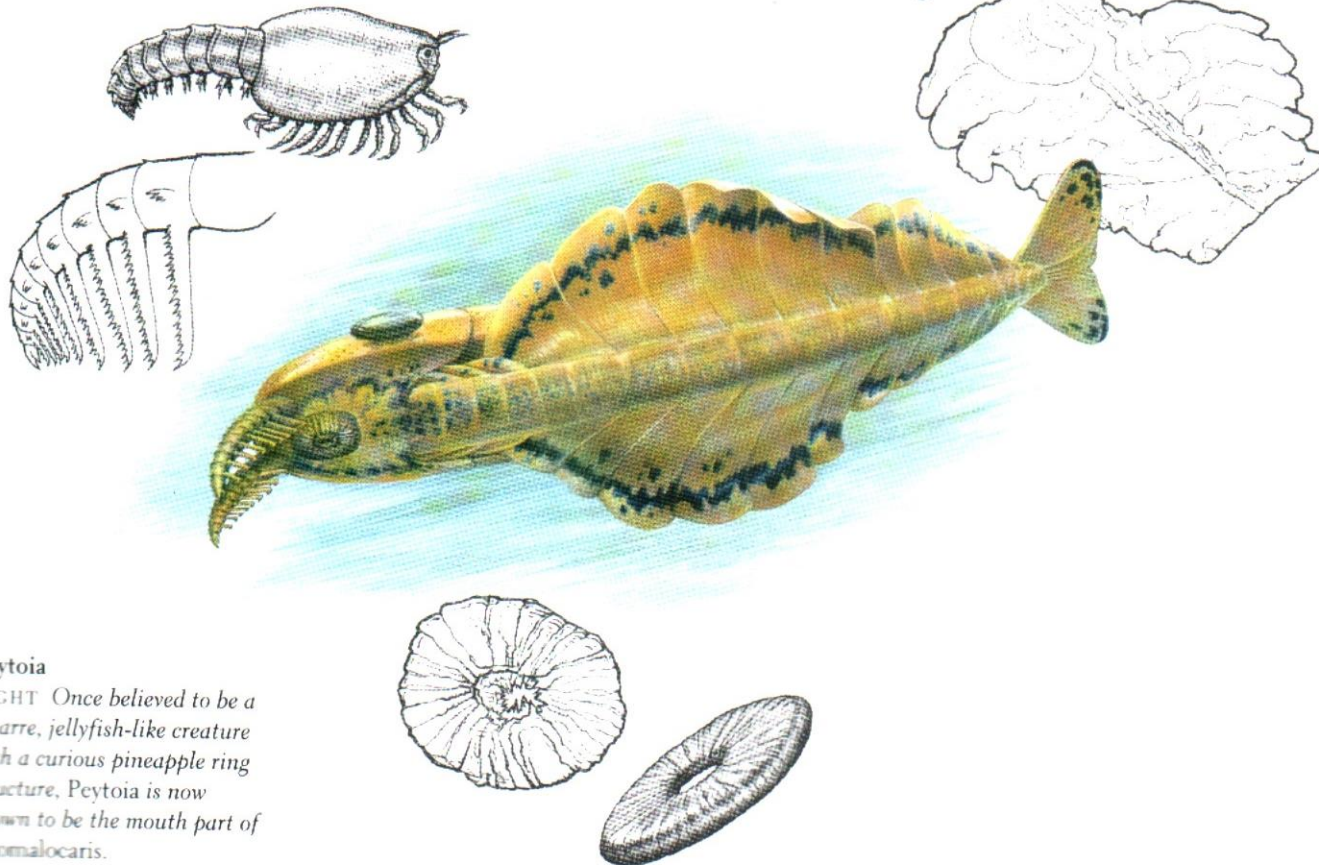
Diferentes partes referidas à crustáceos, cnidários e poríferos

Original *Anomalocaris*

BELOW LEFT The original material of *Anomalocaris* ("unusual shrimp") was thought to be a tail to which was added a rather shrimp-like body. In fact the "tail" was one of the large feeding arms of *Anomalocaris*.

