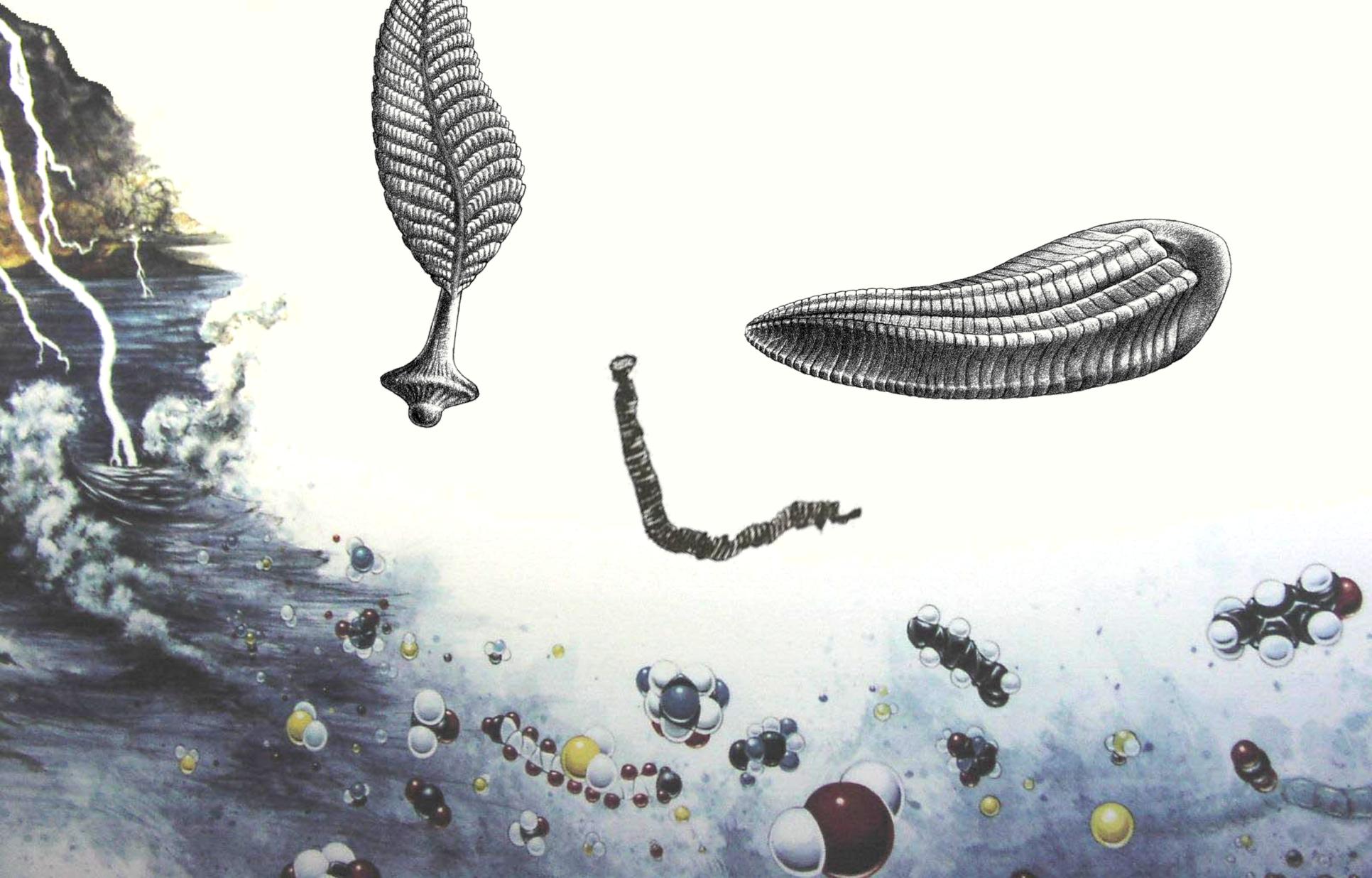
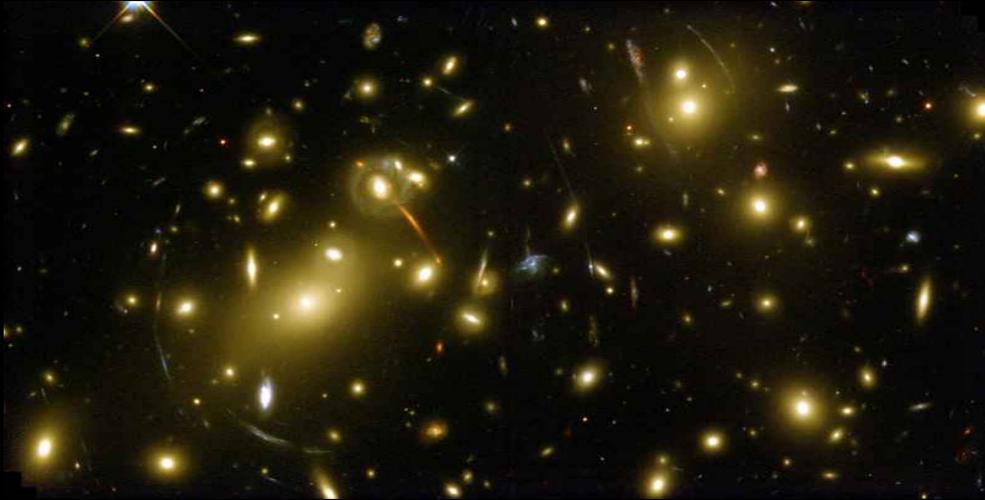


Documentação da Origem da Vida





15

Bilhões de anos

4,6

Origem da Vida

Tempo Geológico





INTERNATIONAL CHRONOSTRATIGRAPHIC CHART



IUGS

www.stratigraphy.org

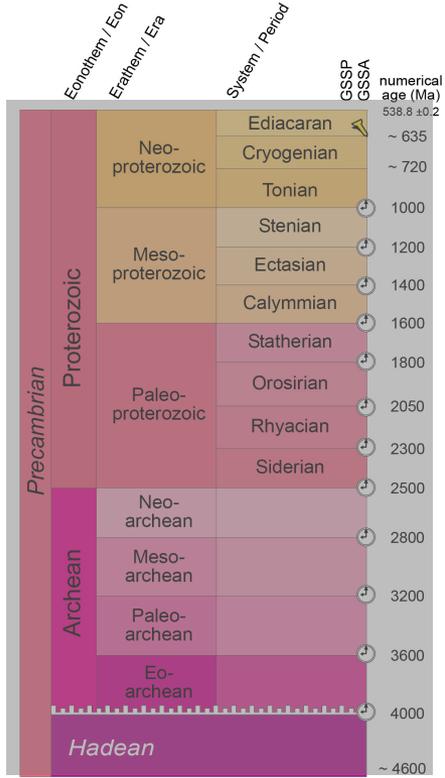
International Commission on Stratigraphy

v 2022/02

Eonothem / Eon		Erathem / Era		System / Period	Series / Epoch	Stage / Age	GSSP	numerical age (Ma)
Phanerozoic	Cenozoic	Quaternary	Holocene	U/L	Meghalayan	Present	0.000	0.000
				M	Northgippsian	0.002	0.002	
				L/E	Greenlandian	0.0117	0.0117	
				L/E	Upper	0.129	0.129	
		Neogene	Pleistocene	M	Chibanian	0.774	0.774	
				L/E	Calabrian	1.80	1.80	
				L/E	Gelasian	2.58	2.58	
			Miocene	U/L	Piacenzian	3.600	3.600	
				L/E	Zanclean	5.333	5.333	
				U/L	Messinian	7.246	7.246	
	Paleogene	Oligocene	M	Tortonian	11.63	11.63		
			L/E	Serravallian	13.82	13.82		
			L/E	Langhian	15.97	15.97		
			L/E	Burdigalian	20.44	20.44		
			L/E	Aquitanian	23.03	23.03		
			L/E	Chattian	27.82	27.82		
		Eocene	M	Rupelian	33.9	33.9		
			L/E	Priabonian	37.71	37.71		
			L/E	Bartonian	41.2	41.2		
			L/E	Lutetian	47.8	47.8		
			L/E	Ypresian	56.0	56.0		
			L/E	Thanetian	59.2	59.2		
	Cretaceous	Paleocene	L/E	Selandian	61.6	61.6		
			L/E	Danian	66.0	66.0		
			L/E	Maastrichtian	72.1 ± 0.2	72.1 ± 0.2		
			L/E	Campanian	83.6 ± 0.2	83.6 ± 0.2		
			L/E	Santonian	86.3 ± 0.5	86.3 ± 0.5		
		Upper	L/E	Coniacian	89.8 ± 0.3	89.8 ± 0.3		
L/E			Turonian	93.9	93.9			
L/E			Cenomanian	100.5	100.5			
L/E			Albian	~ 113.0	~ 113.0			
L/E			Aptian	~ 121.4	~ 121.4			
Lower	L/E	Barremian	~ 129.4	~ 129.4				
	L/E	Hauterivian	~ 132.6	~ 132.6				
	L/E	Valanginian	~ 139.8	~ 139.8				
	L/E	Berriasian	~ 145.0	~ 145.0				

Eonothem / Eon		Erathem / Era		System / Period	Series / Epoch	Stage / Age	GSSP	numerical age (Ma)
Phanerozoic	Mesozoic	Jurassic	Upper	Tithonian	152.1 ± 0.9	152.1 ± 0.9		
				Kimmeridgian	157.3 ± 1.0	157.3 ± 1.0		
				Oxfordian	163.5 ± 1.0	163.5 ± 1.0		
			Middle	Callovian	166.1 ± 1.2	166.1 ± 1.2		
				Bathonian	168.3 ± 1.3	168.3 ± 1.3		
				Bajocian	170.3 ± 1.4	170.3 ± 1.4		
			Lower	Aalenian	174.1 ± 1.0	174.1 ± 1.0		
				Toarcian	182.7 ± 0.7	182.7 ± 0.7		
				Pliensbachian	190.8 ± 1.0	190.8 ± 1.0		
		Triassic	Upper	Sinemurian	199.3 ± 0.3	199.3 ± 0.3		
				Hettangian	201.3 ± 0.2	201.3 ± 0.2		
				Rhaetian	~ 208.5	~ 208.5		
			Middle	Norian	~ 227	~ 227		
				Carnian	~ 237	~ 237		
				Ladinian	~ 242	~ 242		
	Lower	Anisian	247.2	247.2				
		Olenekian	251.2	251.2				
		Induan	251.2	251.2				
	Paleozoic	Permian	Lopingian	Changhsingian	251.902 ± 0.024	251.902 ± 0.024		
				Wuchiapingian	254.14 ± 0.07	254.14 ± 0.07		
				Artinskian	259.51 ± 0.21	259.51 ± 0.21		
			Guadalupian	Wordian	264.28 ± 0.16	264.28 ± 0.16		
				Roadian	266.9 ± 0.4	266.9 ± 0.4		
				Kungurian	273.01 ± 0.14	273.01 ± 0.14		
		Cisuralian	Artinskian	283.5 ± 0.6	283.5 ± 0.6			
			Sakmarian	290.1 ± 0.26	290.1 ± 0.26			
			Asselian	293.52 ± 0.17	293.52 ± 0.17			
		Carboniferous	Pennsylvanian	Upper	Gzhelian	298.9 ± 0.15	298.9 ± 0.15	
					Kasimovian	303.7 ± 0.1	303.7 ± 0.1	
					Moscovian	307.0 ± 0.1	307.0 ± 0.1	
Mississippian			Lower	Bashkirian	315.2 ± 0.2	315.2 ± 0.2		
				Serpukhovian	323.2 ± 0.4	323.2 ± 0.4		
				Visean	330.9 ± 0.2	330.9 ± 0.2		
Lower	Visean		346.7 ± 0.4	346.7 ± 0.4				
	Tournaisian		~ 358.9 ± 0.4	~ 358.9 ± 0.4				

Eonothem / Eon		Erathem / Era		System / Period	Series / Epoch	Stage / Age	GSSP	numerical age (Ma)
Phanerozoic	Paleozoic	Devonian	Upper	Famennian	372.2 ± 1.6	372.2 ± 1.6		
				Frasnian	382.7 ± 1.6	382.7 ± 1.6		
				Givetian	387.7 ± 0.8	387.7 ± 0.8		
			Middle	Eifelian	393.3 ± 1.2	393.3 ± 1.2		
				Emsian	407.6 ± 2.6	407.6 ± 2.6		
				Pragian	410.8 ± 2.8	410.8 ± 2.8		
		Lower	Lochkovian	419.2 ± 3.2	419.2 ± 3.2			
			Pridoli	423.0 ± 2.3	423.0 ± 2.3			
			Ludlow	425.6 ± 0.9	425.6 ± 0.9			
		Silurian	Wenlock	Gorstian	427.4 ± 0.5	427.4 ± 0.5		
				Homerian	430.5 ± 0.7	430.5 ± 0.7		
				Sheinwoodian	433.4 ± 0.8	433.4 ± 0.8		
			Llandovery	Telychian	438.5 ± 1.1	438.5 ± 1.1		
				Aeronian	440.8 ± 1.2	440.8 ± 1.2		
				Rhuddanian	443.8 ± 1.5	443.8 ± 1.5		
	Ordovician	Upper	Hirnantian	445.2 ± 1.4	445.2 ± 1.4			
			Katian	453.0 ± 0.7	453.0 ± 0.7			
			Sandbian	458.4 ± 0.9	458.4 ± 0.9			
		Middle	Darriwilian	467.3 ± 1.1	467.3 ± 1.1			
			Dapingian	470.0 ± 1.4	470.0 ± 1.4			
			Floian	477.7 ± 1.4	477.7 ± 1.4			
		Lower	Tremadocian	485.4 ± 1.9	485.4 ± 1.9			
			Stage 10	~ 489.5	~ 489.5			
			Jiangshanian	~ 494	~ 494			
	Cambrian	Furongian	Paibian	~ 497	~ 497			
			Guzhangian	~ 500.5	~ 500.5			
			Drumian	~ 504.5	~ 504.5			
		Series 2	Wuliuan	~ 509	~ 509			
			Stage 4	~ 514	~ 514			
			Stage 3	~ 521	~ 521			
Terreneuvian	Lower	Stage 2	~ 529	~ 529				
		Fortunian	538.8 ± 0.2	538.8 ± 0.2				



Units of all ranks are in the process of being defined by Global Boundary Stratotype Section and Points (GSSP) for their lower boundaries, including those of the Archean and Proterozoic, long defined by Global Standard Stratigraphic Ages (GSSA). Italic fonts indicate informal units and placeholders for unnamed units. Versioned charts and detailed information on ratified GSSPs are available at the website <http://www.stratigraphy.org>. The URL to this chart is found below.

Numerical ages are subject to revision and do not define units in the Phanerozoic and the Ediacaran; only GSSPs do. For boundaries in the Phanerozoic without ratified GSSPs or without constrained numerical ages, an approximate numerical age (~) is provided.

Ratified Subseries/Subepochs are abbreviated as U/L (Upper/Late), M (Middle) and L/E (Lower/Early). Numerical ages for all systems except Quaternary, upper Paleogene, Cretaceous, Triassic, Permian, Cambrian and Precambrian are taken from 'A Geologic Time Scale 2012' by Gradstein et al. (2012), those for the Quaternary, upper Paleogene, Cretaceous, Triassic, Permian, Cambrian and Precambrian were provided by the relevant ICS subcommissions.

Colouring follows the Commission for the Geological Map of the World (www.ccgmg.org)

Chart drafted by K.M. Cohen, D.A.T. Harper, P.L. Gibbard, N. Car (c) International Commission on Stratigraphy, February 2022

To cite: Cohen, K.M., Finney, S.C., Gibbard, P.L. & Fan, J.-X. (2013; updated) The ICS International Chronostratigraphic Chart. Episodes 36: 199-204.

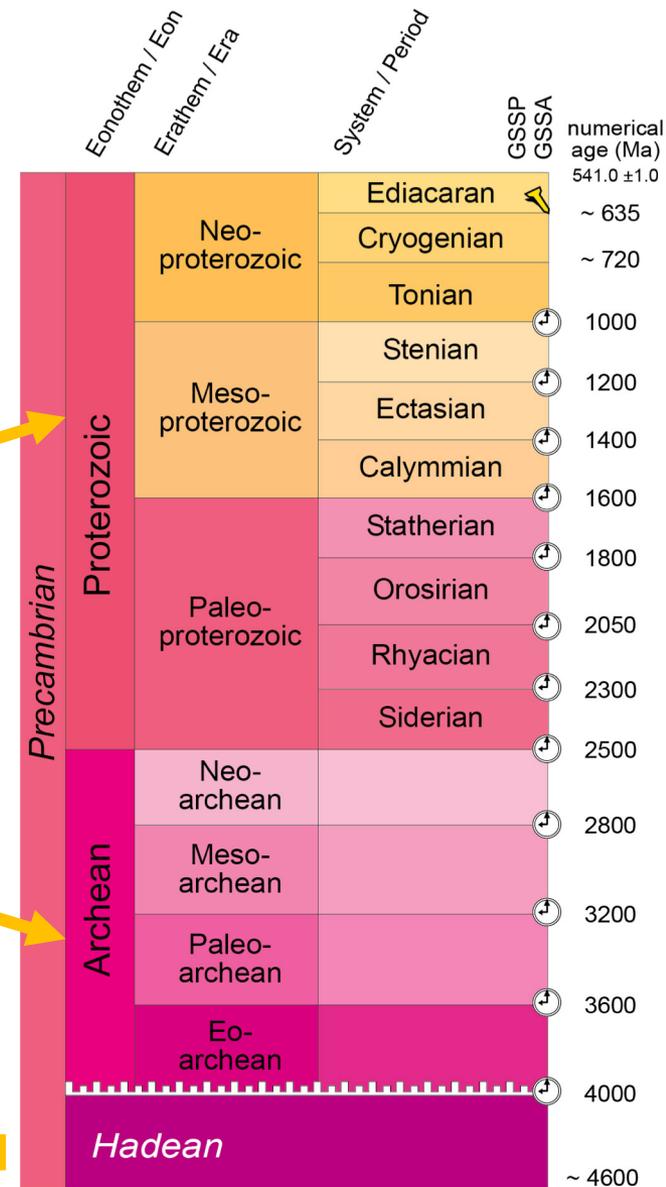
URL: <http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2022-02.pdf>

Dividida em **ÉONS, ERAS, PERÍODOS e ÉPOCAS**

Divisão não arbitrária, pois reflete grandes acontecimentos que ocorreram na história geológica e biológica da Terra.

Éons **ARQUEANO** e **PROTEROZÓICO** = rochas ígneas e metamórficas = grande volume da crosta continental = escasso registro fóssil = seres microscópicos.

Éon **HADEANO** = crosta da terrestre oscilando entre líquido e sólido, formação das primeiras rochas ígneas



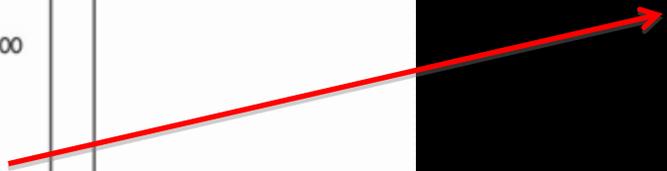
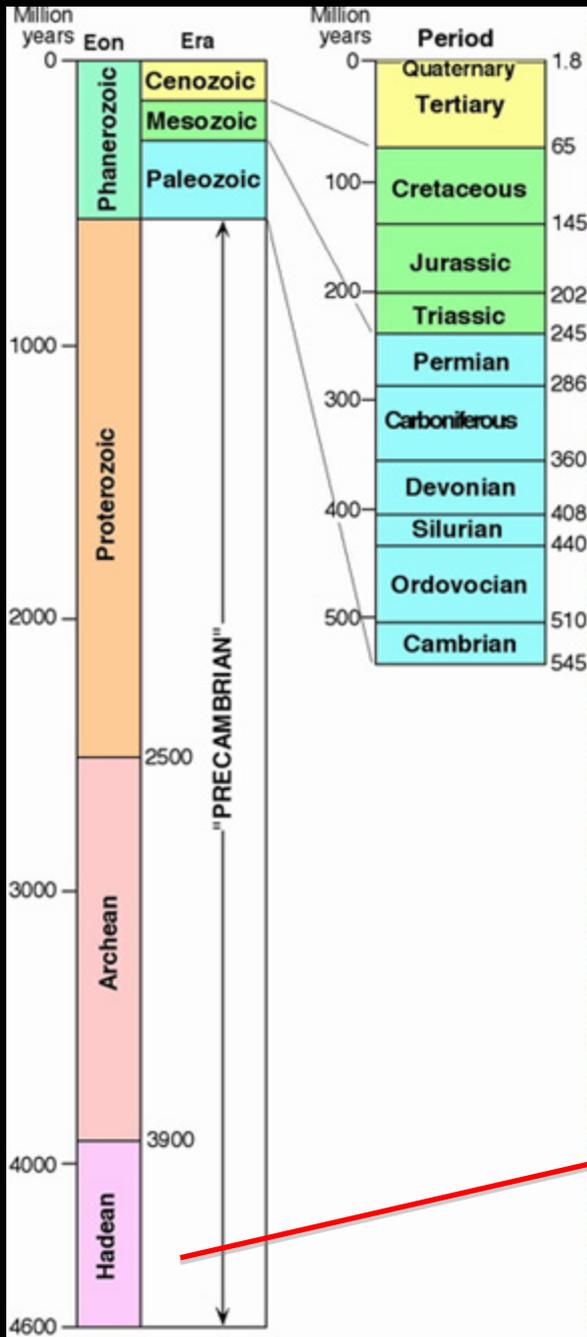
544 Ma primeira irradiação dos metazoários = 15% da história mais recente do tempo geológico



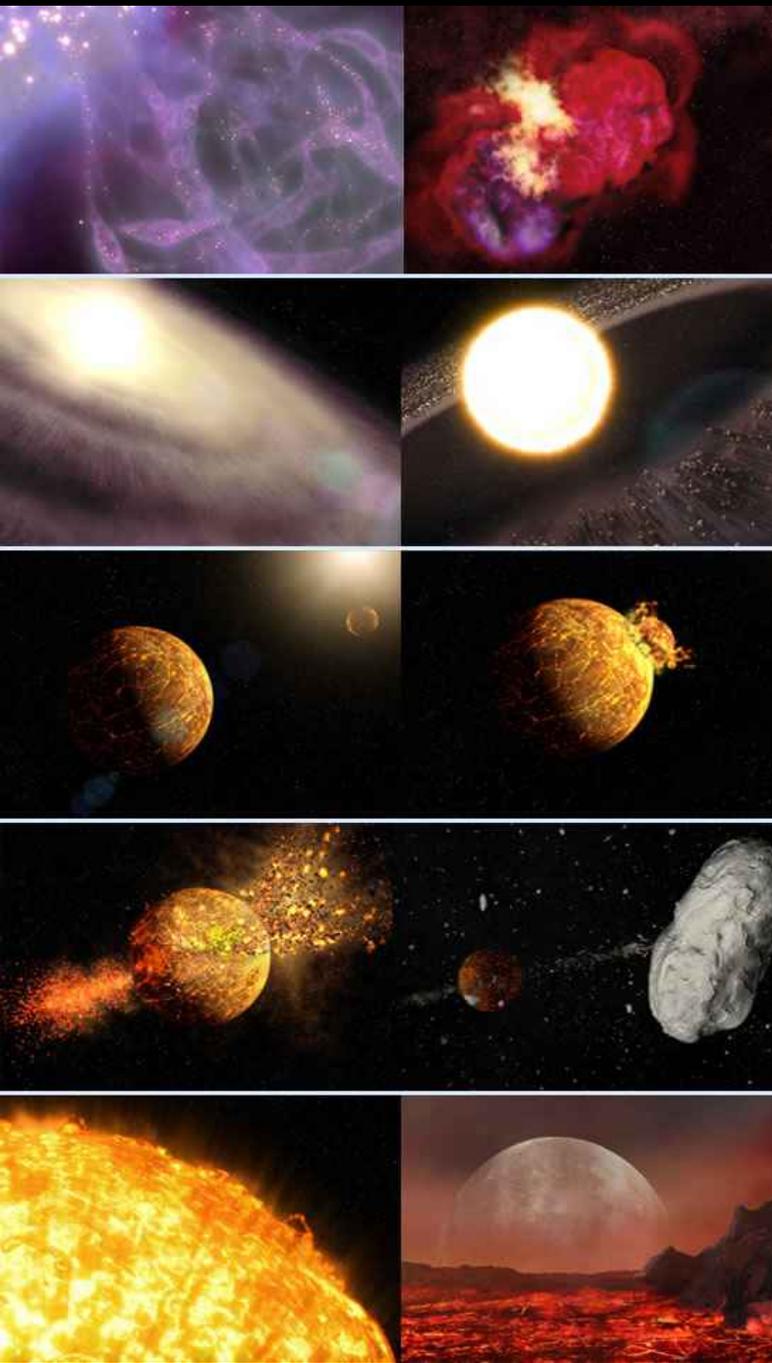
Cerca de 85% da história da vida está "escondida"!