Laggania

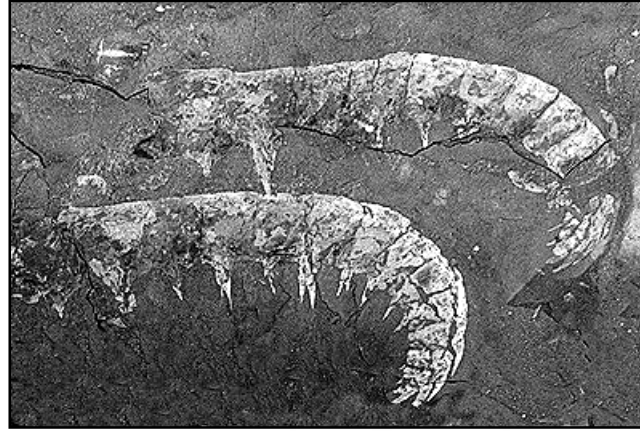
This rather nondescript large fossil, which was once thought to be some form of sponge, has turned out to be the body of *Anomalocaris*.



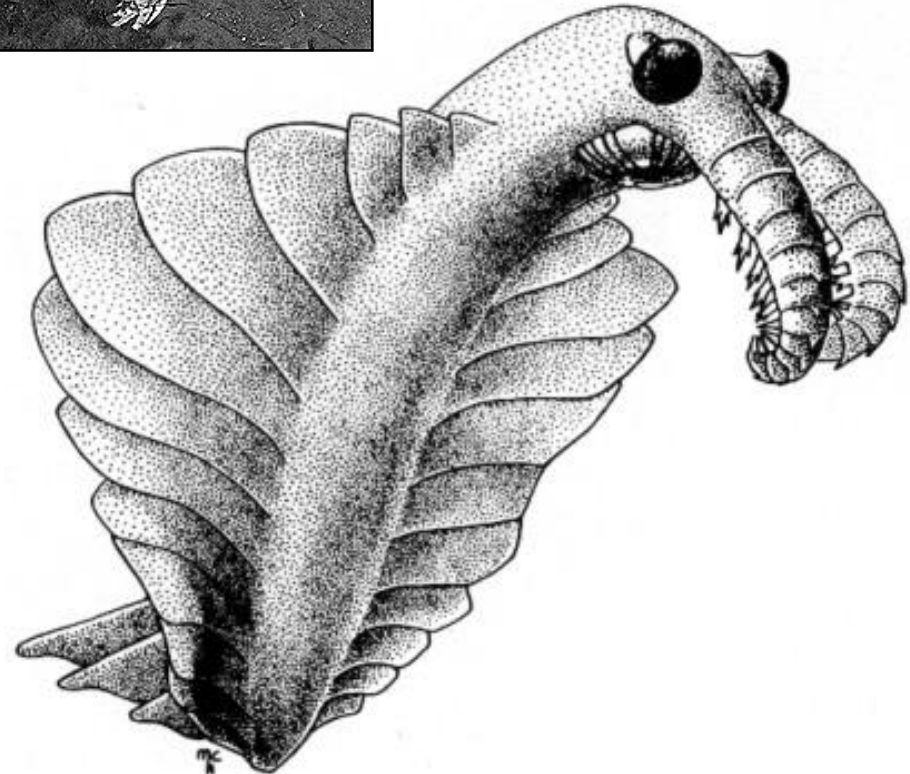
Peytoia

RIGHT Once believed to be a bizarre, jellyfish-like creature with a curious pineapple ring structure, *Peytoia* is now known to be the mouth part of *Anomalocaris*.

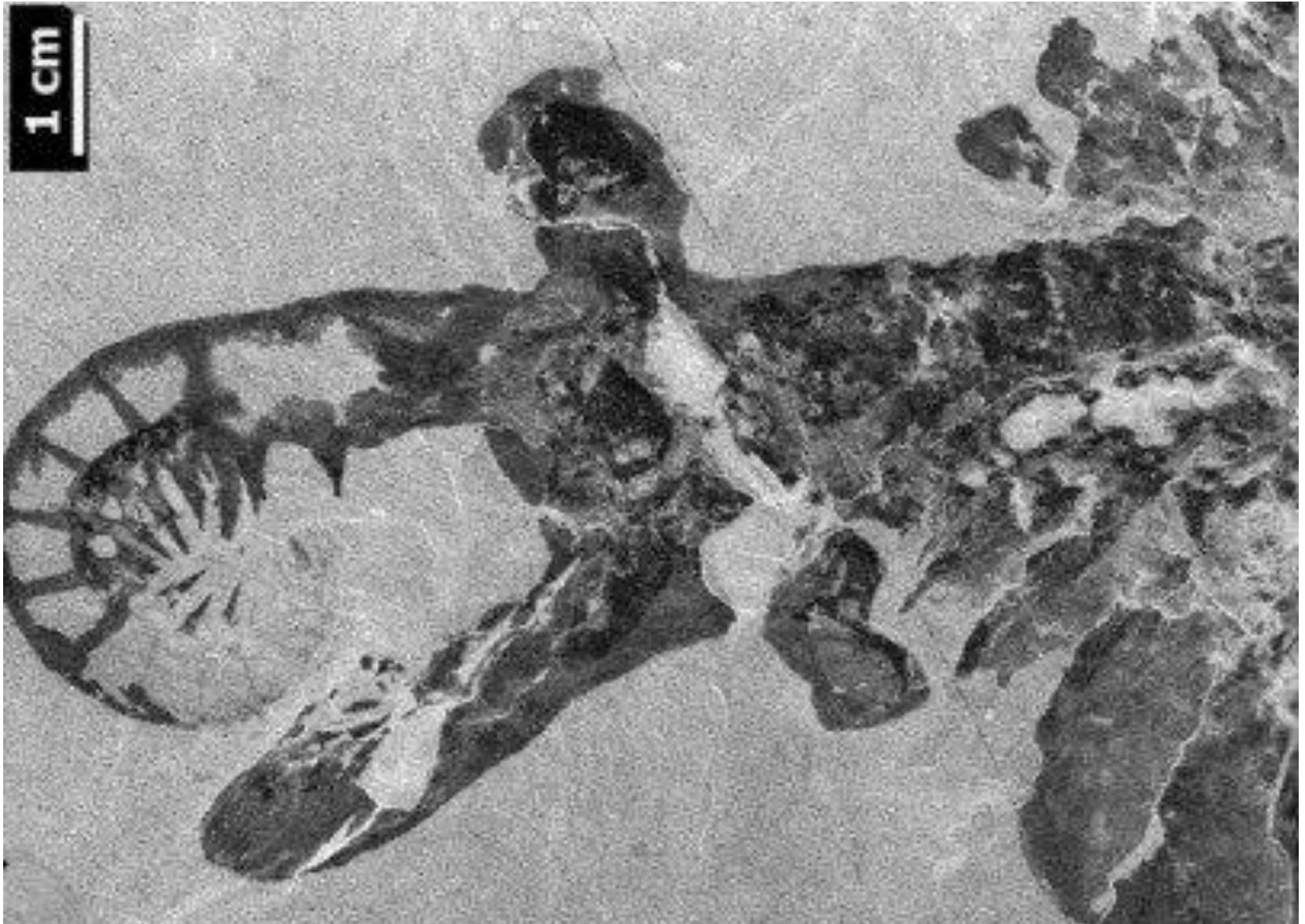
Anomalocaris: grandes apêndices em forma de garra
Diferentes partes referidas à crustáceos, cnidários e poríferos



Anomalocarid image
courtesy of Sam Gon III



Anomalocaris: maior predador da fauna Burgess



Anomalocaris: maior predador da fauna Burgess



Dinocarida (Cambriano-Devoniano)
stem-Euarthropoda (grupo-corôa)



Tamisiocaris

Marrellomorpha (Cambriano-Devoniano)