PRÉ-CAMBRIANO

Éon Hadeano
4,6 a 4 Ba



Éon Hadeano 4,6 a 4 Ba



Terra: princípio foi uma massa derretida, mas esfriou ao passar do tempo, dividida entre uma crosta fina externa (instável), e uma massa interna (manto e núcleo)

Temperaturas extremamente elevadas impossibilitando qualquer forma de vida com base em carbono



Mar de magma

Éon Hadeano
4,6 a 4 Ga



Evidências de crateras na Lua sugerem uma fase de intenso bombardeamento de cometas e meteoritos que produziram energia de impacto suficiente para o mar de magma vaporizar



© Mark A. Garlick / space-art.co.uk

Durante os primeiros 600 Ma, a superfície da Terra oscilou de líquido para sólido

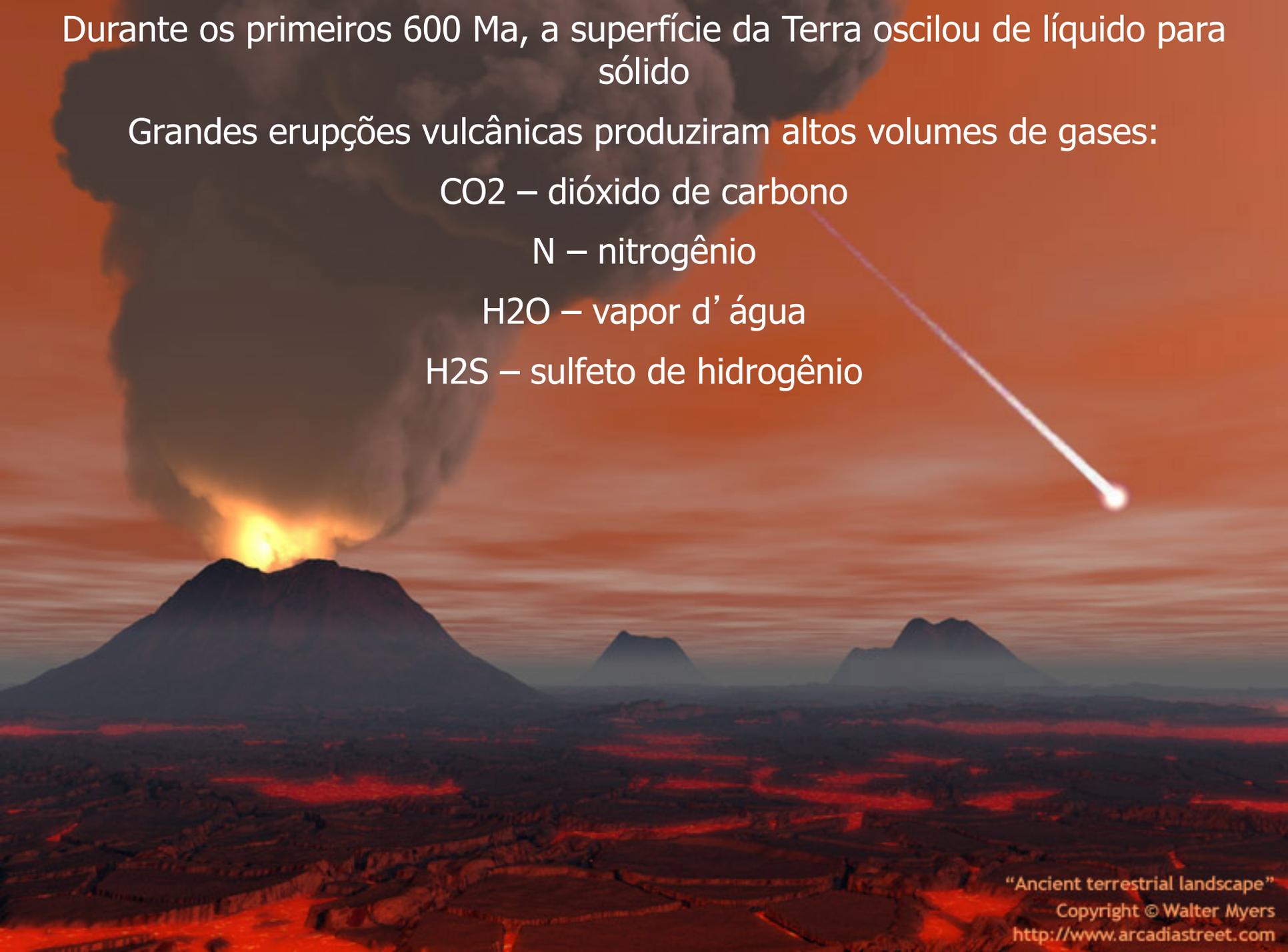
Grandes erupções vulcânicas produziram altos volumes de gases:

CO₂ – dióxido de carbono

N – nitrogênio

H₂O – vapor d' água

H₂S – sulfeto de hidrogênio

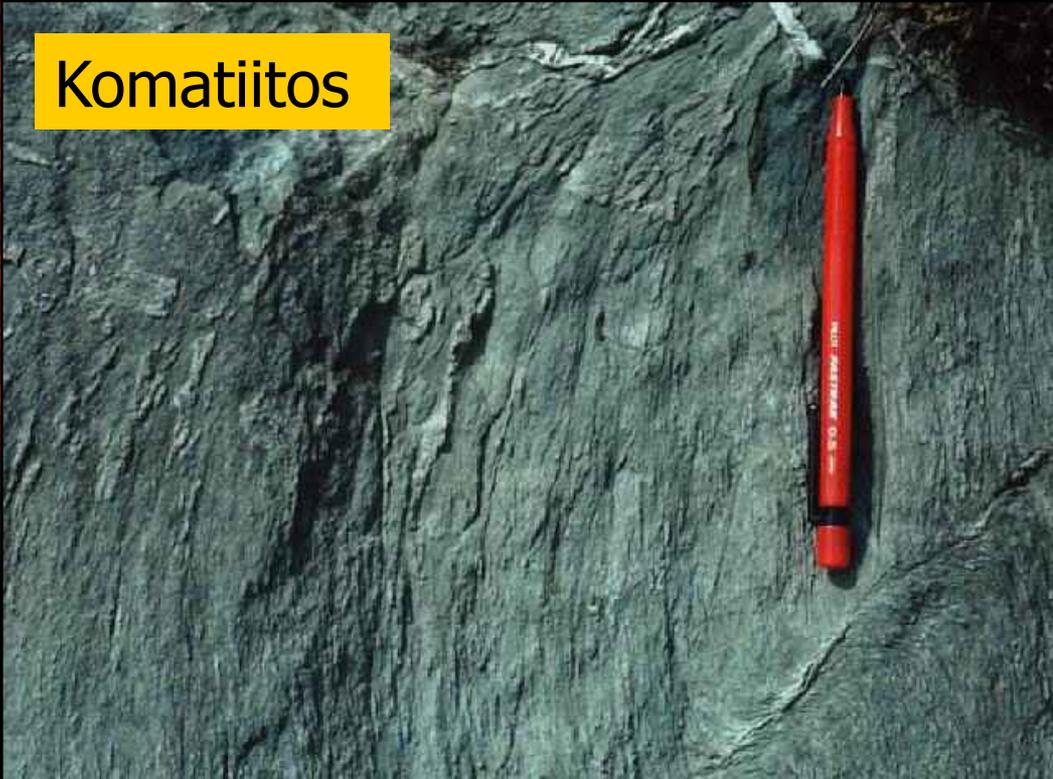


“Ancient terrestrial landscape”

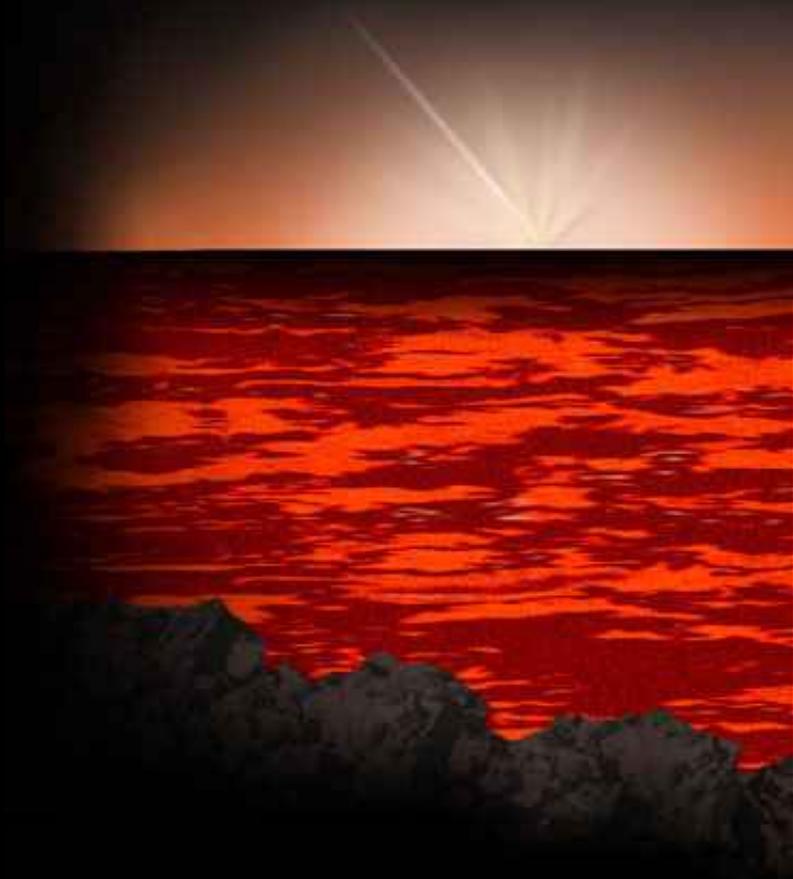
Copyright © Walter Myers

<http://www.arcadiastreet.com>

Quando o oceano de magma resfriou, iniciou-se também o processo de resfriamento da Terra, formando a **litoesfera** (crosta rochosa)



Komatiitos

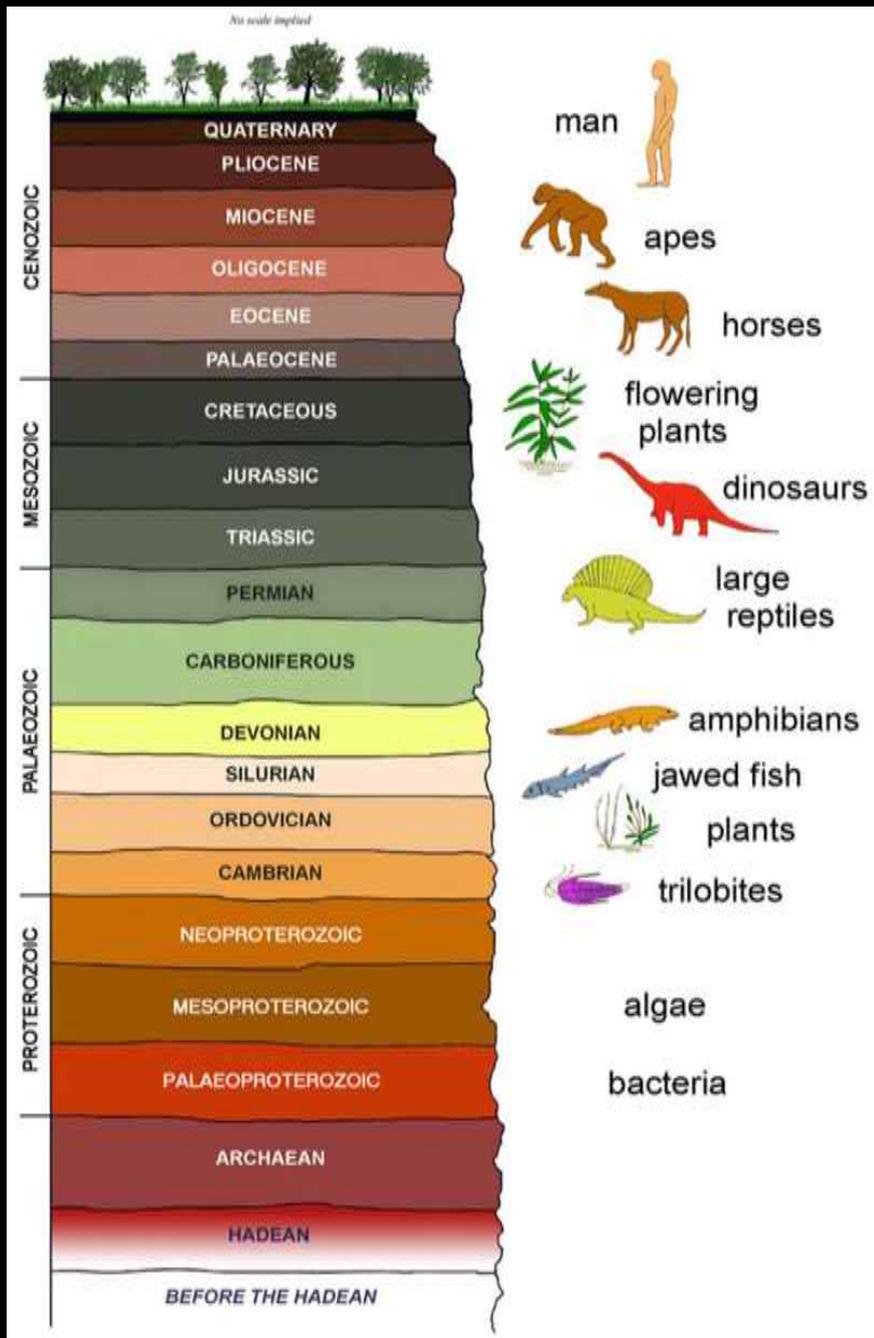


rochas ígneas formadas a
altas pressões e
temperaturas

A solidificação das rochas aconteceu quando a Terra iniciou seu processo de resfriamento

4,0 Ba – mais antiga rocha
(Gnaiss Acasta, Canadá)





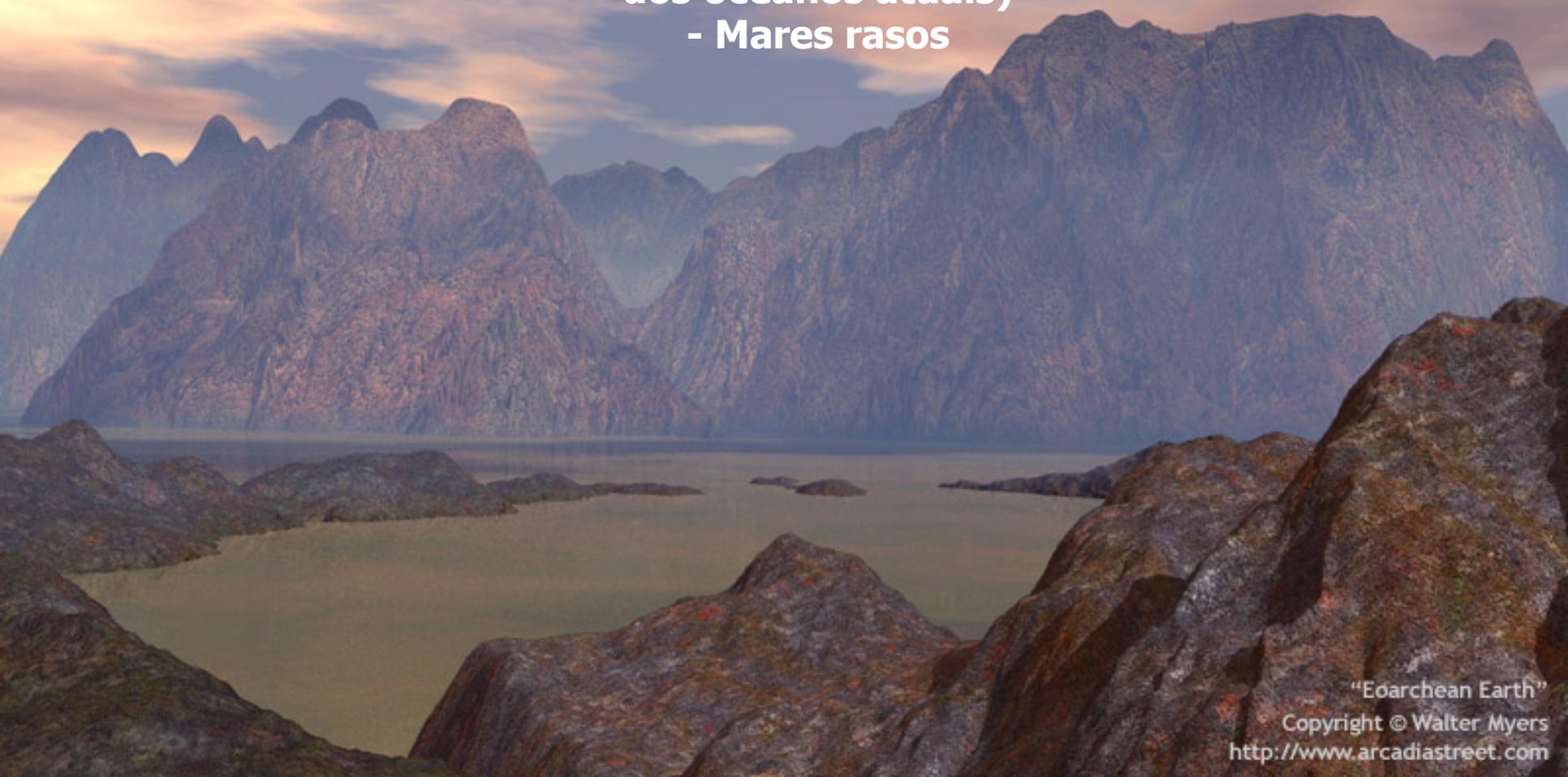
História geológica da Terra

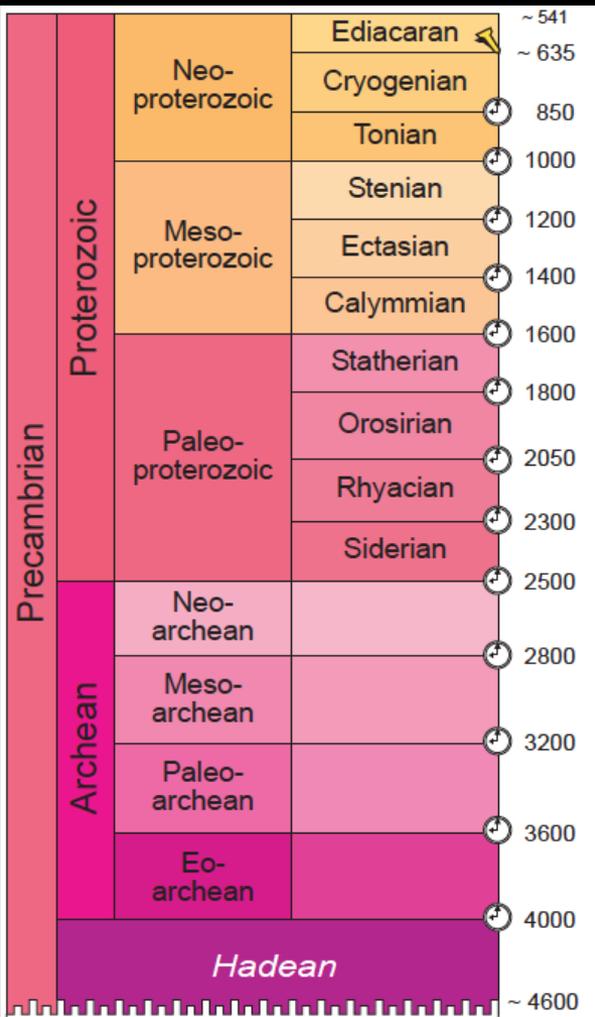
PRÉ-CAMBRIANO

Éon Arqueano – 4 a 2.5 Ba

Mundo anóxico

- **Formação dos proto-continentes**
- **Formação dos oceanos (2,5 Ba já apresentava 90% do volume de água dos oceanos atuais)**
- **Mares rasos**





Rochas mais antigas –
 Grupo Isua (Groelândia)
 3,8-3,7 Ba

Rochas metamorfoseadas
 de difícil interpretação

Poderiam ter sido
sedimentares, que prova
 que a crosta tinha de fato
 resfriado, onde rios foram
 fluindo e erodindo as
 rochas



Evidência mais antiga de vida (?)

Evidência de fotossíntese a partir de isótopos de carbono, ^{12}C e ^{13}C (isótopos estáveis)

As proporções $\delta^{13}\text{C}$ e ^{12}C podem indicar ausência ou presença de resíduos orgânicos de organismos vivos anteriores



Grupo Isua (Groelândia) - 3,8-3,7 Ba



O enriquecimento de ^{12}C em ^{13}C é característico de organismos fotossintetizantes e de organismos que os consomem;

A relação $\delta^{13}\text{C}$ de matéria orgânica é similar com os dos organismos modernos;

Organismos planctônicos (fotossíntese)

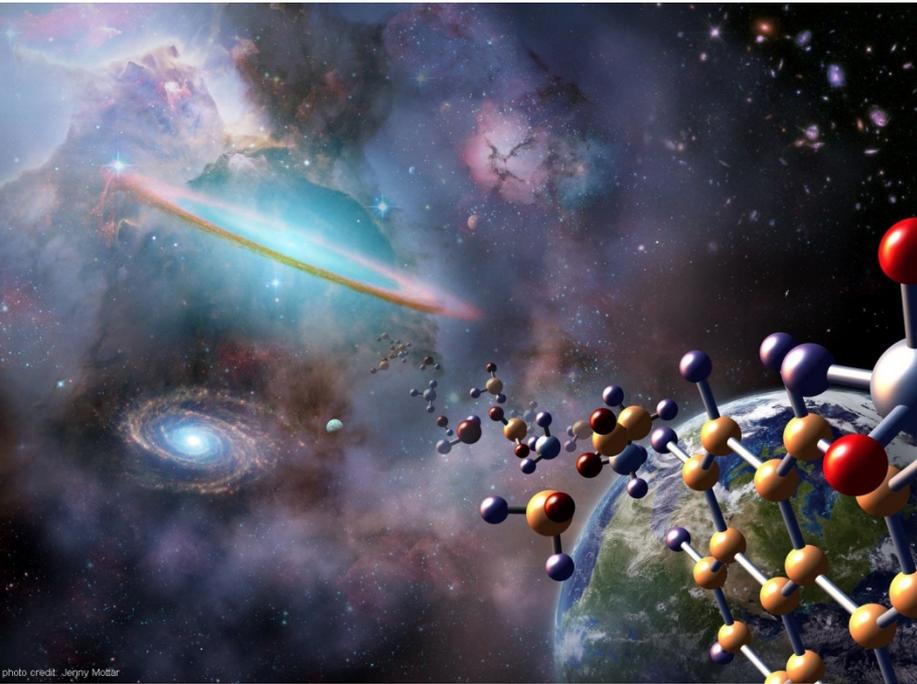
Hipótese contestada – Sem evidência de oxigênio no início do Arqueano e as rochas são muito metamorfoseadas

ORIGEM DA VIDA

Origem extraterrestre (Panspermia)

Panspermia cósmica: a vida foi “**semeada**” na Terra a partir do espaço, i.e., durante a fase de bombardeamento na superfície da Terra, **cometas** e **meteoritos** trouxeram substâncias químicas compostas por moléculas simples, tais como cianeto de hidrogênio, ácido fórmico, aldeídos e acetilenos.