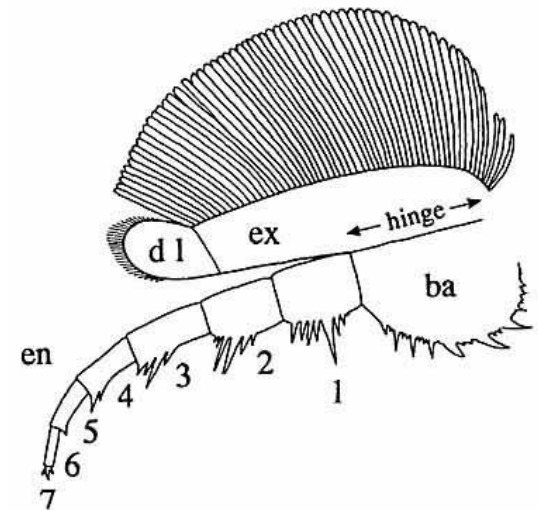
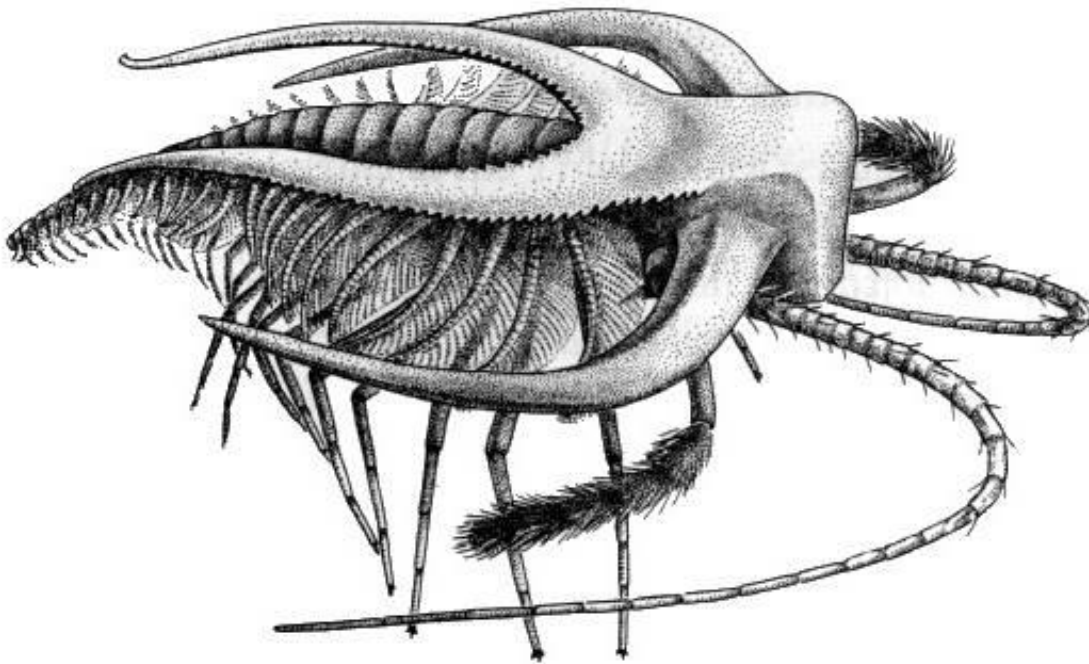


Marrella: forma mais comum de Burgess

Marrellomorpha (Cambriano-Devoniano)

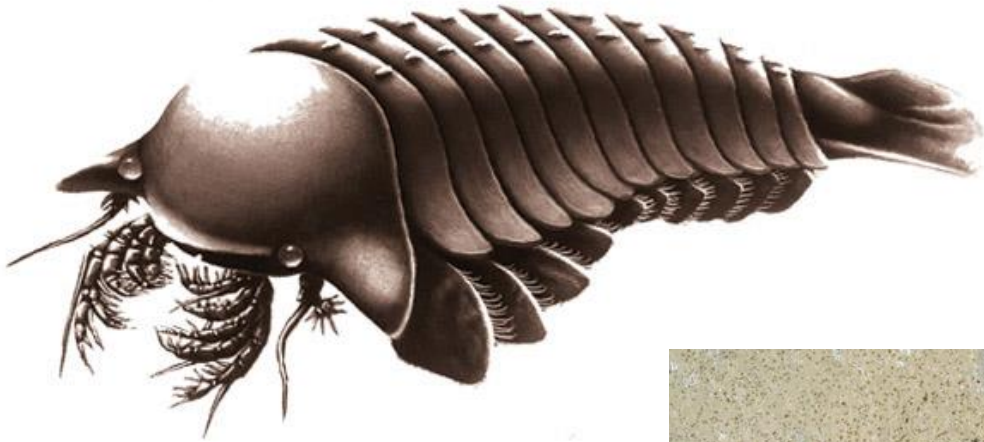
Apresenta carapaça cefálica expandida com formando projeções laterais, e um par de antenas.

Corpo segmentado: cada segmento com exópodos branquiais ligados a base do apêndice locomotor: como em trilobitas e crustáceos (Schizoramia)



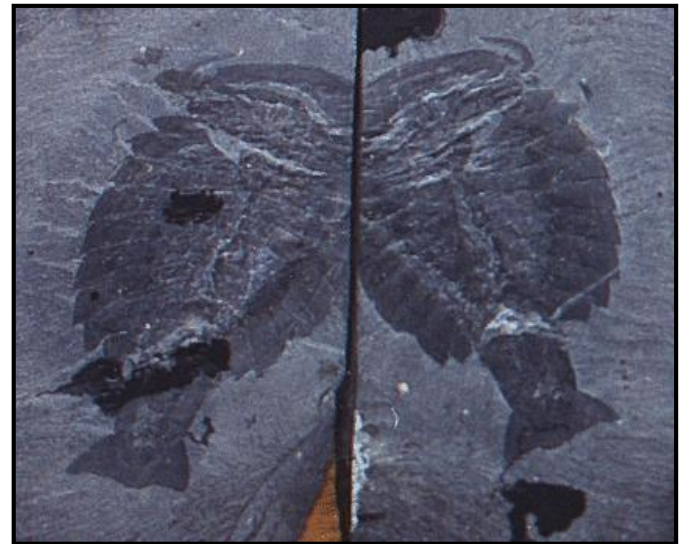
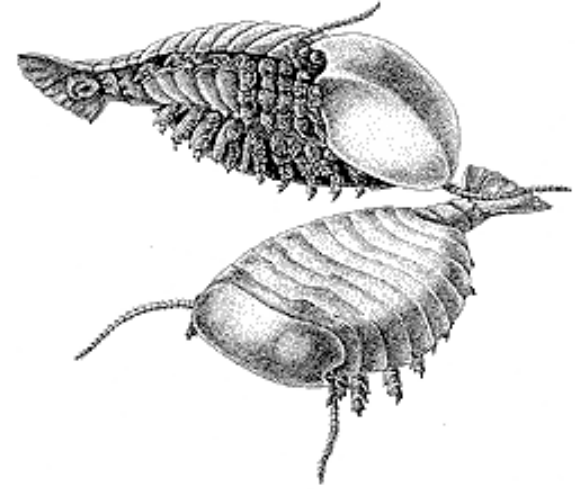
Stem-Chelicerata (Cambriano)

... *Sanctacaris* ...



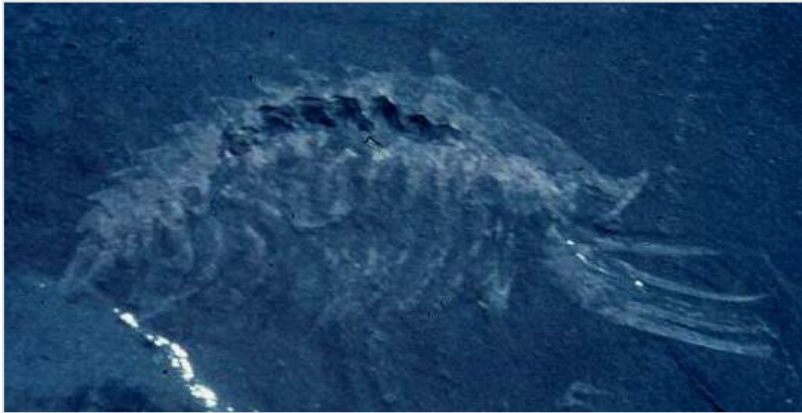
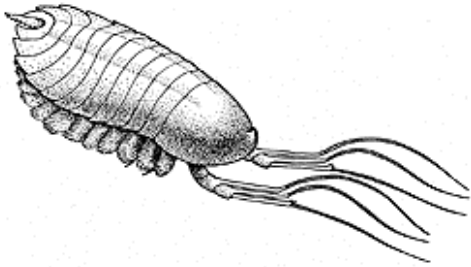
Stem-Chelicerata (Cambriano)

... *Sidneyia* ...