Esses meteoritos são conhecidos como **meteoritos carbonáceos.**

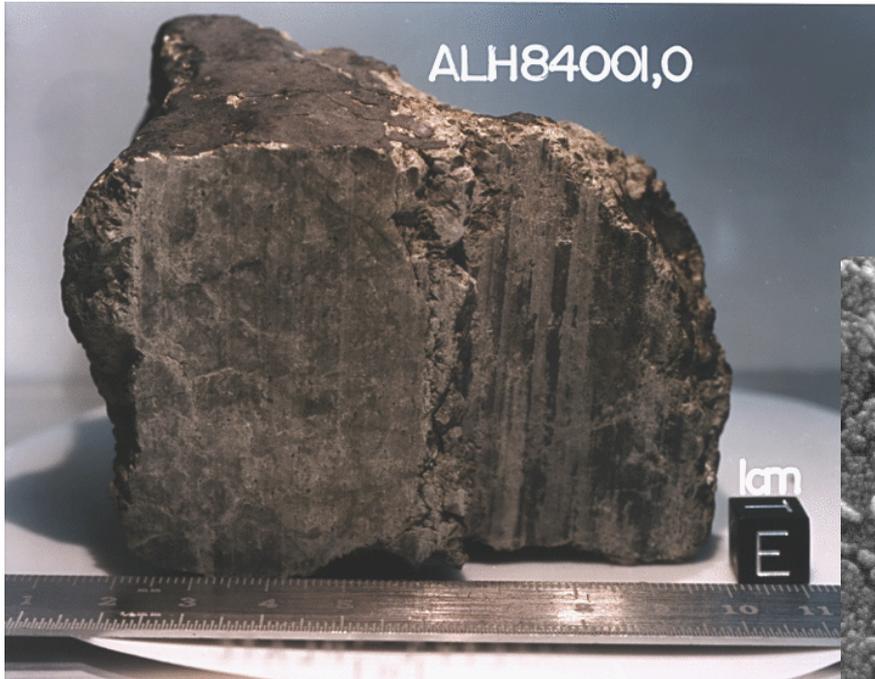


O DNA pode ter surgido no espaço, ou seja, toda a vida pode ter evoluído em outras partes do universo e que foi “semeada” na Terra durante o Pré-Cambriano

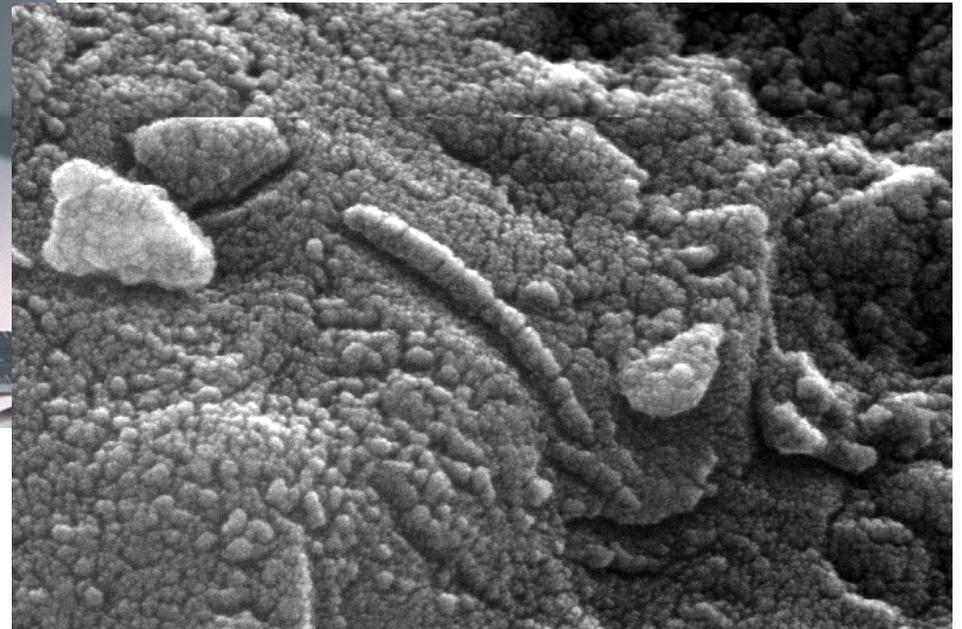


Murchison meteorite (4,6 Ba) 28 set 1969, Victoria, Austrália
Muitos compostos orgânicos, inclusive aminoácidos – meteorito carbonáceo

Possível condução de estruturas vivas em meteoros congelados
NASA entre os anos 80 e 90



Meteorito marciano descoberto
em 1984 nas *Hallen Hills*,
Antártica



Estruturas biológicas?
“icnofósseis bacterianos”

**Postular a origem da vida em outro planeta ainda deixa em aberto a
questão de como a vida se originou**

ORIGEM DA VIDA

Modelo bioquímico (1920)



Alexander Oparin

J.B.S. Haldane

QUICK & EASY DIRECTIONS

MIX SOUP + 1 OCEAN WATER

RADIATION : HEAT, UNCOVERED IN MICROWAVABLE OCEAN ON HIGH ABOUT 100 MILLION YEARS. CAREFULLY LEAVE IN OCEAN FOR 3 BILLION YEARS, ALLOWING OXYGEN TO ACCUMULATE.

SMOKER: HEAT, CIRCULATING OCCASIONALLY

PROMPTLY REFRIGERATE UNUSED PORTION ON A SEPARATE PLANET. RECOMMEND USE BY DATE ON END OF CAN. STORE UNOPENED CAN IN INTERSTELLAR SPACE.

Nutrition Facts	Amount/serving	%DV	Amount/serving	%DV
Serv. Size 1 mole serves one planet	Protein	0%	Metal sulfides	100%
Calories 0.0	Fat	0%	Hydrogen	100%
Fat Calories 0.0	Carbohydrate	0%	Ammonia	100%
Serving size based on a 99% chance of a successful Origin of Life.	Fiber	0%	Methane	100%
	Vitamins	0%	Carbon monoxide	100%
	L-amino acids	1%	Formaldehyde	100%
	D-amino acids	1%	High MW PAHs	100%
	Nucleic acid	0%	NP-40	100%

Rich in reducing power, low in toxic oxygen and reactive oxygen products. High in heavy and transition metals. Great for the hottest, most radioactive watery planets!

Satisfaction guaranteed. For questions or comments, please email arthur_dent@zz9.plural.z.alpha Allow 5-6 x 10²⁴ years for refund or reply.



Campbell's

CONDENSED



A QUICK MEAL IN 4.5 BILLION YEARS!

PRIMORDIAL SOUP; FOR THE PRIMITIVE... AND THE PRIMITIVE AT HEART!

A SIMPLE, SELF-ORGANIZING MEAL WITH EVERYTHING YOU NEED TO GET YOUR LIFE STARTED BEFORE THE ARCHAEOAN PASSES BY. GREAT FOR ALL WATERY PLANETS, SERVE HOT WITH LOTS OF REDUCING POWER AND A GOOD DOSE OF IONIZING RADIATION FOR THAT UNIQUE MICROBIAL FLAVOR!



Primordial

SOUP

NET WT.
10 3/4 OZ.
(305g)

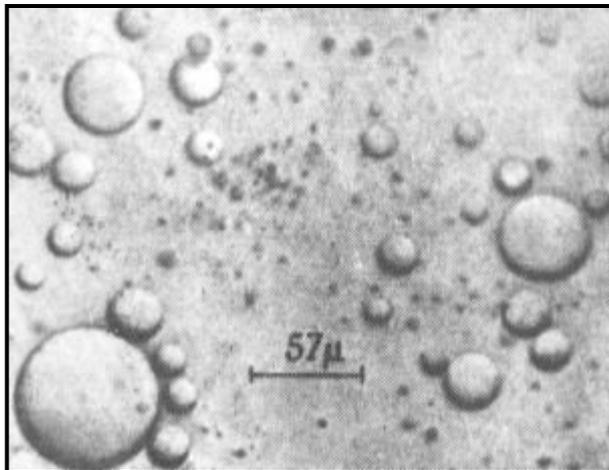
INGREDIENTS: WATER, SILICA, IRON SULFIDE, HYDROGEN SULFIDE, CARBON DIOXIDE, HYDROGEN, POTASSIUM CYANIDE, POTASSIUM ACETATE, FORMALDEHYDE, ADENINE, PROLINE, ALANINE, METHANE, CARBON MONOXIDE, AMMONIA, SODIUM ARSENITE, GLYCEROL PHOSPHATE, ACETYLENE, ACETALDEHYDE, HIGH MOLECULAR-WEIGHT PAH'S, PYRENE, MAGNETITE, PHOSPHORIC ACID, WOLF'S TRACE MINERALS. AND NP-40.

JWB MOCK SOUP COMPANY, RALEIGH, NORTH CAROLINA JAMES_W_BROWN@EARTHLINK.NET

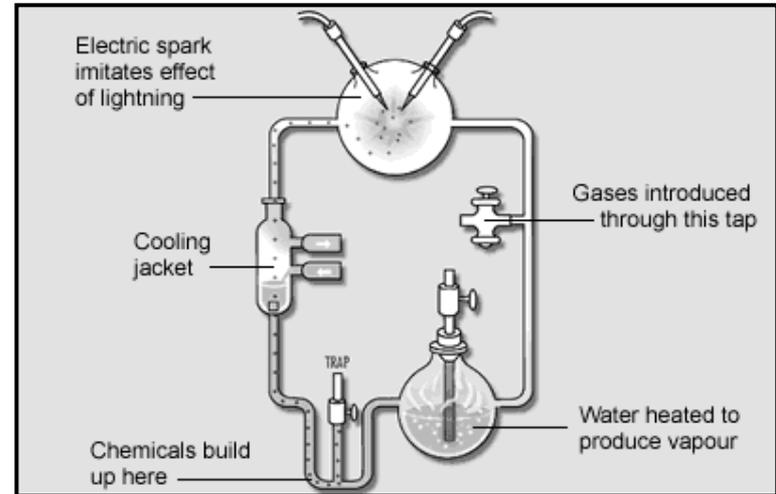
Abiogênese: Oparin (1924), Haldane e Miller (1953)
Criação de polímeros (aminoácidos) à partir da combinação de gases (CO_2 , H_2O , Amônia, Metano) da atmosfera primitiva (não oxidante) sob ação de energia derivada de descargas elétricas, luz ultravioleta e calor (ação vulcânica)



O método: aminoácidos gerados vão se decompondo à medida em que prossegue o experimento, tanto pelo acúmulo de substâncias quanto pelo calor gerado.



Coacervados: agregados esféricos de lipídios



Resultado

O número de aminoácidos formados neste experimento e em outros posteriores parece ser insuficiente para a formação da mais simples proteína necessária à vida

primitive atmosphere
 H_2O, N_2, H_2, CO, H_2S 1

small- and medium-sized molecules
sugars, purines, pyrimidines, amino acids, lipids 2

large molecules
polysaccharides, nucleic acids, proteins 3

membrane → "protocells" 4

genetic mechanism;
ATP system → prokaryotes 5 c. 3500 Ma

organelles → eukaryotes 6 c. 1600–900 Ma

distinct tissue
layers → multicellular
organisms 7 c. 1260–950 Ma



Stanley Miller
(1930-2007)

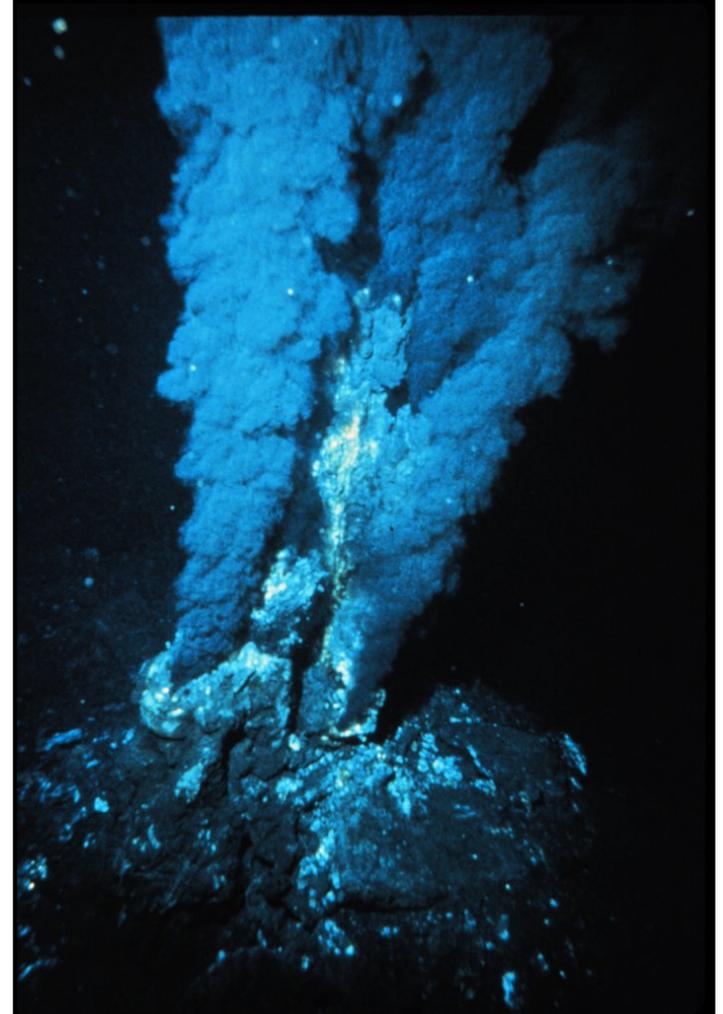


Sidney Fox
(1912-1998)

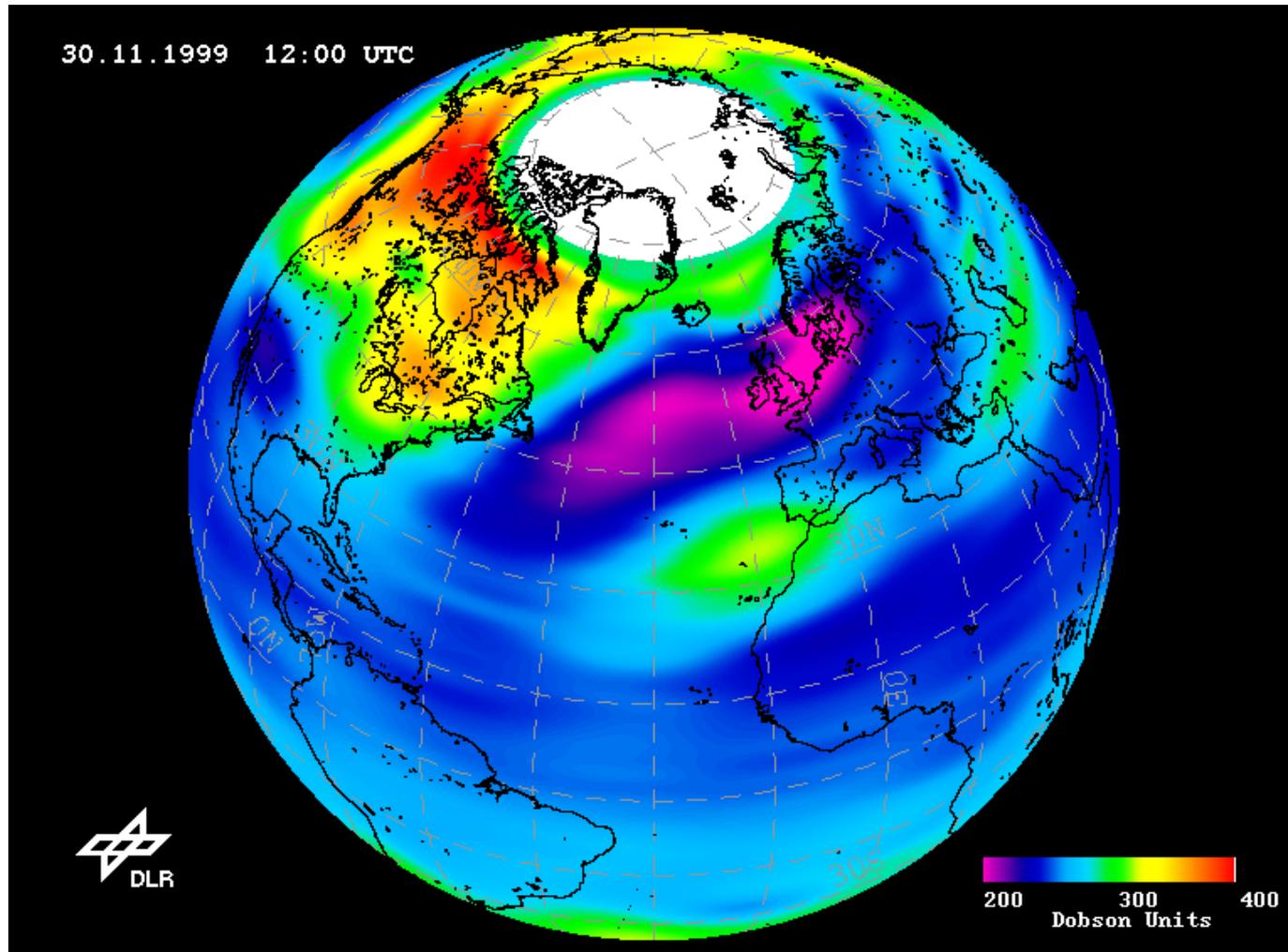
Temperatura entre 0 e 100°C, oceano com poucos continentes,
mas com evidência do ciclo da água

Cenário: pequenos ambientes evaporíticos de águas rasas

Darwin's warm little pond (lagoas vulcânicas) ou fumarolas oceânicas

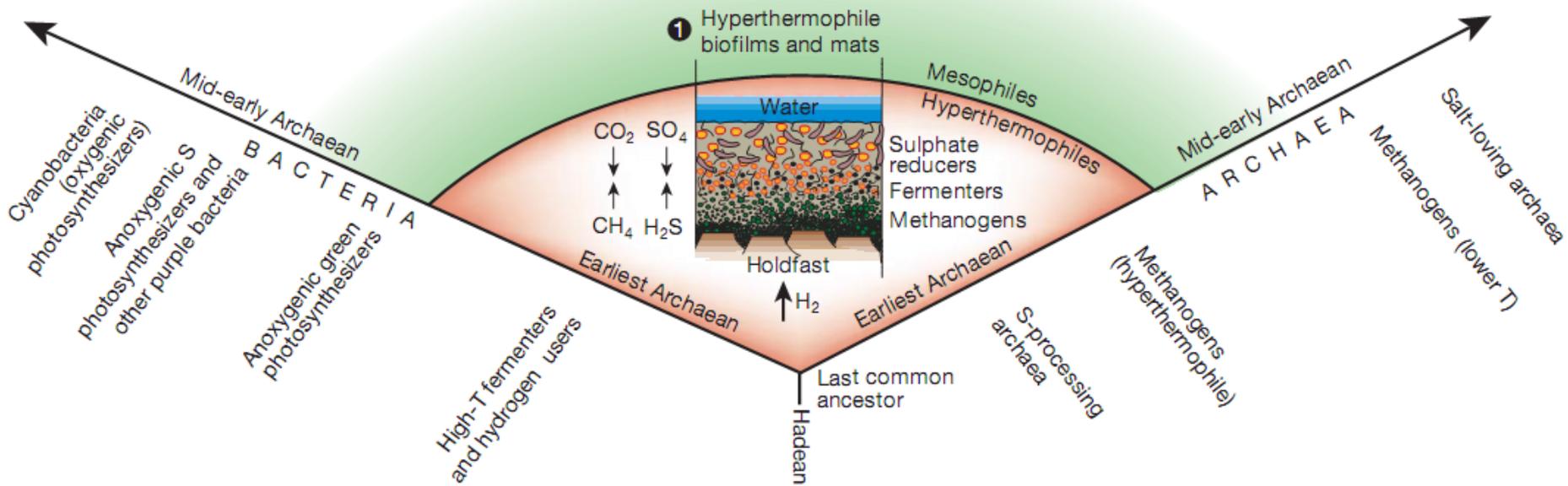


Problema: atmosfera sem oxigênio, pois este impede a formação dos aminoácidos, mas sem oxigênio não há ozônio e proteção contra a luz ultravioleta, que rapidamente desintegraria os aminoácidos



ORIGEM DA VIDA

Modelo Hidrotermal – recente modificação da Teoria de Oparin/Haldane



Last Universal Common Ancestor

pode ter sido hipertermófilo – organismo simples que viveu num ambiente hostil muito quente

A transição das formas isoladas de aminoácidos ao DNA pode ter acontecido em um ambiente de **sistema de águas quentes**, associadas as **atividades vulcânicas**



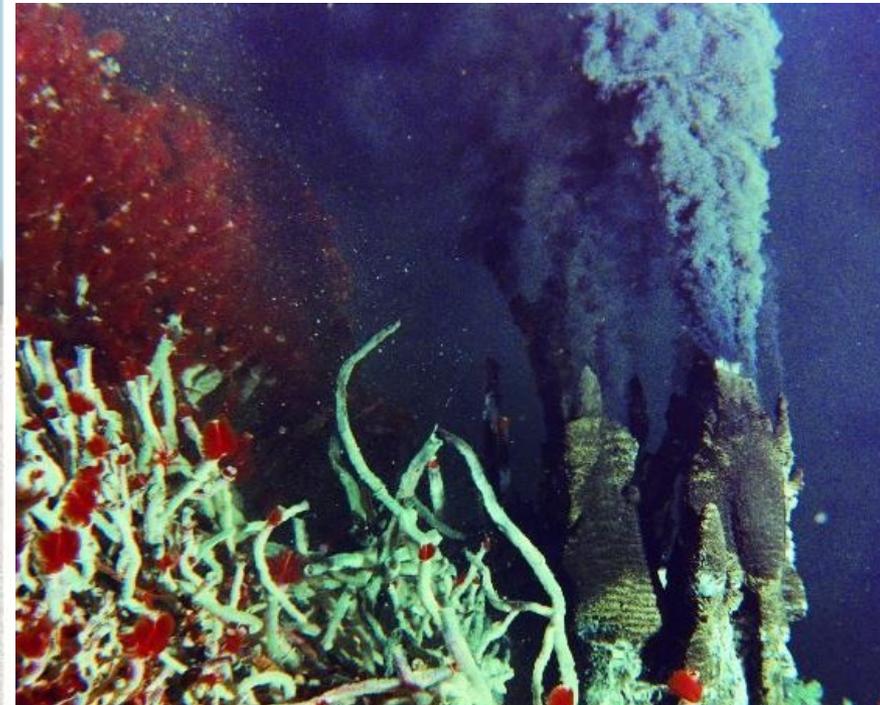
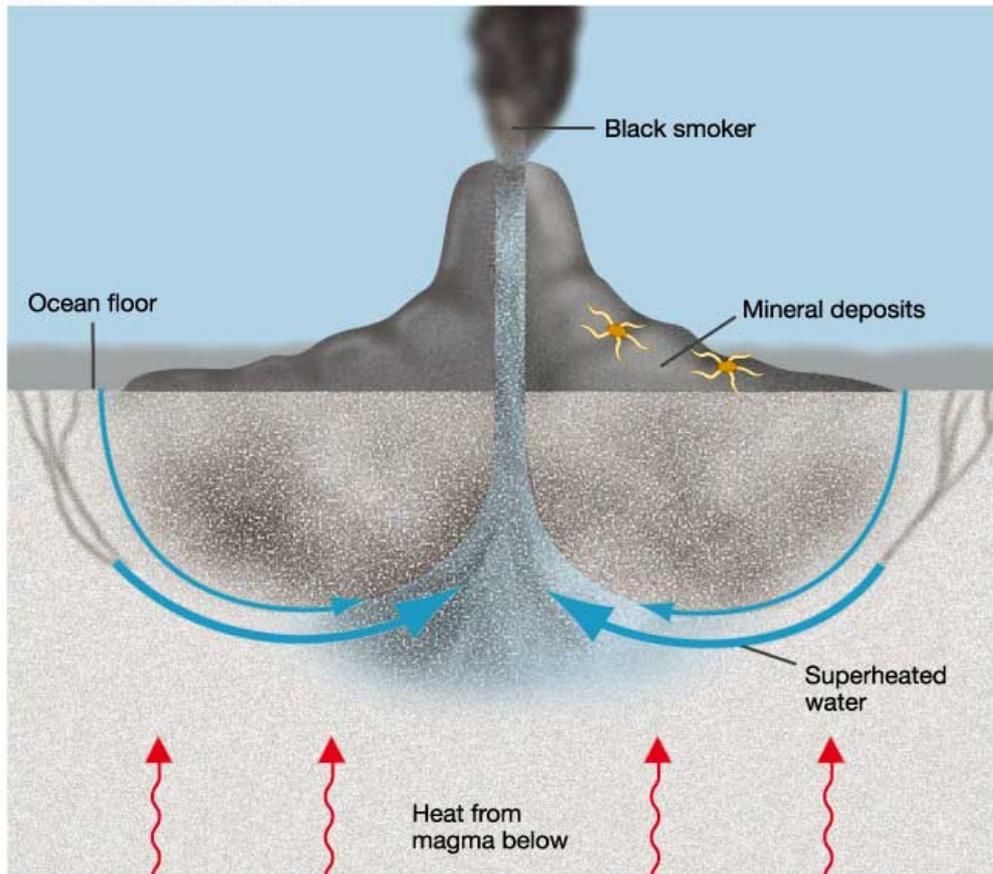
Lagoas ou piscinas temporárias e fumarolas terrestres (gêiseres) – alimentados pela chuva encontrados em torno dos vulcões ativos
Fumarola negras – fundo oceano

FUMAROLAS NEGRAS

Fontes hidrotermais submarinas, próximas de regiões onde ocorre atividade vulcânica resultante do afastamento das placas tectônicas oceânicas

Após penetrar por numerosas fendas no fundo oceânico que se formam como resultado do afastamento das placas, a água entra em contato com regiões mais profundas e próximas ao magma, e então é muito aquecida, até próximo de 1000 °C.