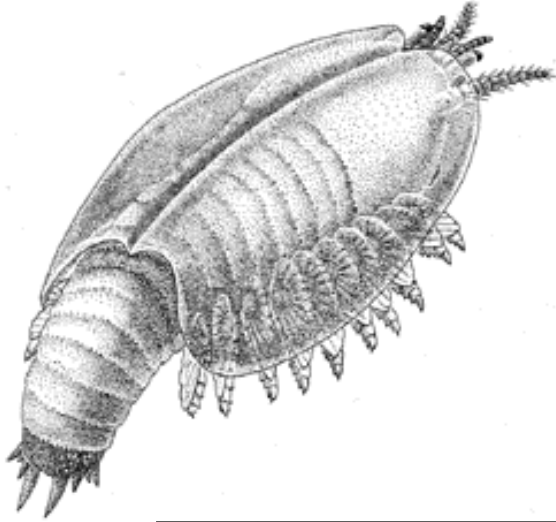
Stem-Chelicerata (Cambriano)

... e *Leanchoilia* (possivelmente não-Euarthropoda)



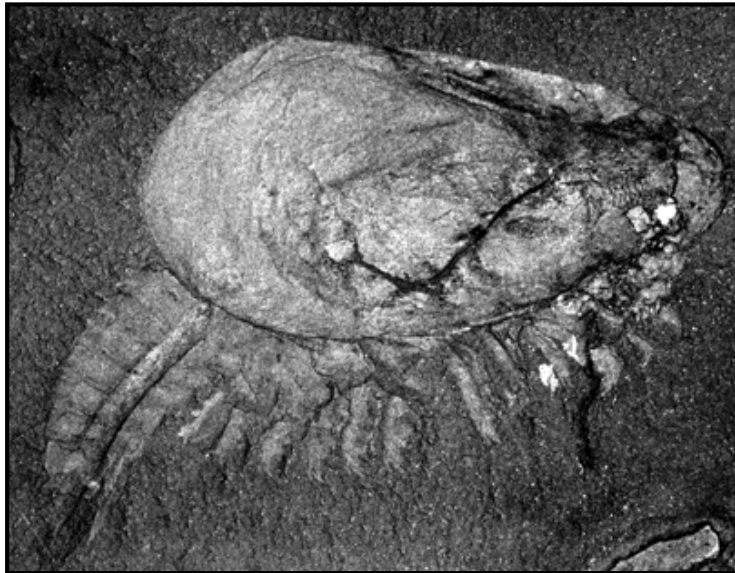
“Crustácea” (Cambriano inferior - Recente)

stem-EuCrustacea do Cambriano são em geral pequenos com carapaça bivalve



Canadaspis (Burgess Shale)