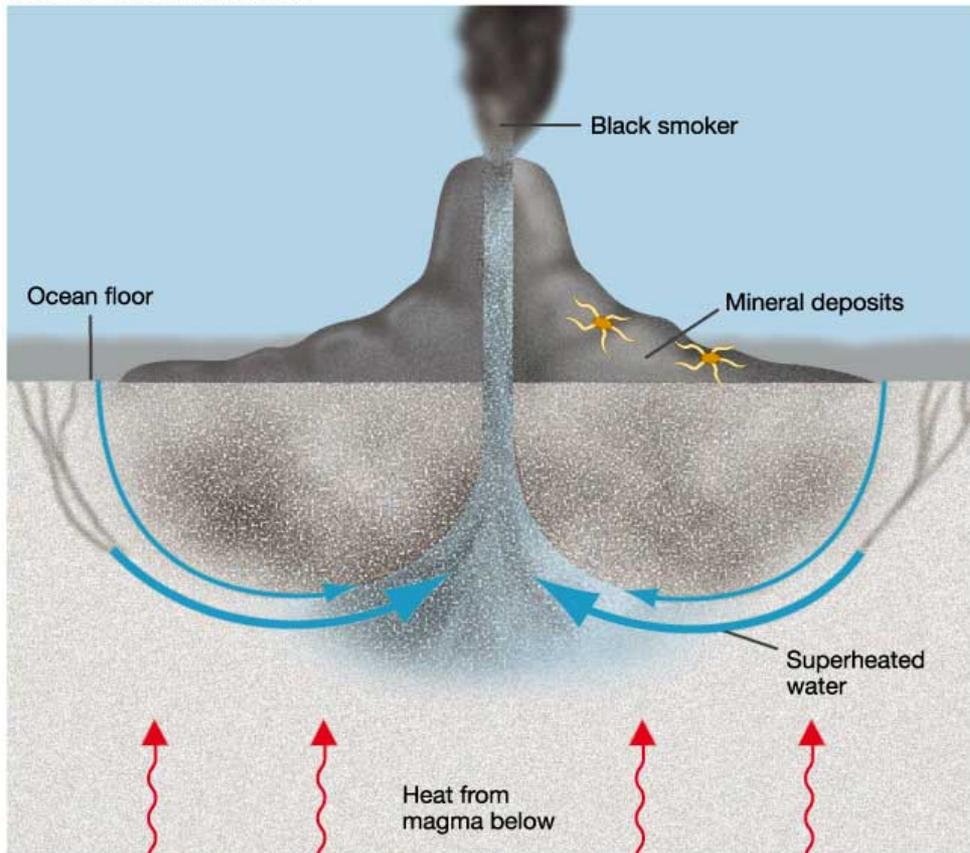
Formation of black smokers



Com o aquecimento, a pressão aumenta bastante, e a água acaba escapando de volta para o solo oceânico, com menor temperatura ($\sim 350^\circ\text{C}$) e trazendo compostos químicos, sobretudo o **sulfeto de hidrogênio** (H_2S), criando nas redondezas, um ambiente quente, ácido e rico em minerais.

Nesses ambientes vivem vários invertebrados de grande tamanho, sustentados por **arqueas quimiossintéticas**, que acoplam reações de oxidação do H_2S às reações de fixação do CO_2 .

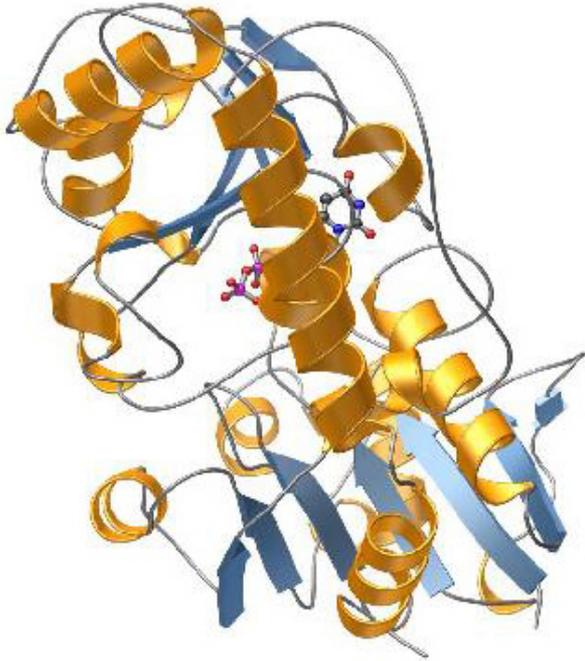
Formation of black smokers



Oparin/Haldane: primeiros organismos seriam anaeróbicos-heterótrofos

Novas teorias indicam que estes poderiam ser **quimioautótrofos**, tendo seu metabolismo baseado na formação de pirita

ferridoxina

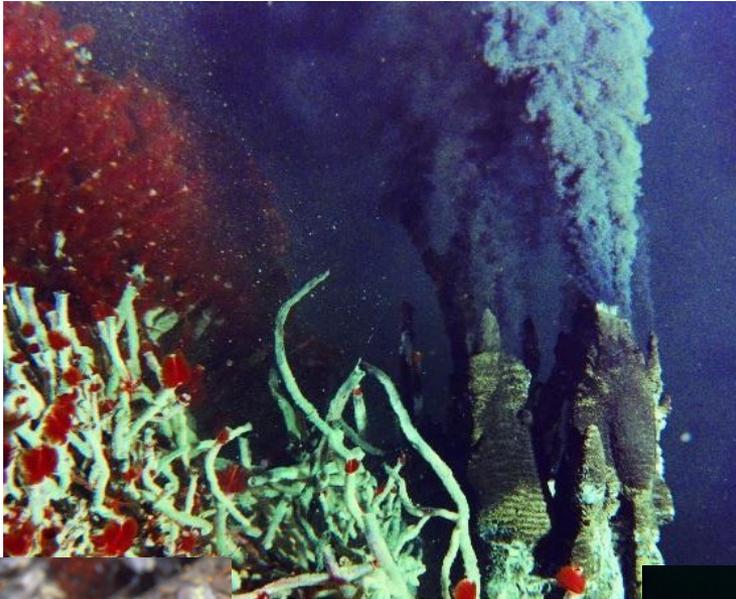


nanóbios



Estudos de filogenia molecular tem alcance limitado no estudo da origem da vida e a concepção do primeiro ser vivo (pois o critério de transferência genotípica destas formas pode ter sido bastante distinto)

Fossa de Galápagos (1977) – atividade hidrotermal, independente dos fatores fotossintéticos – [base da teoria quimiossintética](#) – origem autotrófica da vida – processos bioquímicos seriam estruturados sobre superfícies de pirita (FeS_2), um mineral também abundante desse tipo de ambiente



Article | Published: 02 March 2017

Evidence for early life in Earth's oldest hydrothermal vent precipitates

Matthew S. Dodd, Dominic Papineau , Tor Grenne, John F. Slack, Martin Rittner, Franco Pirajno, Jonathan O'Neil & Crispin T. S. Little

Nature **543**, 60–64 (2017) | Cite this article

5528 Accesses | 192 Citations | 3745 Altmetric | Metrics

Abstract

Although it is not known when or where life on Earth began, some of the earliest habitable environments may have been submarine-hydrothermal vents. Here we describe putative fossilized microorganisms that are at least 3,770 million and possibly 4,280 million years old in ferruginous sedimentary rocks, interpreted as seafloor-hydrothermal vent-related precipitates, from the Nuvvuagittuq belt in Quebec, Canada. These structures occur as micrometre-scale haematite tubes and filaments with morphologies and mineral assemblages similar to those of filamentous microorganisms from modern hydrothermal vent precipitates and analogous microfossils in younger rocks. The Nuvvuagittuq rocks contain isotopically light carbon in carbonate and carbonaceous material, which occurs as graphitic inclusions in diagenetic carbonate rosettes, apatite blades intergrown among carbonate rosettes and magnetite–haematite granules, and is associated with carbonate in direct contact with the putative microfossils. Collectively, these observations are consistent with an oxidized biomass and provide evidence for biological activity in submarine-hydrothermal environments more than 3,770 million years

Haematite tubes and filaments

Modern hydrothermal Si-Fe vent deposits host communities of microorganisms, some of which are Fe-oxidizing bacteria that form distinctive tubes and filaments^{21–26}. Epifluorescence imaging of modern vent samples has shown that cylindrical casts composed of iron oxyhydroxide are formed by bacterial cells and are undeniably biogenic²⁵. Hence, morphologically similar tubes and filaments in ancient jaspers may be taken as biosignatures^{25,27–30} that can survive elevated temperatures.

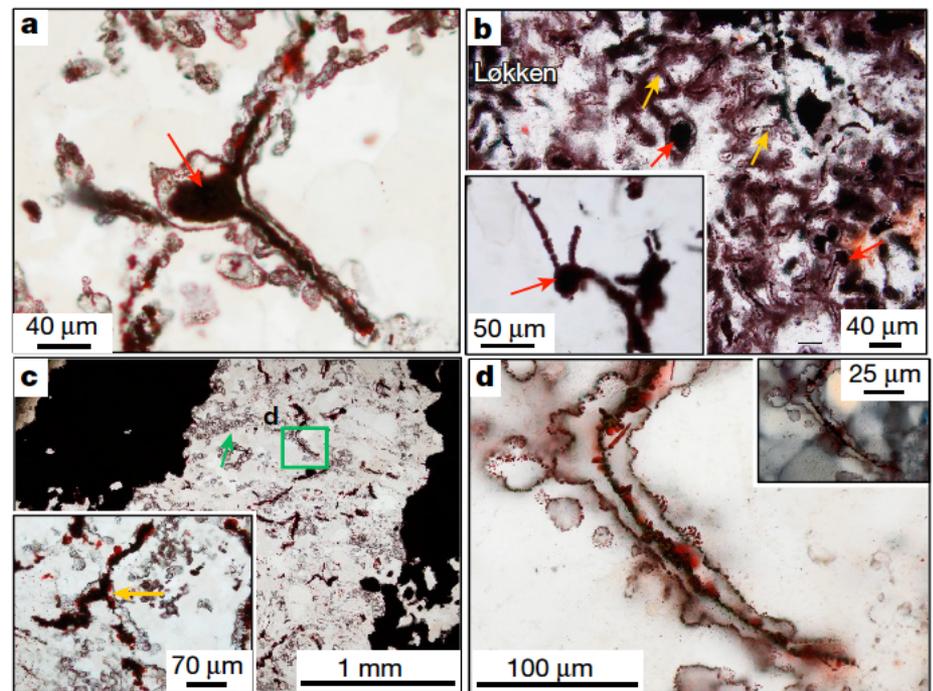
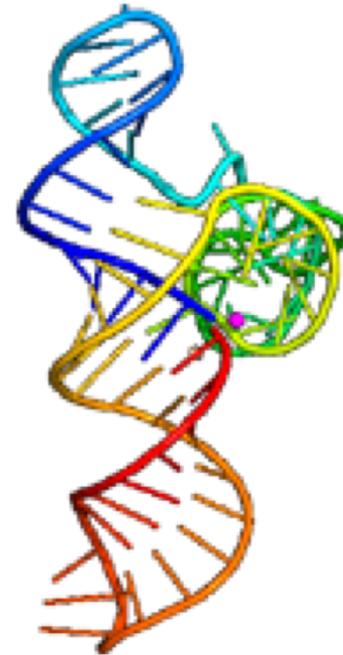
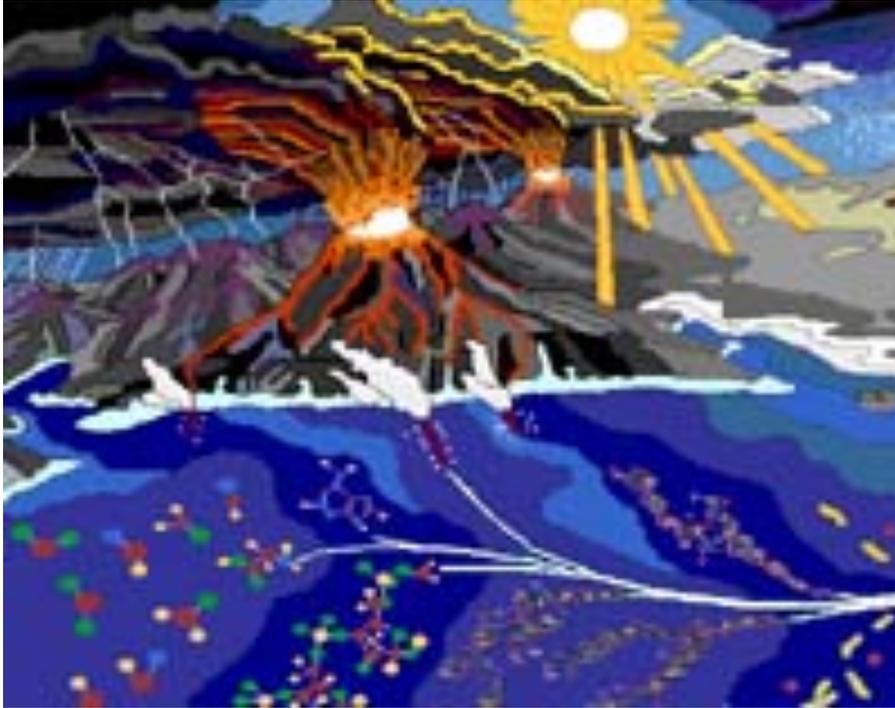


Figure 1 | Transmitted light images of haematite filaments from the NSB and Løkken jaspers. **a**, Filaments from the NSB attached to a terminal knob (arrow) coated with nanoscopic haematite. **b**, Filaments from the Løkken jaspers coated with nanoscopic haematite and attached to terminal knobs (red arrows) and branching (orange arrows). Inset, multiple filaments attached to a terminal knob. **c**, Filaments from the NSB in quartz band with haematite rosettes (green arrow). Inset, branching filament (orange arrow). Green box defines **d**. **d**, Filament from the NSB enveloped in haematite (inset, same image in cross polars).

ORIGEM DA VIDA

“**MUNDO DE RNA**” – surgido à partir da sopa pré-biótica de nucleotídeos
RNA possui capacidade catalítica (canaliza sua própria replicação)



A teoria dominante de como a vida começou envolve o surgimento de um “auto-replicador”, uma molécula original de vida – um RNA – que pode fazer cópias de outros RNAs, incluindo ele mesmo

Mas o RNA não poderia ter se formado abioticamente na sopa primitiva
Acredita-se em fases pré RNA, crípticas e desconhecidas (*prions*)

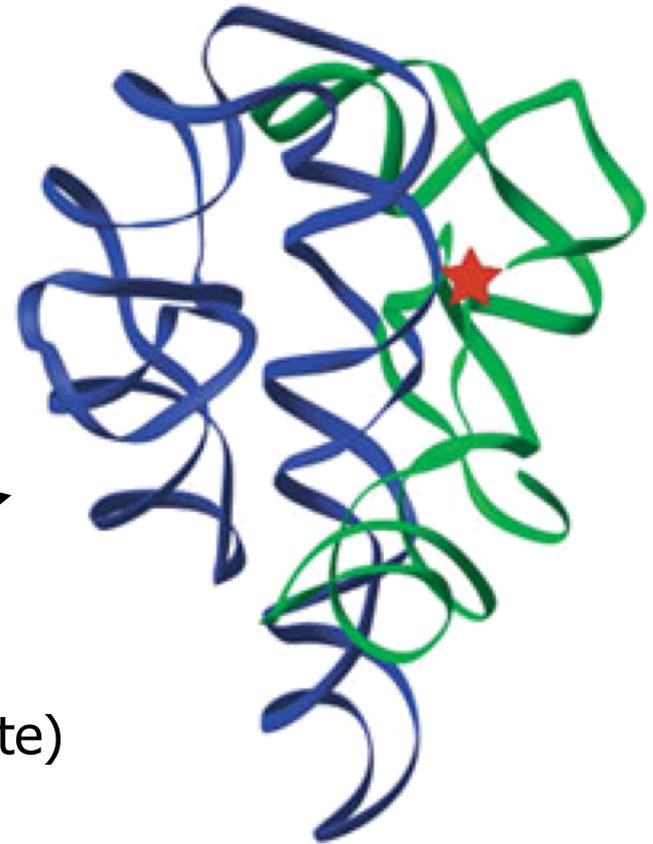
Como polímeros se combinaram para formar sistemas **replicantes**?

Prions: compostos de proteínas com capacidade de modificar outras proteínas, tornando-as cópias das proteínas que o compõem (doença da “vaca louca”)

Encefalopatia Espongiforme Bovina (BSE)



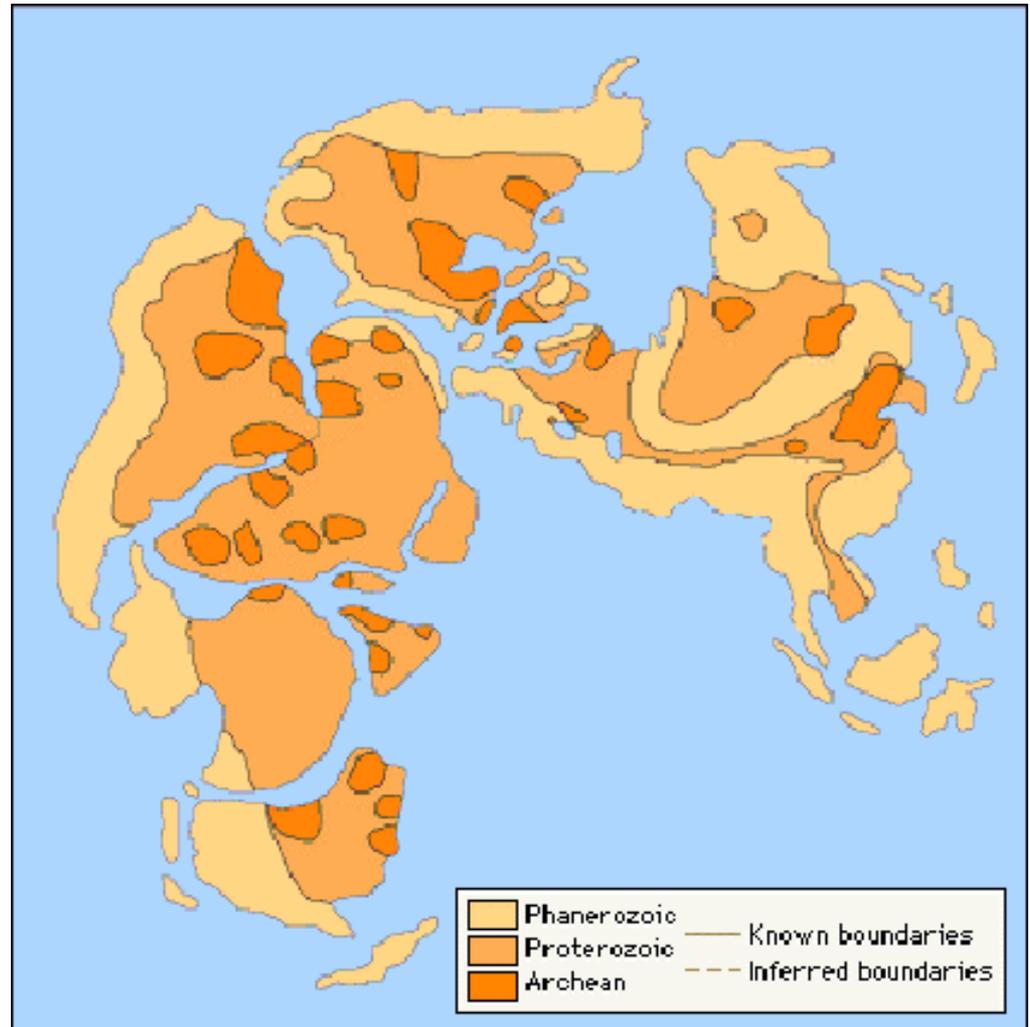
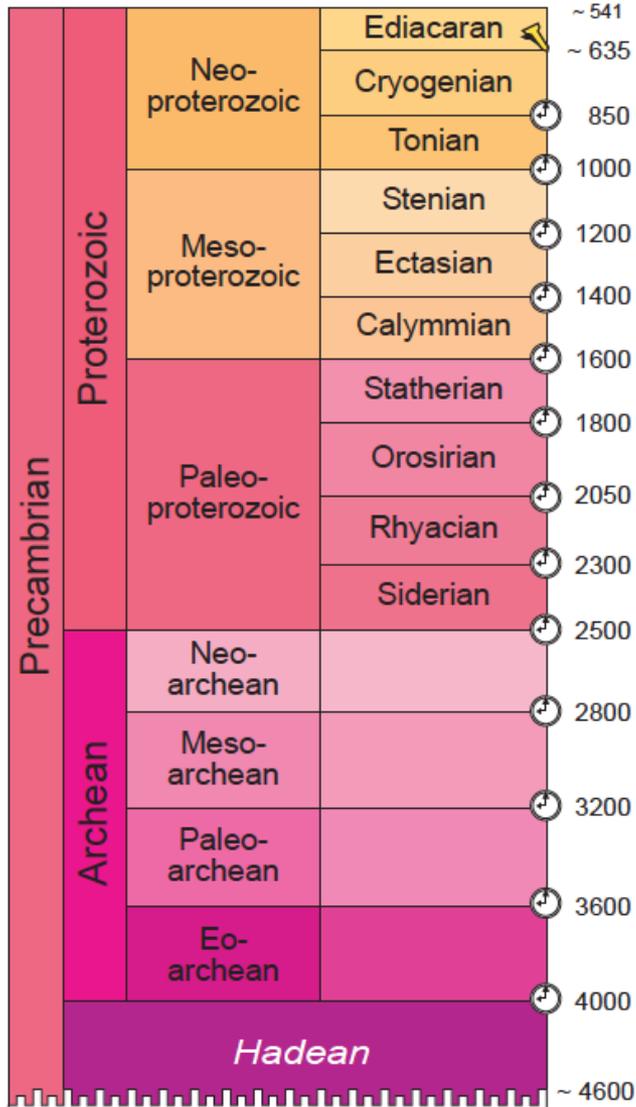
RNA sintetiza ribozimas (moléculas que podem agir como enzima catalítica e duplicar-se, mesmo sem que outra proteína esteja presente) capacidade inexistente no DNA.



A provável passagem de informação genética do RNA para o DNA deve ter ocorrido posteriormente, com o aparecimento das transcriptases reversas, encontradas até hoje nos retrovírus e também em células eucarióticas

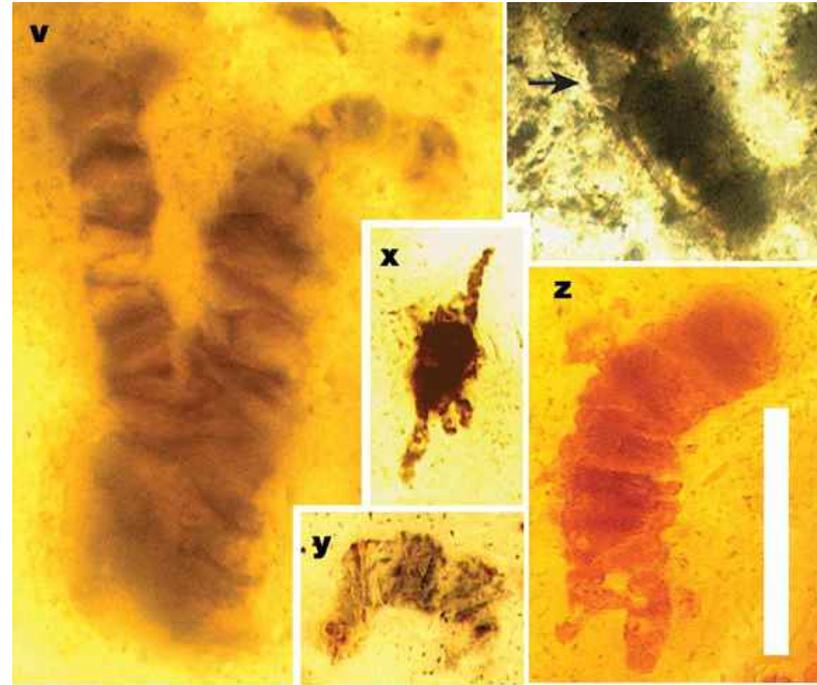
Os Seres Vivos do Arqueano (3,8-2,5 Ba)

Naturalmente raros devido a escassez de rochas tão antigas

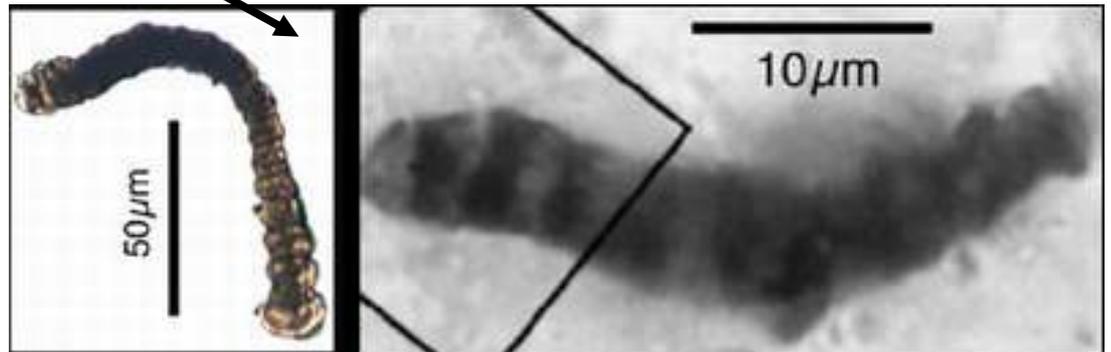


EVIDÊNCIA MAIS ANTIGA DE VIDA

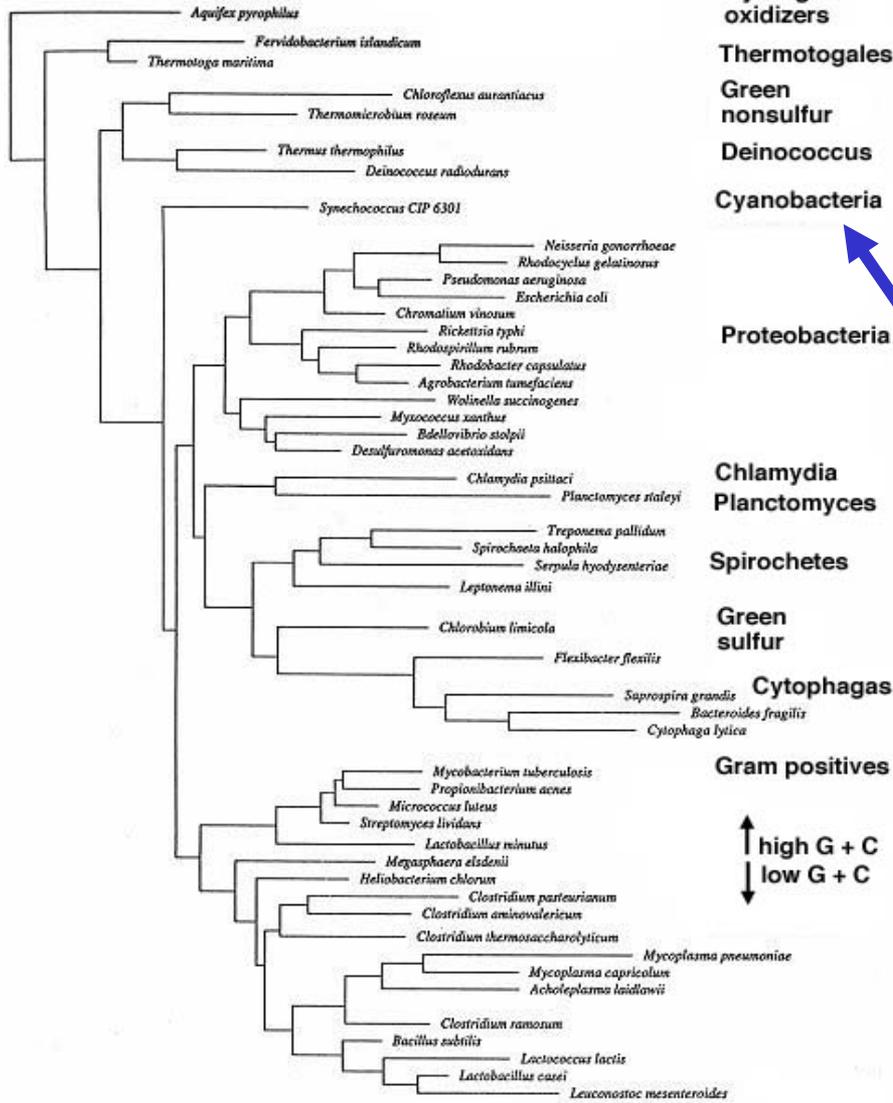
3,4 Ba: Esferas, filamentos e microsferas que se assemelham com **cianobactérias cocóides e bactérias**



Apex Chert, Grupo Warrawoona (Western Australia)



Cianobactérias: grupo derivado de Bacteria



Hydrogen oxidizers

Thermotogales

Green nonsulfur

Deinococcus

Cyanobacteria

Proteobacteria

Chlamydia

Planctomyces

Spirochetes

Green sulfur

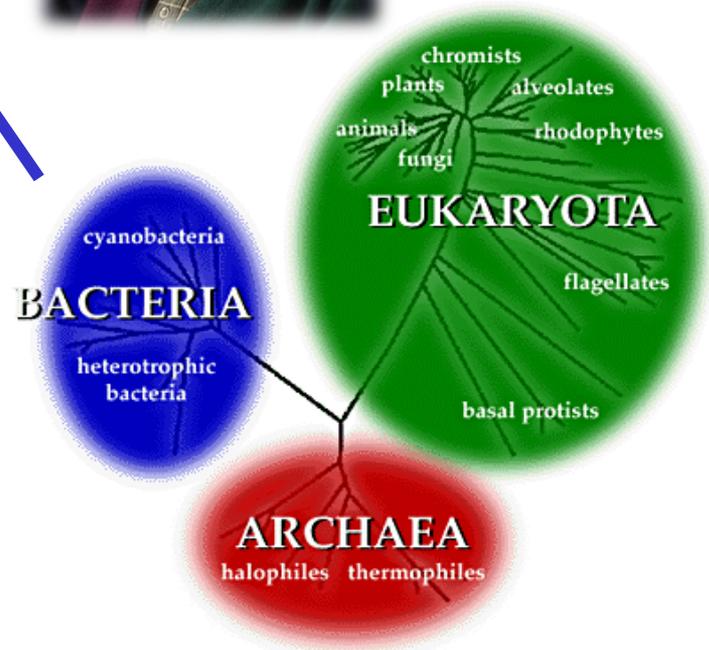
Cytophagas

Gram positives

↑ high G + C
↓ low G + C



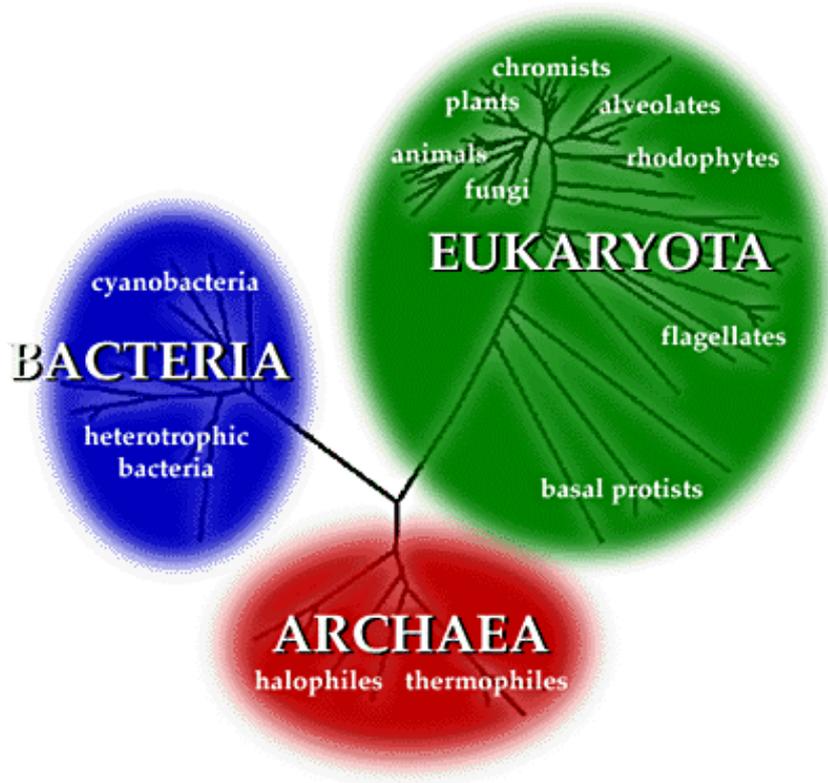
Carl Woese
1928-2012



Archaea (Arqueno inf.-recente)

São semelhantes as bactérias em muitos aspectos da estrutura celular – ausência de um núcleo celular diferenciado - **mas apresentam diferenças importantes como, processos de transcrição do DNA e da síntese protéica são idênticos aos dos eucariotas**

Podem ser identificadas pelos compostos que somente estes produzem (isopreno) que foram identificados desde 3.8 Ba

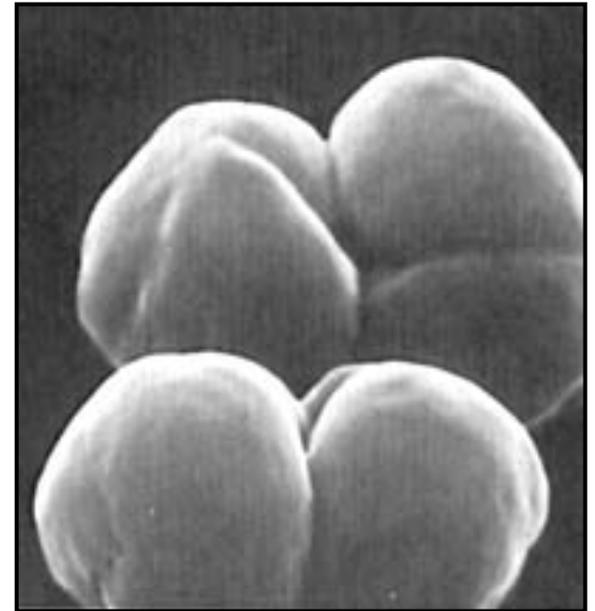
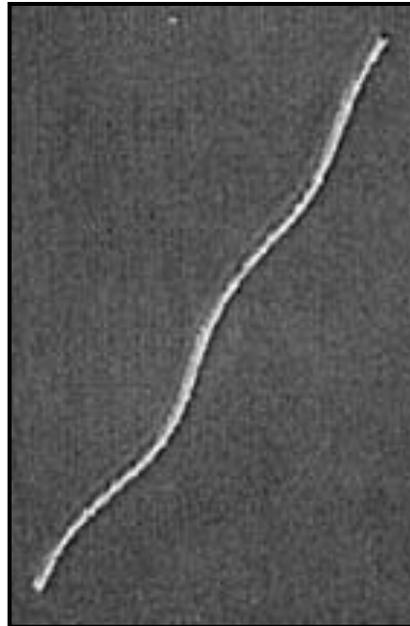
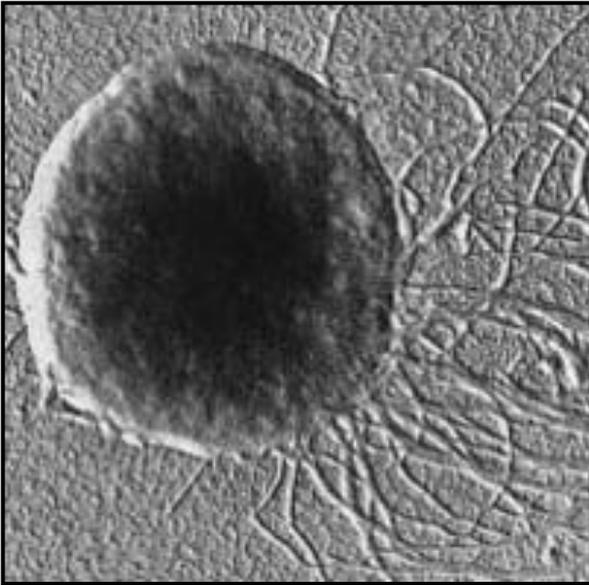


Isuasphaera (traços de lípidos)
Grupo Isua (Groelândia) - 3,8-3,7 Ba

Archaea (Arqueno inf.-recente)

Nenhum fóssil corpóreo conhecido

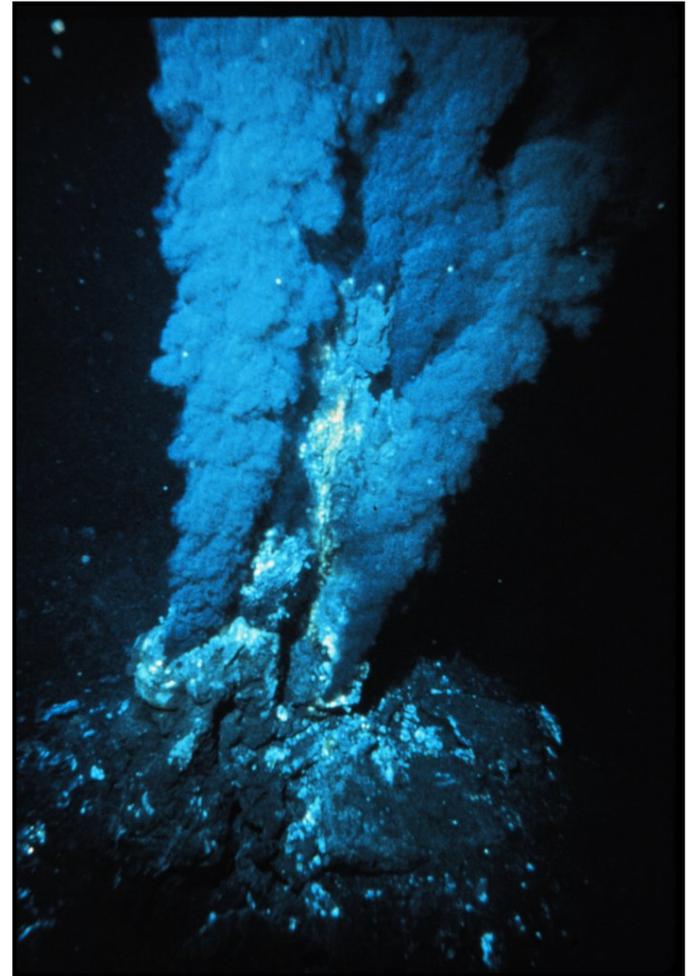
(pequenos e indistinguíveis morfolologicamente das bactérias)



Archaea (Arqueno inf.?-recente)

Habitam ambientes extremos do planeta

- fendas oceânicas (T° acima de 100°C)
- águas quentes, ácidas ou alcalinas,
- trato digestivo de animais
- fumarolas oceânicas
- poças anóxicas de lama,
- poços de petróleo muito profundos
- águas extremamente salinas



Termófilos: podem ter dominado a Terra Hadeana e Arqueana

A new view of the tree of life

Laura A. Hug, Brett J. Baker, Karthik Anantharaman, Christopher T. Brown, Alexander J. Probst, Cindy J. Castelle, Cristina N. Butterfield, Alex W. Hernsdorf, Yuki Amano, Kotaro Ise, Yohey Suzuki, Natasha Dudek, David A. Relman, Kari M. Finstad, Ronald Amundson, Brian C. Thomas & Jillian F. Banfield

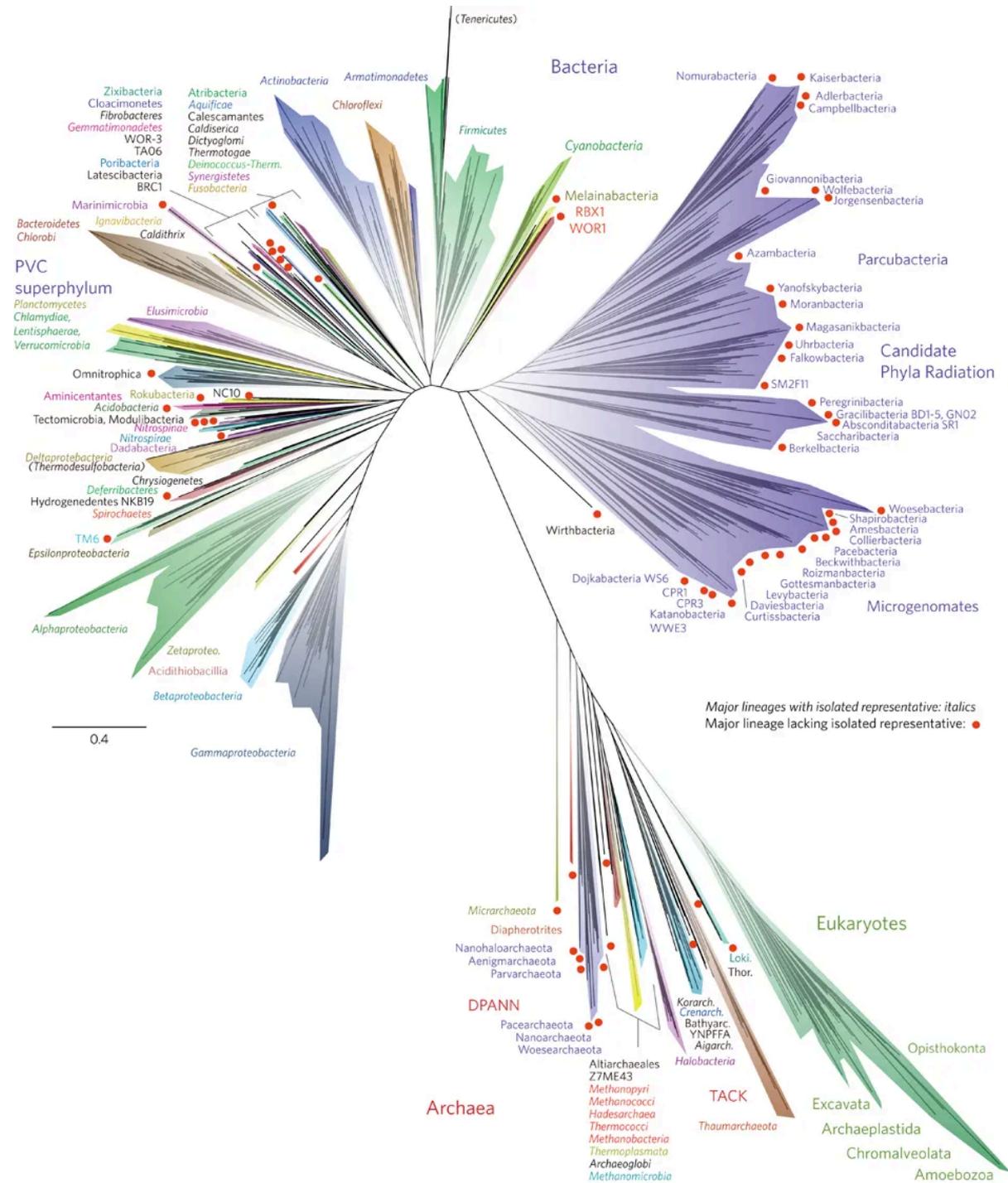
Nature Microbiology 1, Article number: 16048 (2016) | Cite this article