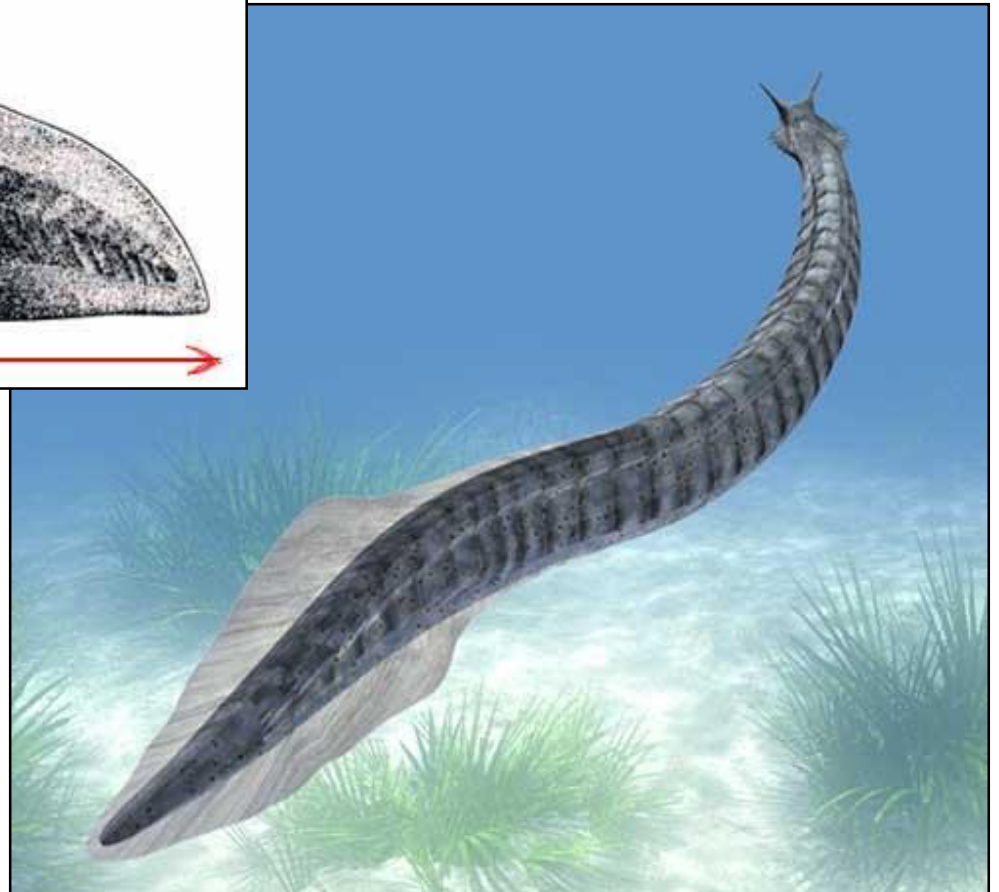
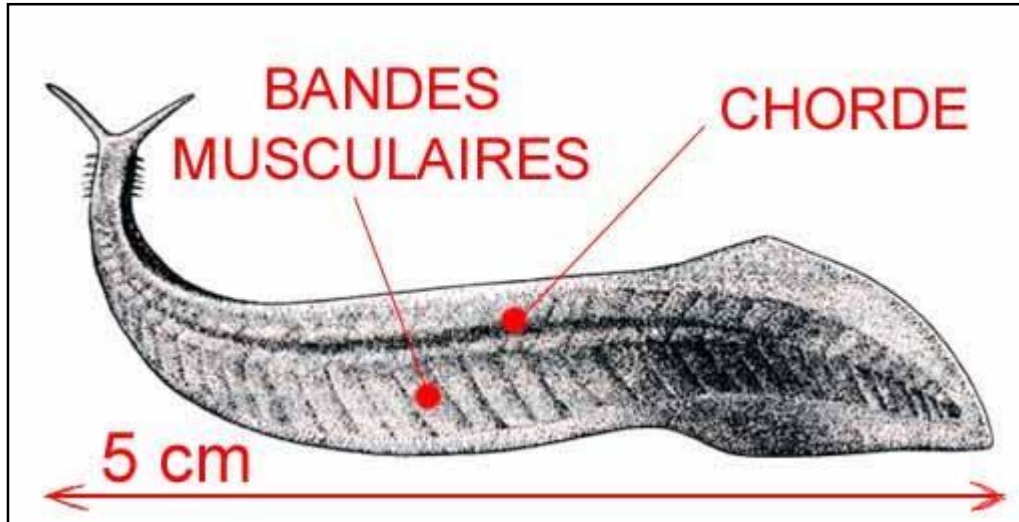
Phyllocarida ou Mandibulata basal



Cephalochordata (Cambriano inferior – Recente)

Cefalocordados fósseis

Pikaia (Burgess Shale) – notocorda e miótomos



Cephalochordata (Cambriano inferior – Recente)

Pikaia
(Burgess Shale)