56k Accesses | 538 Citations | 1818 Altmetric | Metrics

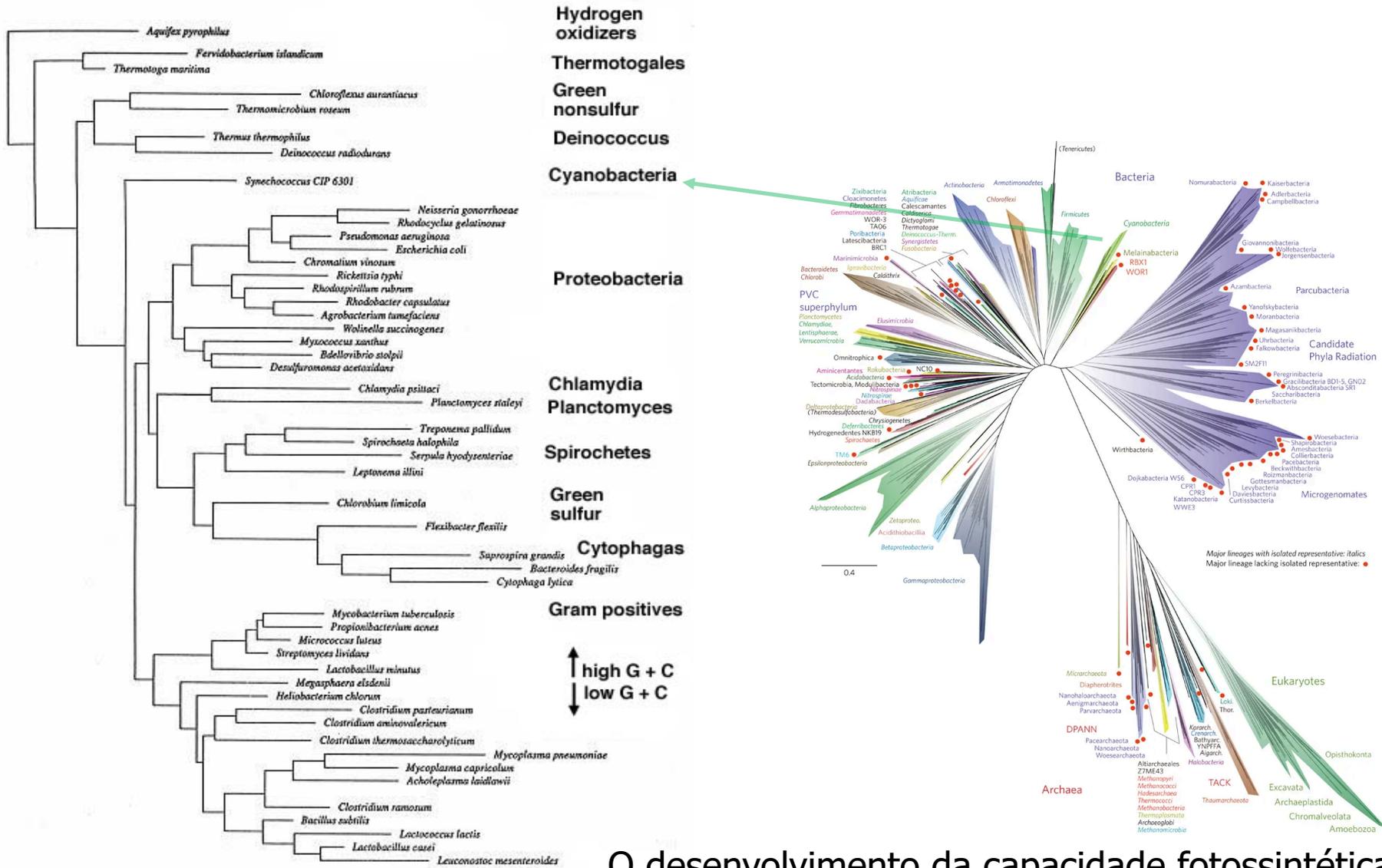
HUG RESEARCH GROUP



Laura A. Hug
University of Waterloo, Canada



Cianobactérias: grupo derivado de Bacteria



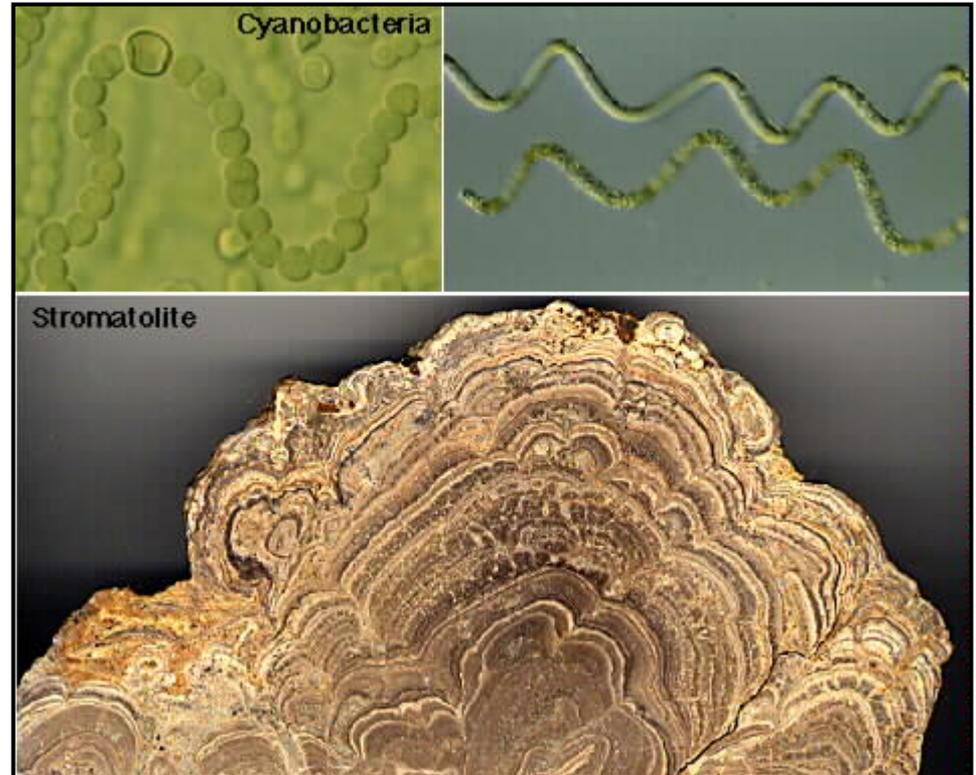
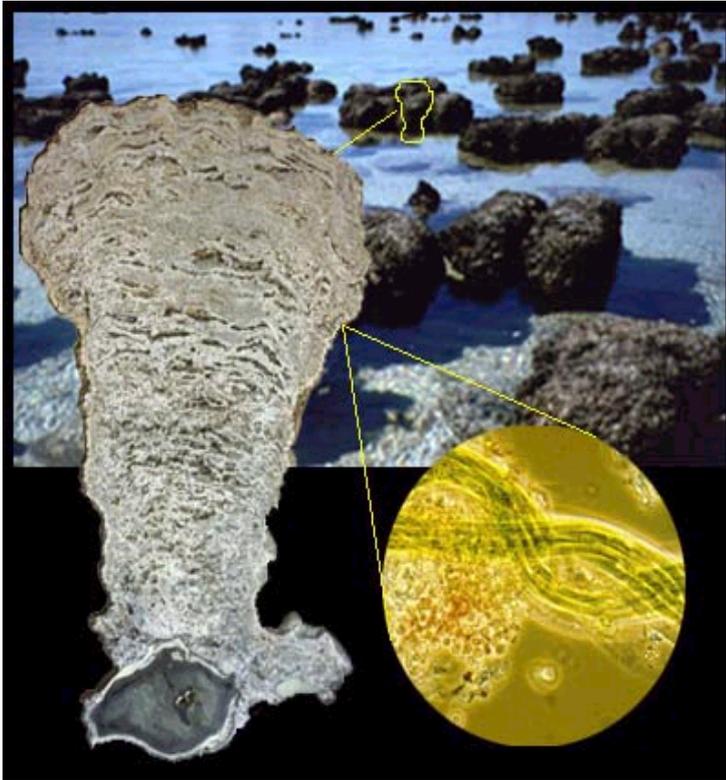
O desenvolvimento da capacidade fotossintética das cianobactérias...

Estromatólitos

Traços de ação microbiana (cianobactérias fotossintetizantes) recifal

Primeira evidência de vida macroscópica!

Primeiros produtores de recifes!



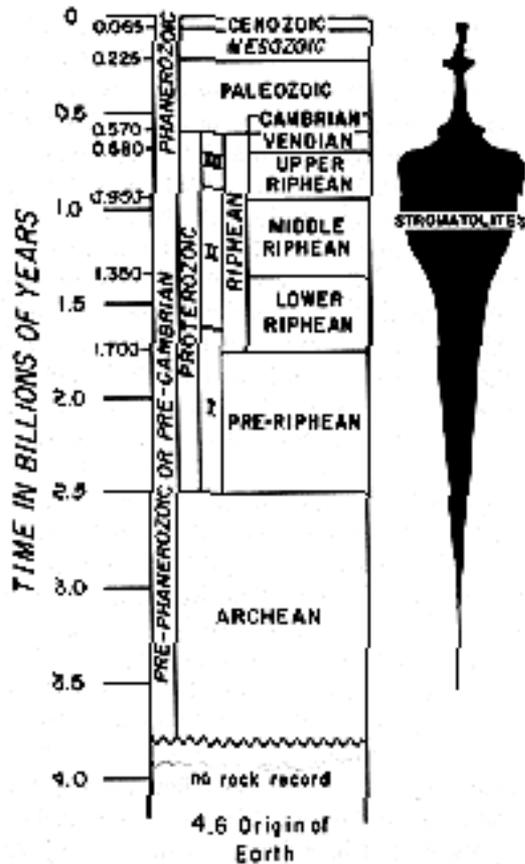
As camadas são de carbonato de cálcio precipitado sobre a matéria em crescimento de bactérias filamentosas

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 do Éon.

Maioria dos registros do Arqueano foram reinterpretados como estruturas não biogênicas



Exceção: Grupo Warrawoona - 3.5 Ba



Estromatólitos

発生様式 バイオハーム (リソハーム) バイオストローム (リソストローム)		外形 丸、円、楕円、卵型 横長 盾状楕 三日月型 破片型 多角形 楯の穂先型
非柱状 		
柱状	分枝なし 	
	分枝あり 分岐型 多分岐 2分岐 側方 樹状 合体 縫合 平行 適度な発散 著しい発散 α β γ	壁: なし 不一致 単層 薄層 多層
姿勢 	変化度 	形 かさぶた状 太短い 細長い
装飾 	層の形 平ら 少し凸 適度に凸 激しく凸 放物線 長方形 平行四辺形	

Se estruturam de acordo com o substrato e as correntes litorâneas



Estromatólitos

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

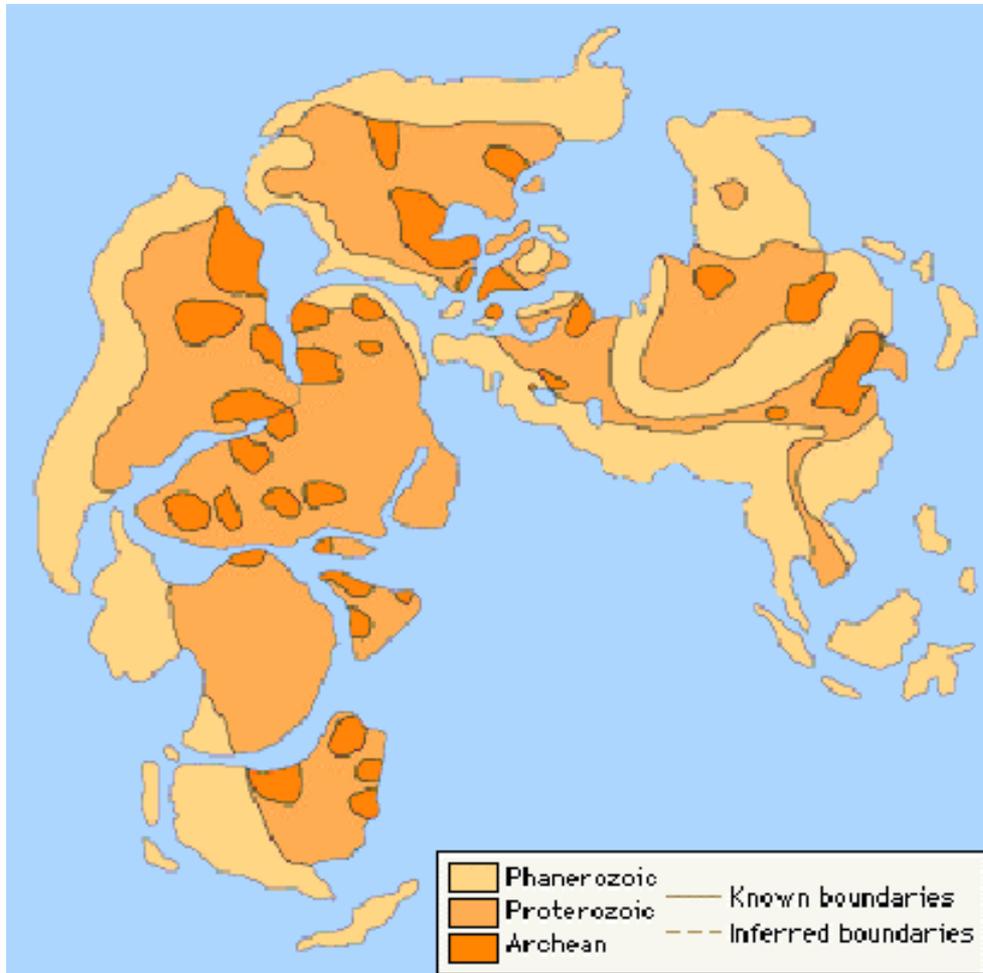


Impressão artística do Arqueno (atmosfera com escasso oxigênio)



"Archean stromatolites"

No final do Arqueano (2,5 Ba)

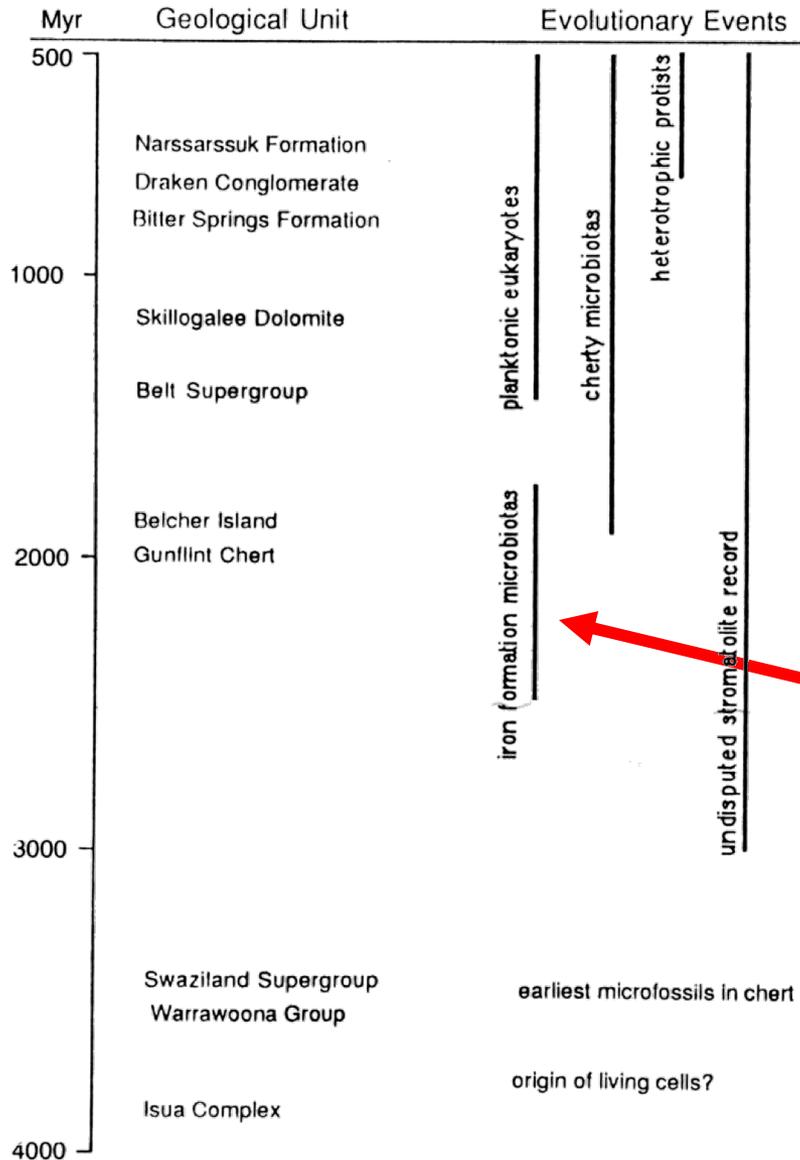


O aumento de oxigênio provocou uma grande crise mundial (talvez ocasionado pelo maior desenvolvimento das cianobacterias).

Os organismos anaeróbicos morreram ou adaptaram-se a novos habitats anóxicos

O oxigênio formado e dissolvido na água combinou-se inicialmente com elementos como o urânio e o ferro, resultando nos grandes depósitos de uraninita e depósitos ferríferos, além das conhecidas **“formações ferríferas bandadas”**.

Éon Proterozóico (2,5 Ba – 542 Ma)



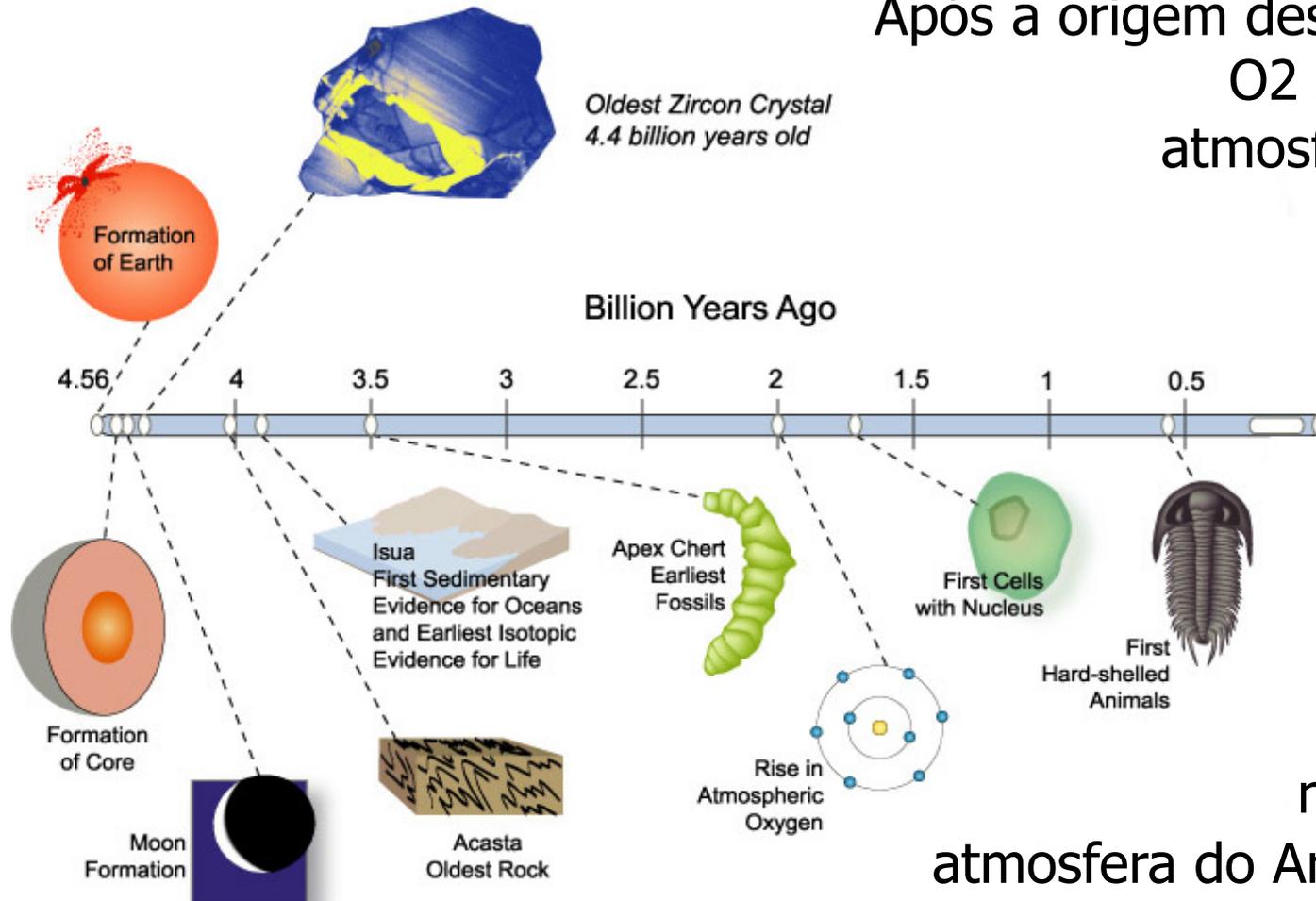
Maior abundância de cianobactérias
leva à liberação de O^2

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 Ba – 542 Ma)

Após a origem destes depósitos,
O₂ se acumula na
atmosfera e oceanos



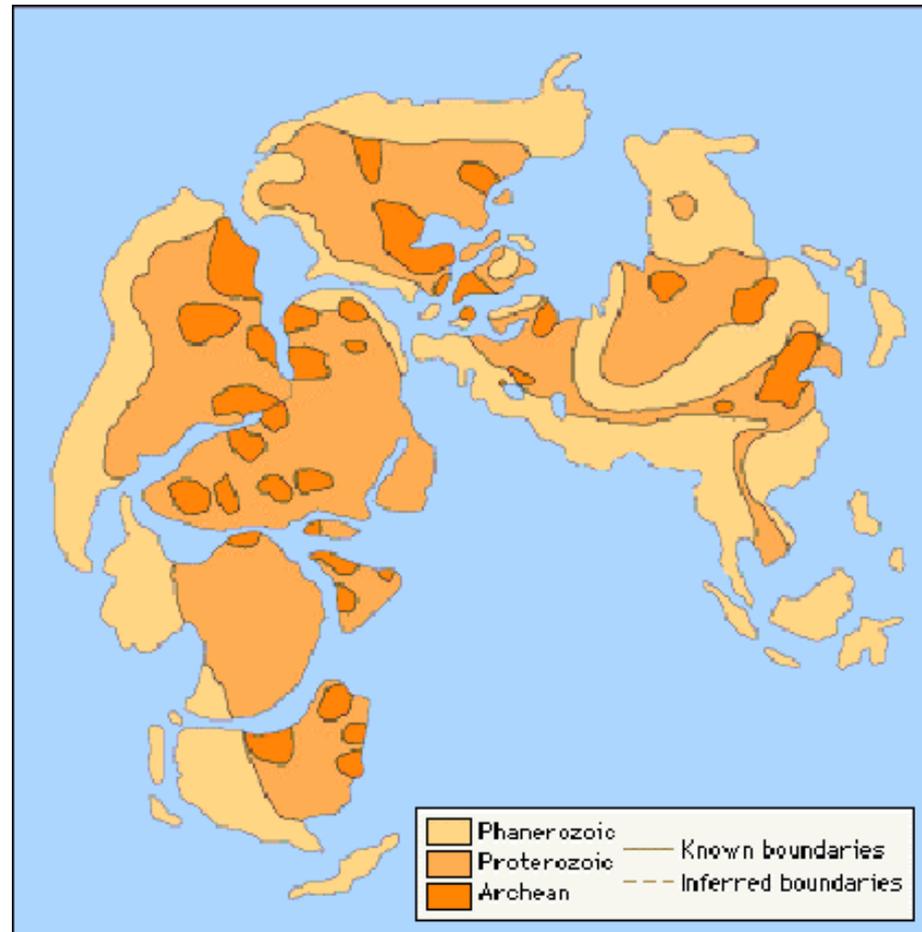
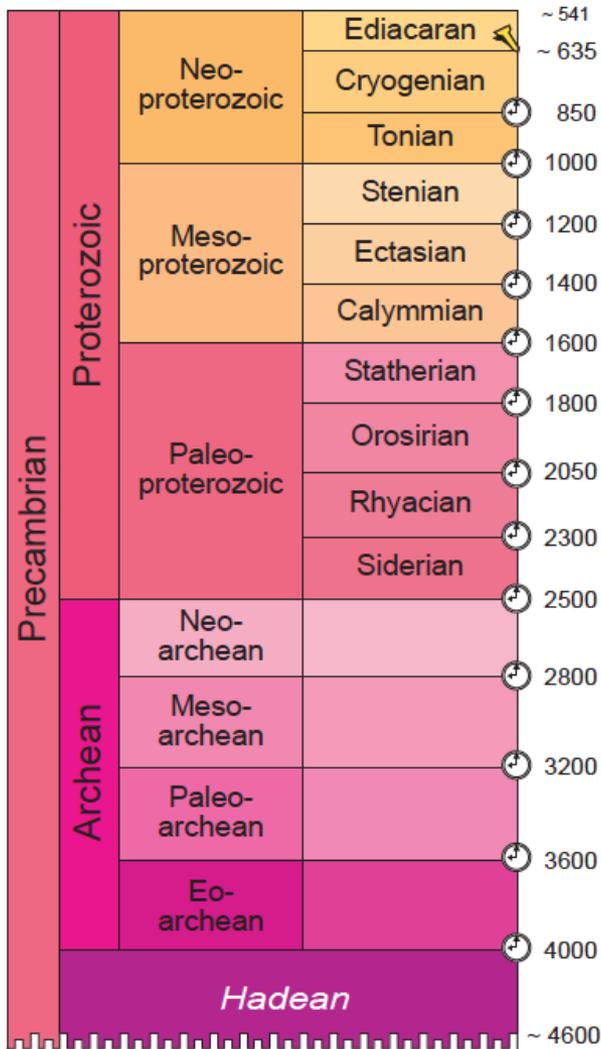
níveis de O₂ na
atmosfera do Arqueano = 1%
níveis de O₂ na
atmosfera do Proterozóico = 15%

Éon Proterozóico (2,5 Ba – 542 Ma)

Porém, a presença de O₂ possibilitou o surgimento dos primeiros seres vivos **AERÓBIOS**
- Camada de ozônio, possibilitou a colonização fora d' água

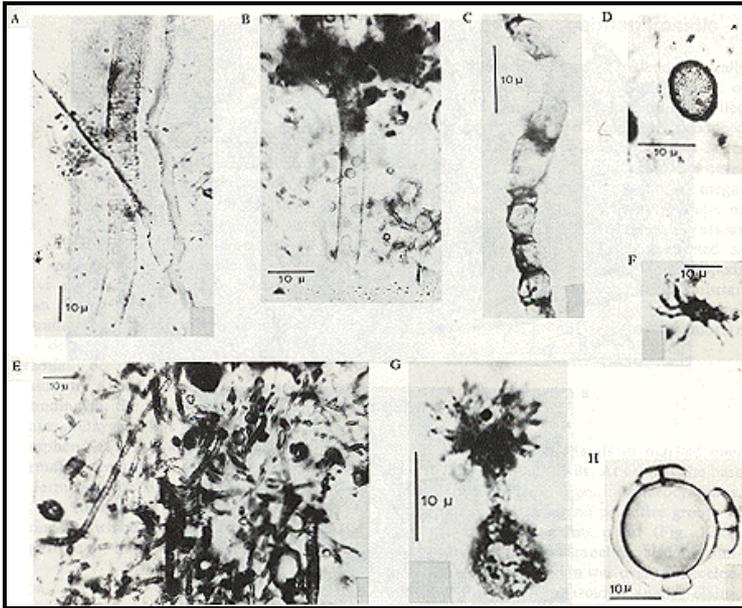
Menor radiação do núcleo resfria a superfície terrestre

Mais crosta solidificada => mais áreas plataformais



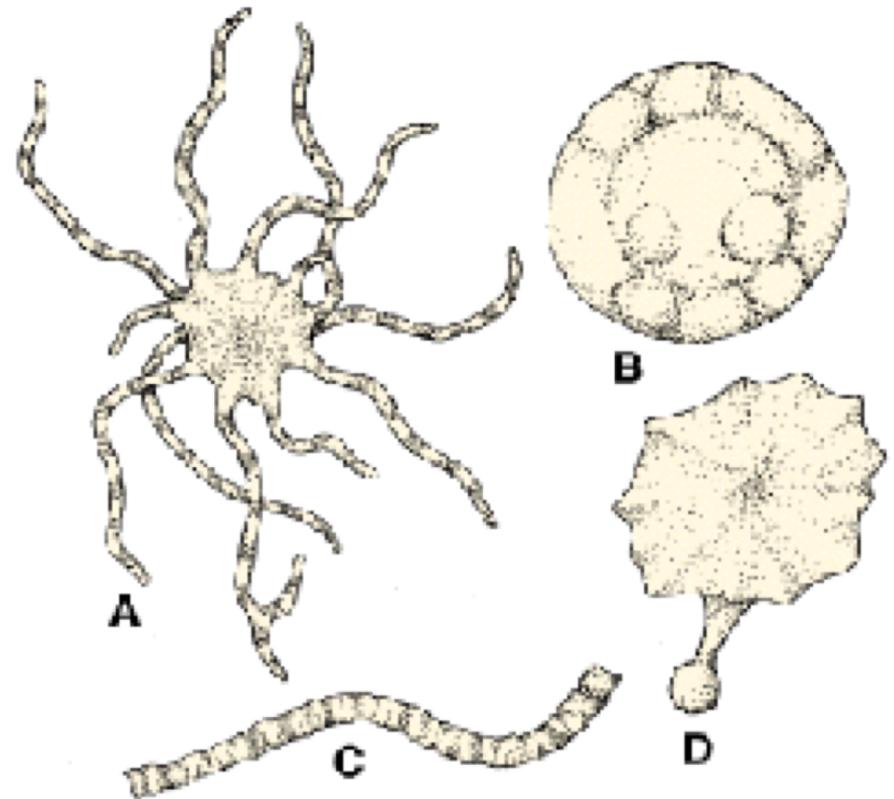
Éon Proterozóico (2,5 Ba – 542 Ma)

Gunflint Chert (2,0 Ba) – Ontário



Primeira comunidade procariótica
mais complexa
(ambiente carbonático raso)

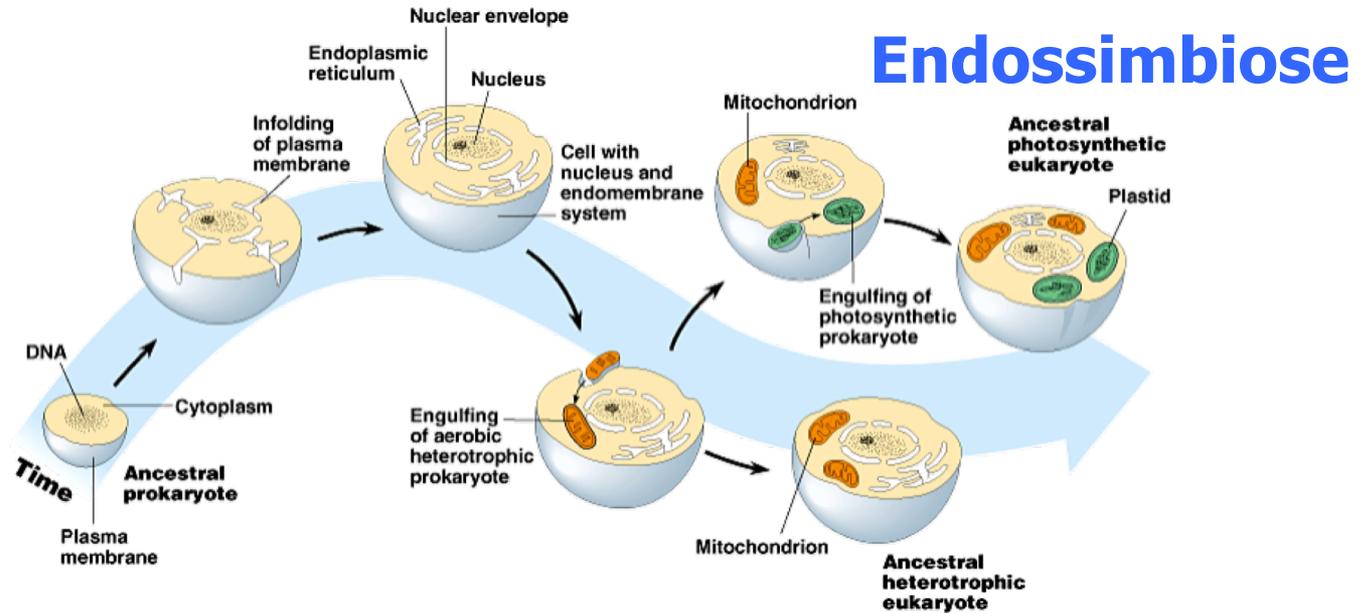
Presença de cianobactérias,
esporos e bactérias
desconhecidas, além de
possíveis algas e fungos



A Terra até então era exclusivamente representada por seres **procaríotos** e em torno de **1,4 Ba** surgem os primeiros **eucariotos**



Konstantin Mereschkowski



A teoria da endossimbiose propõe que algumas organelas, como mitocôndrias e cloroplastos, eram, no início da vida na Terra, procariontes (bactérias) de vida livre, que foram englobados por outros seres unicelulares. A partir dessa união, chamada simbiose, se originaram as células eucarióticas.

Em 2017 fez 50 anos da Teoria da Endossimbiose: a mulher por trás da teoria

Em 1967 um marco na história da Biologia era publicado por uma mulher. Lynn Margulis (na época Lynn Sagan), publicou o artigo “*On the Origin of Mitosing Cells*” na *Journal of Theoretical Biology*

Atualmente, a teoria da endossimbiose é amplamente aceita e reconhecida, mas o primeiro trabalho de Lynn Margulis a defendendo foi rejeitado por **mais de uma dúzia de revistas**. Ainda após a publicação, Margulis precisou de muita argumentação e persistência para defender suas ideias.



LYNN MARGULIS
1938-2011

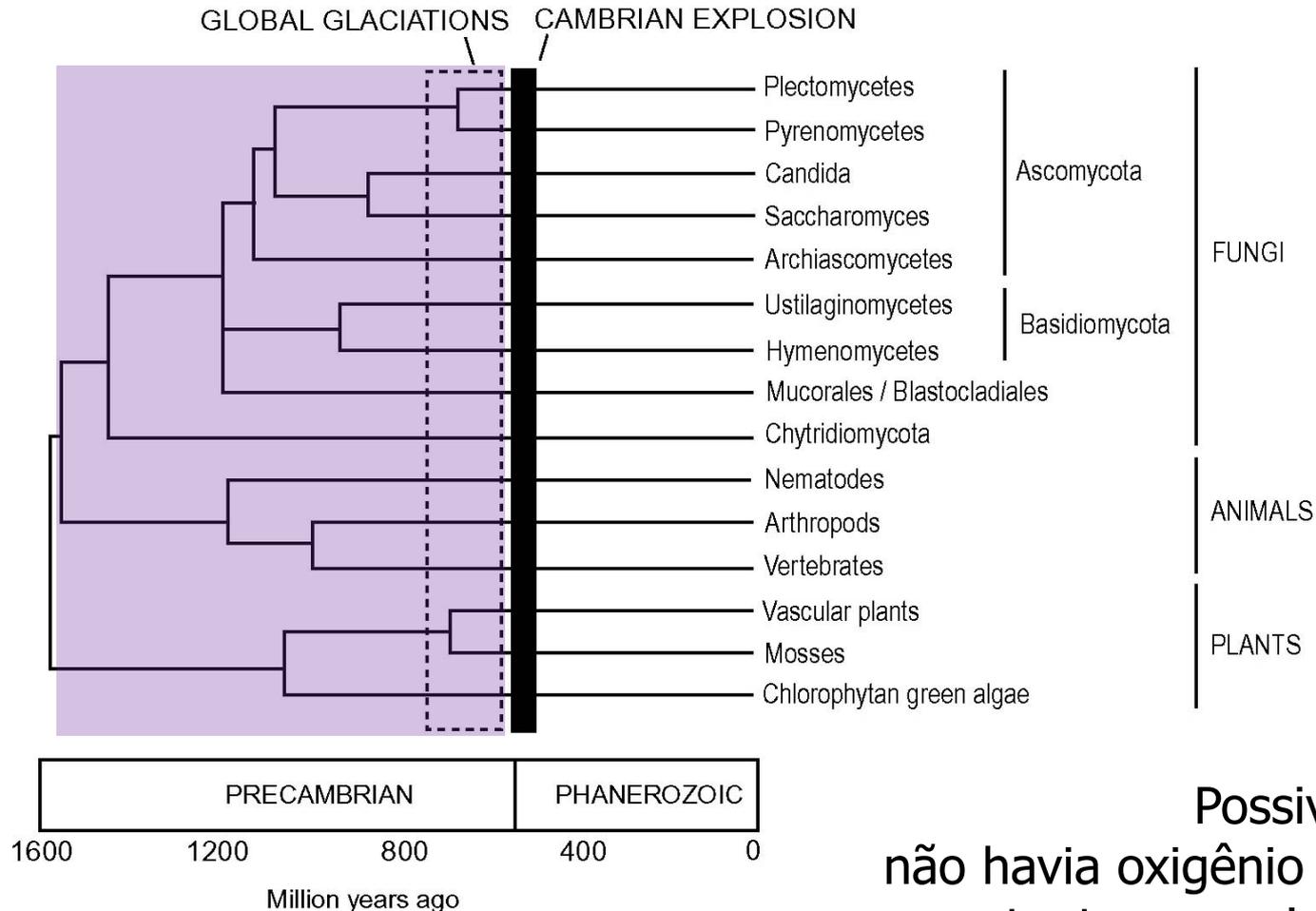
Lynn Margulis dizia que seu amor pela ciência surgiu porque percebia que a ciência não era uma questão sobre sua opinião política ou orientação, mas uma forma de descobrir o mundo diretamente a partir de evidências: “E eu nunca havia visto isso na minha vida. Eu via apenas pessoas dizendo ‘você deve fazer isso porque ele disse, e ele sabe mais do que você.’”

Eucariotas (Proterozóico médio [1,4 Ba] -recente)



Organismos Pluricelulares

Registro de acritarcos (algas pluricelulares) a mais de 1,0 Ba é corroborado por relógio molecular envolvendo algas, fungos e animais



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

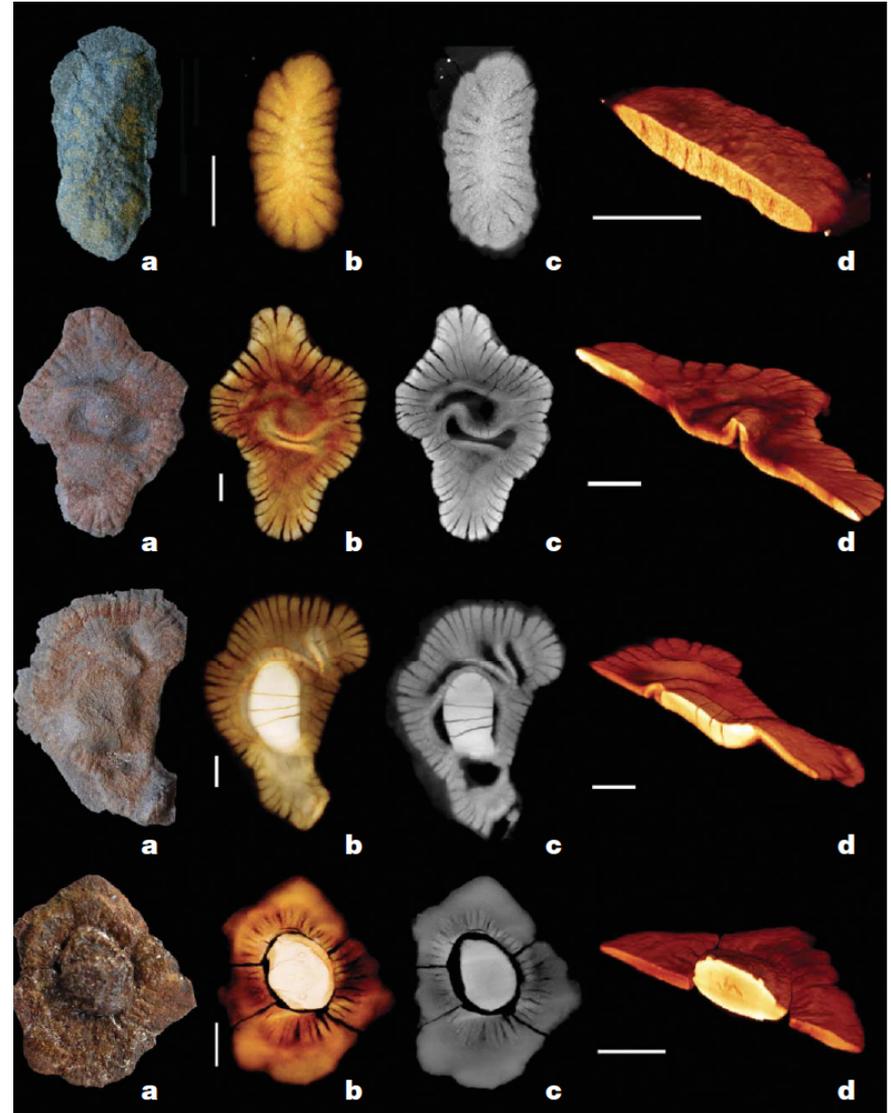
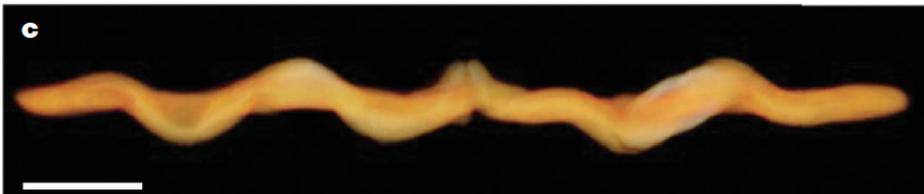
Eucariotas (Proterozóico médio-recente)

Grypania, possível alga de até 2,1 Ba - EUA



Eucariotas (Proterozóico médio-recente)

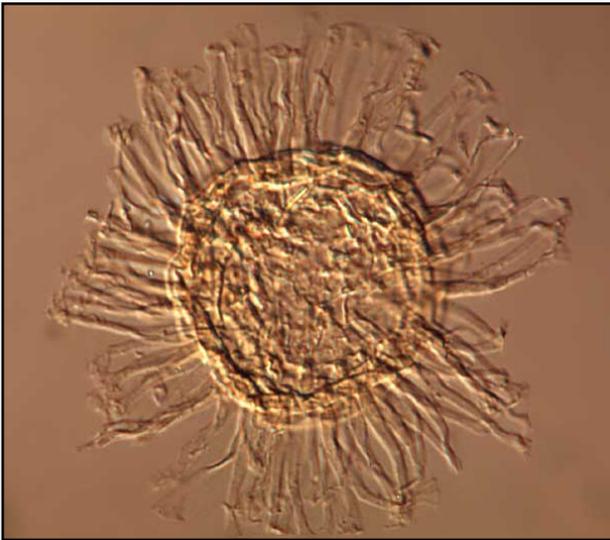
Colônia de macroorganismos? piritizados de até 2,1 Ba – Gabão (África)
Estruturas biogênicas coloniais de eucariotos



Eucariotas (Proterozóico médio-recente)

Acritarcas

Evidências mais antigas: Beck Springs Dolomite (SE California) - 1.4 Ba
Registros confiáveis: Algas verdes, Bitter Springs Fm. (1.0 Ba), Austrália



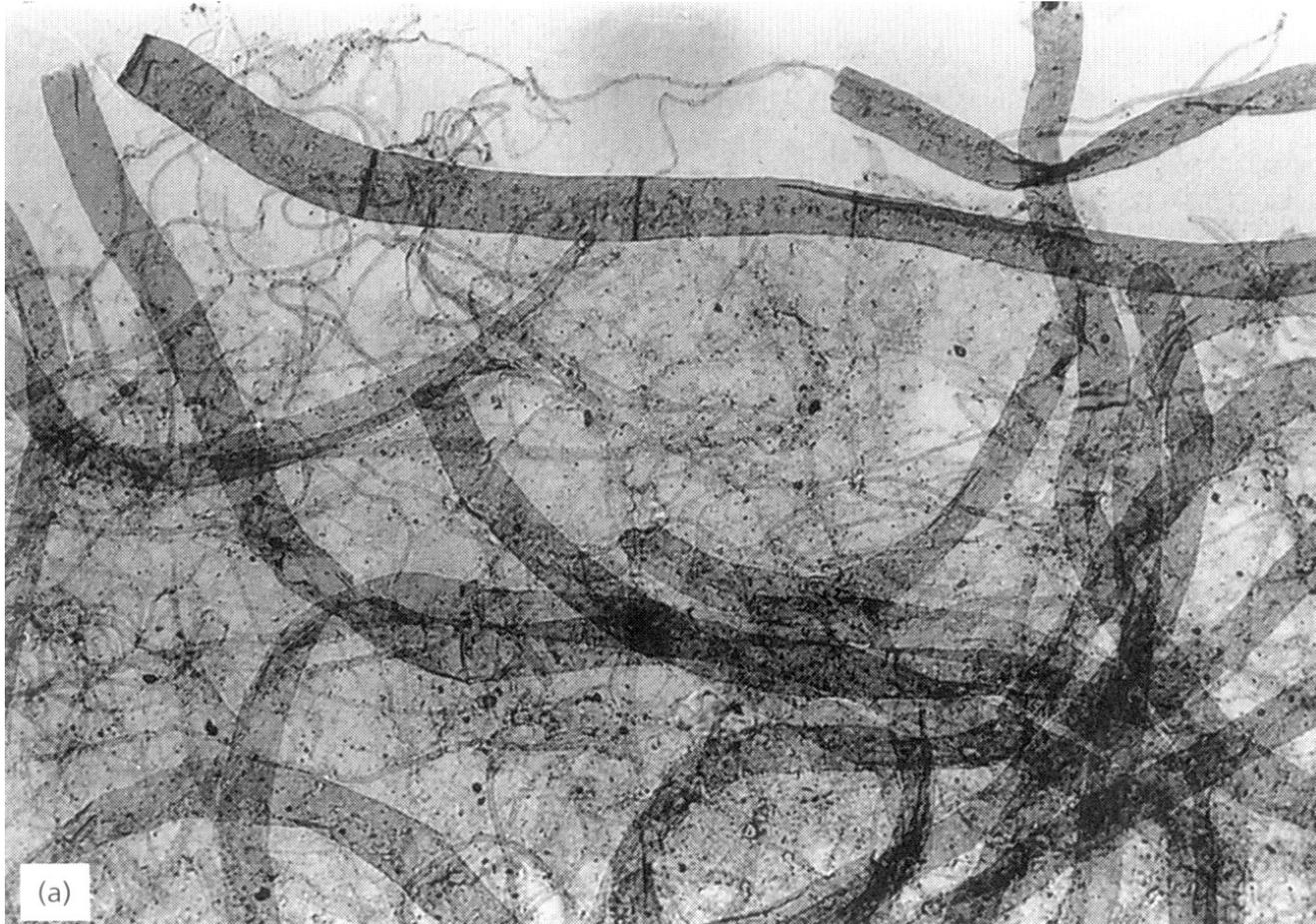
Acritarcos, 1.4 Ba (Montana) e 800 Ma (Svalbard)

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

1 Ba - 800 Ma (Grupo Little Dal, Canadá)

Filmes orgânicos de forma foliada (possíveis algas pluricelulares)

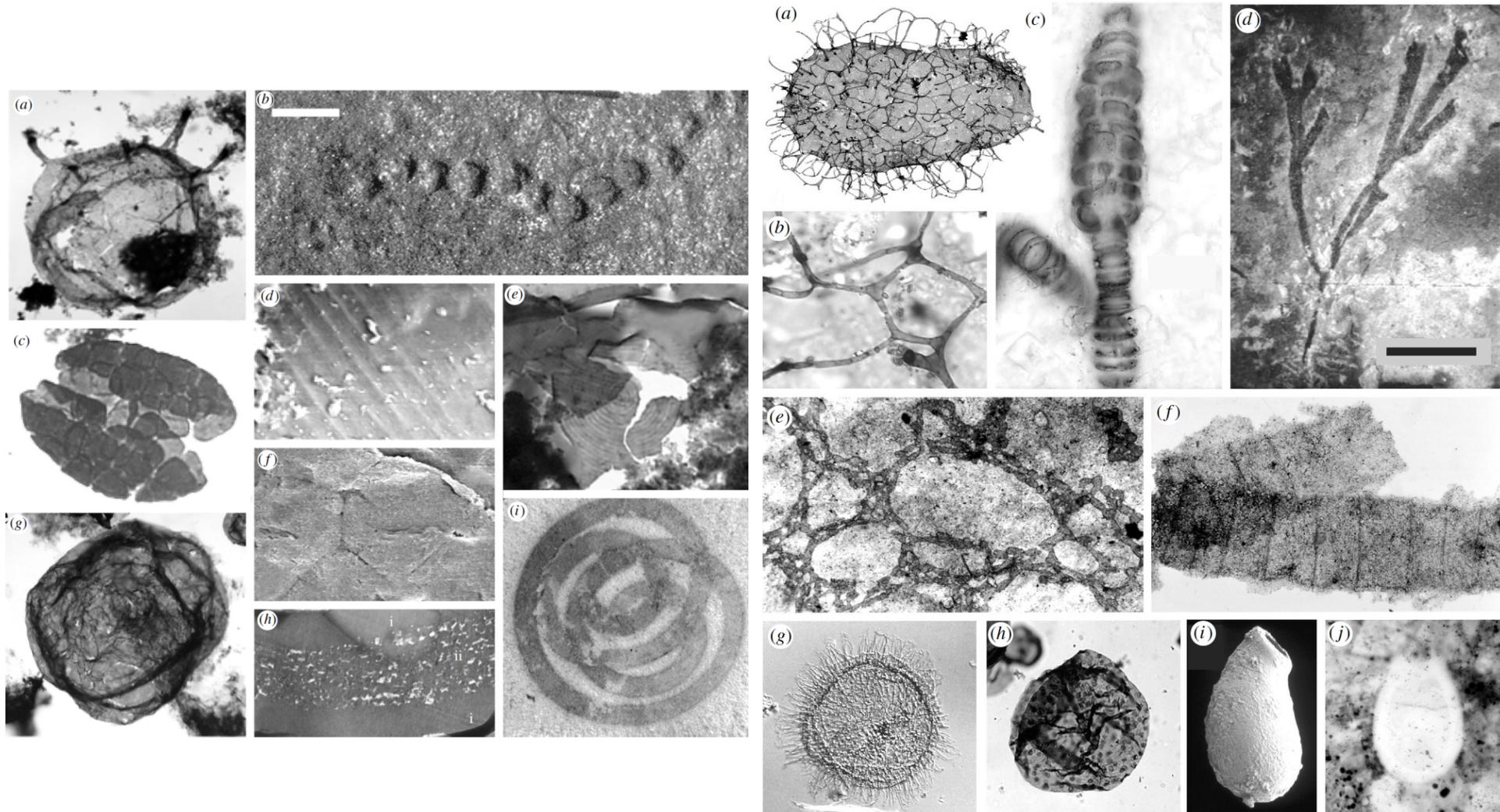
Vendotaenidae - algas multicelulares comuns no Edicarano



**Algas xantófitas (verdes-amareladas): Formação Lakhanda (Canadá)
- 1 Ba**

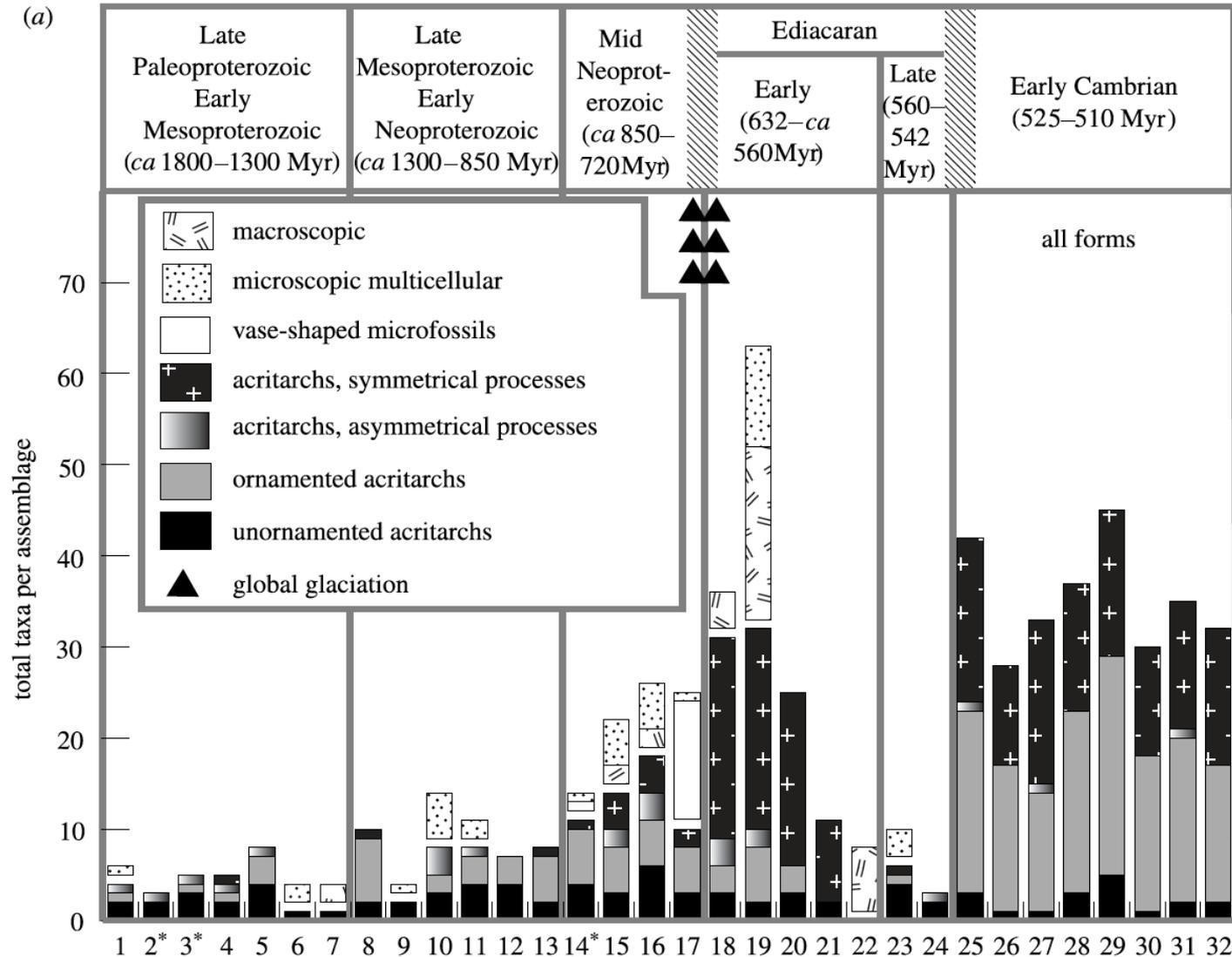
Eucariotas (Proterozóico médio-recente)

Diversidade de fósseis de eucariotas entre o Proterozóico médio e superior – China, Austrália, EUA, Canadá, Rússia e Esvalbarda



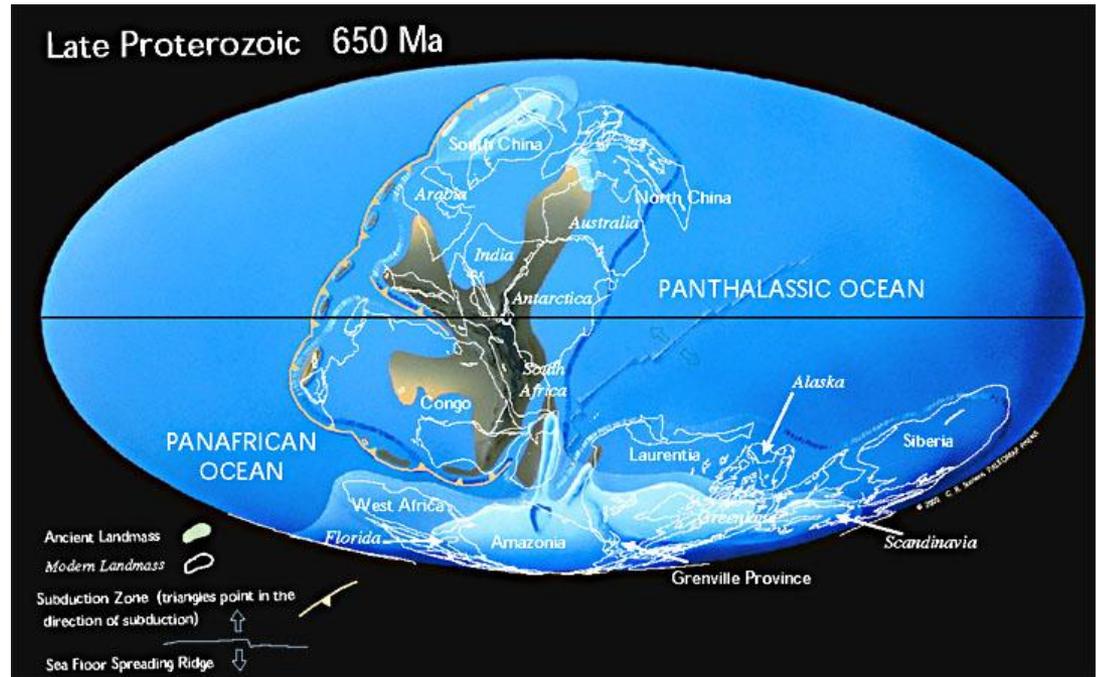
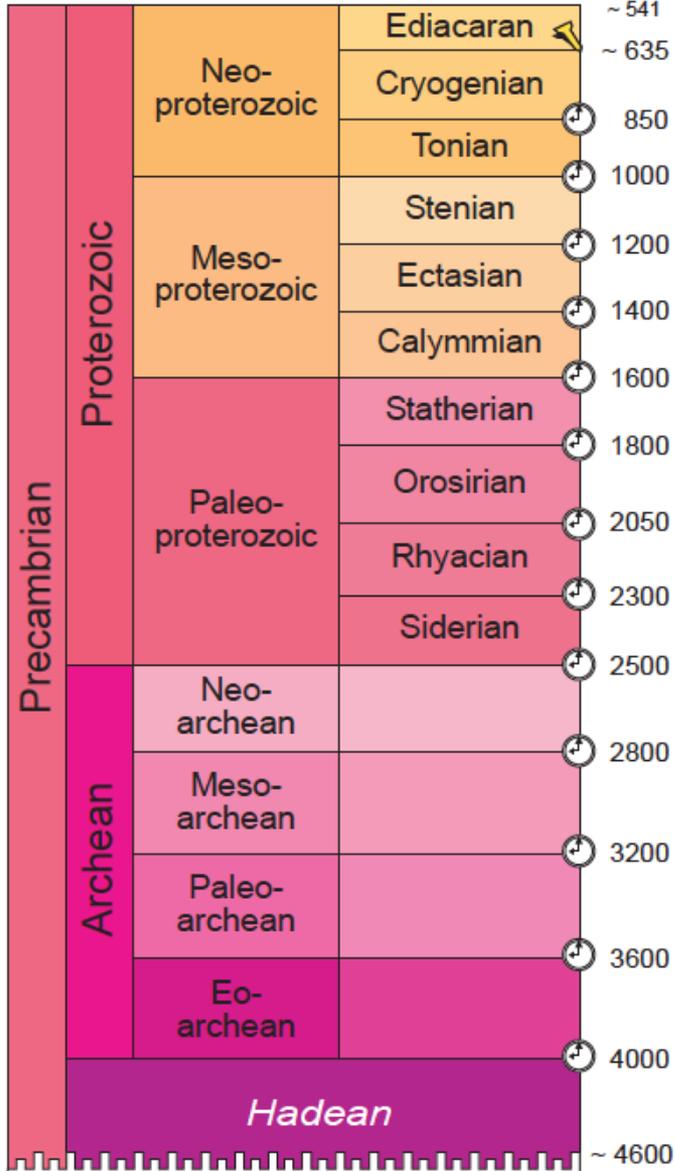
Eucariotas (Proterozóico médio-recente)

Diversidade de fósseis de eucariotas entre o Proterozóico médio e superior – China, Austrália, EUA, Canadá, Rússia e Esvalbarda



“Criogeniano” – porção média do Neoproterozóico

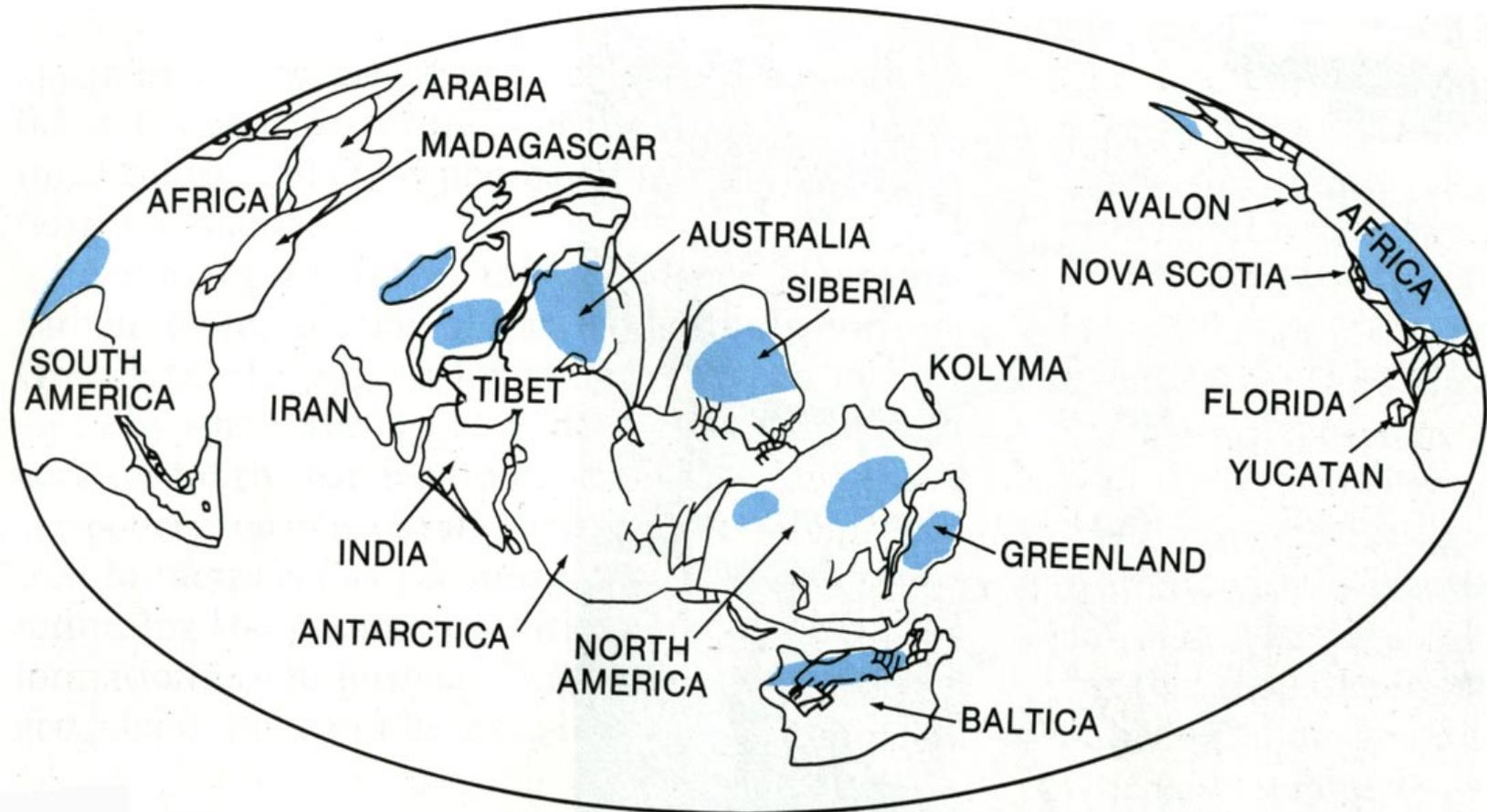
Origem dos metazoários



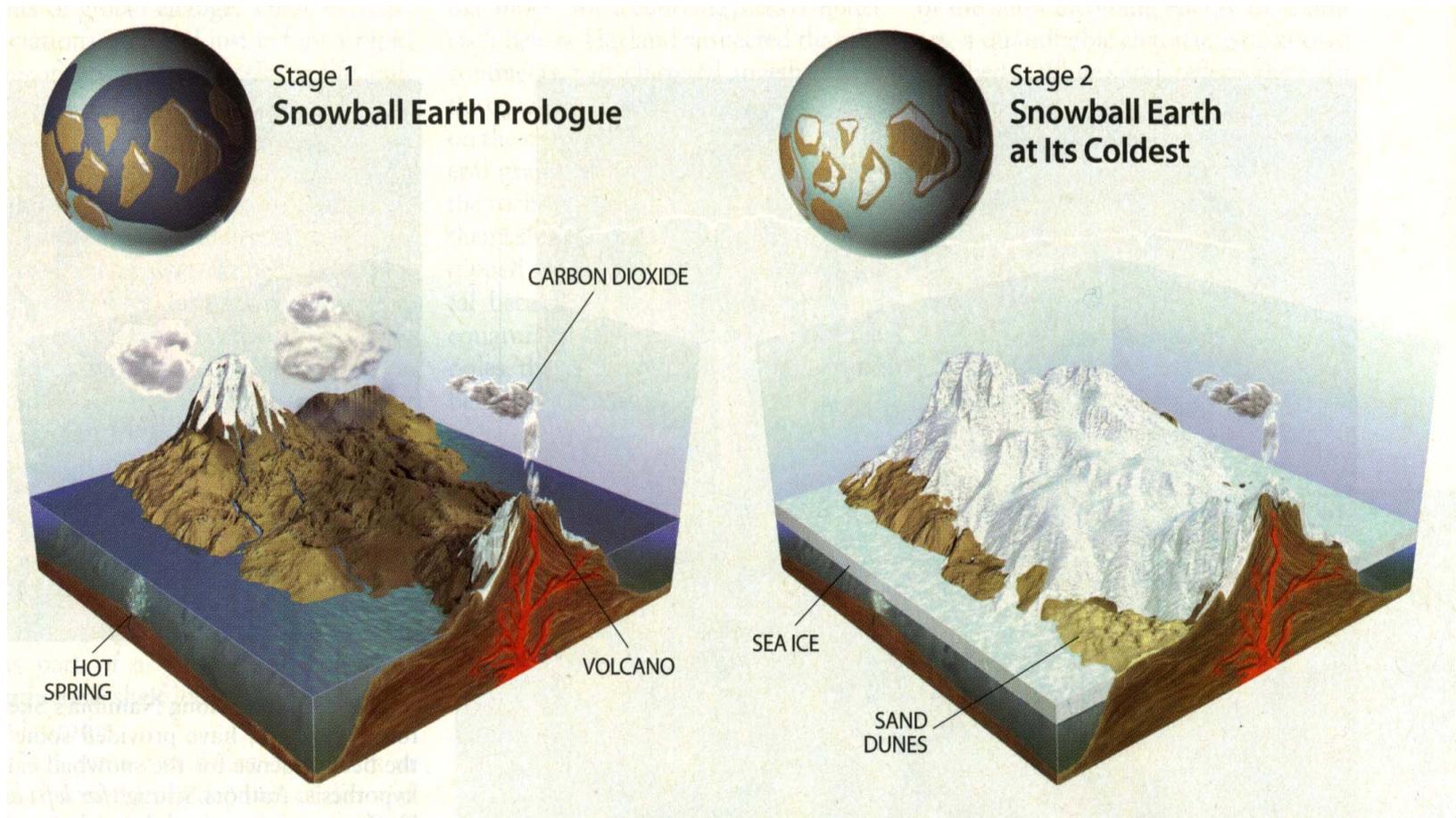
A 800 Ma a redução de CO₂ (seqüestro de carbono por fungos e algas), provocou uma grande época glacial

Ocorreu pouco antes do Edicarano, e originou geleiras em praticamente quase todas as latitudes, inclusive as equatoriais

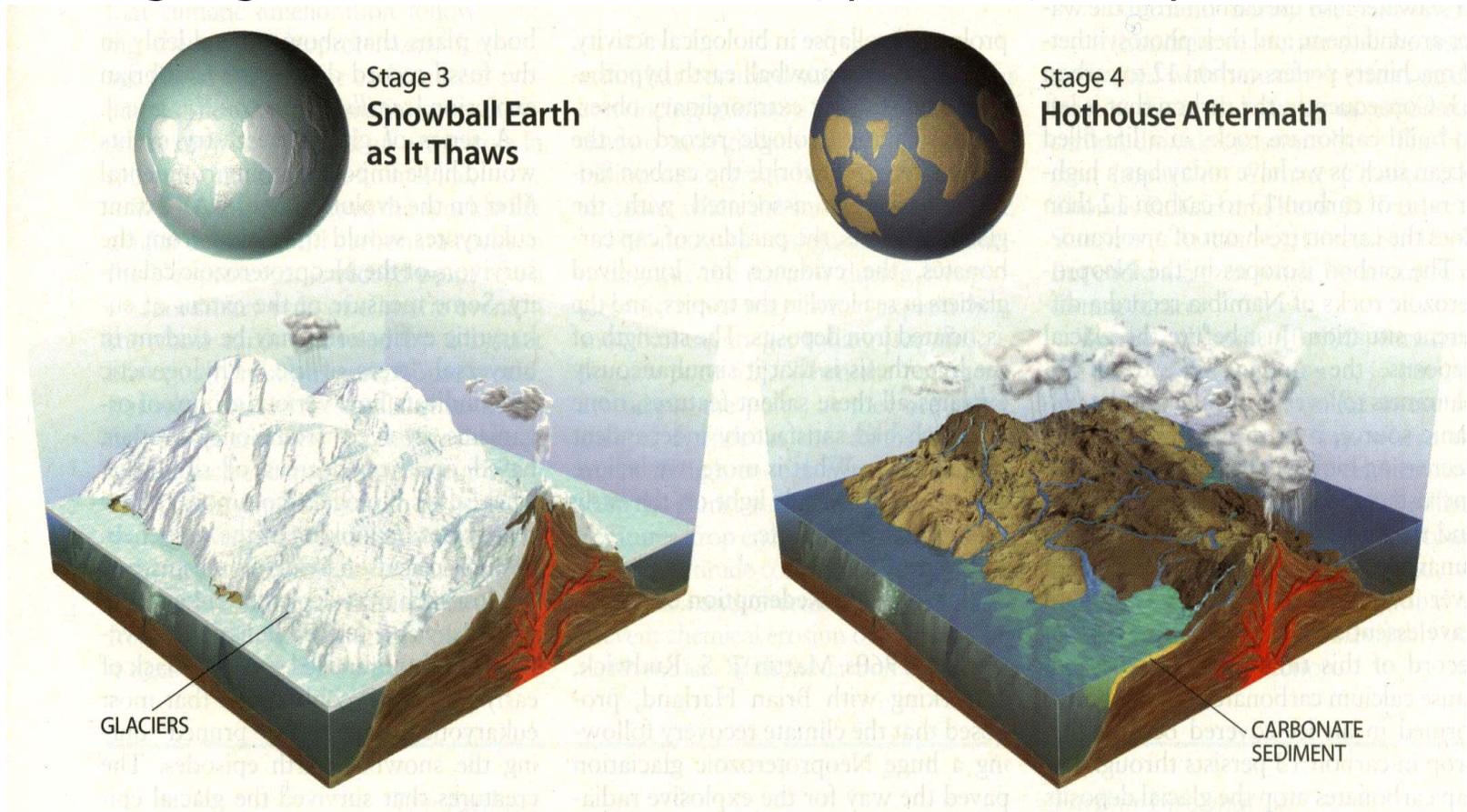
Snowball-Earth



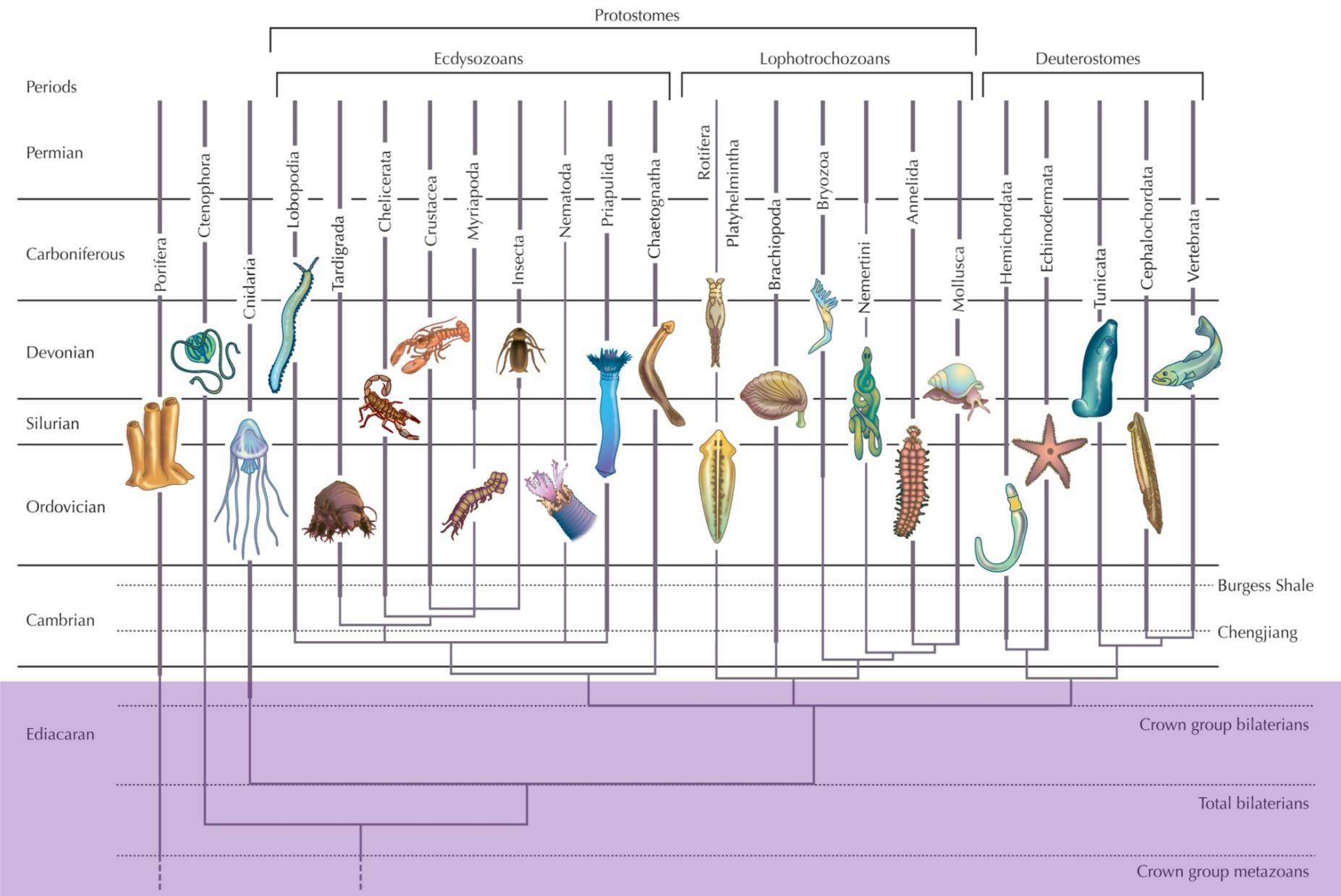
As grandes massas terrestres teriam atuado como agentes altamente refletores do calor solar, levando ao rápido resfriamento da Terra, originando capas de gelo nos oceanos e de geleiras nas latitudes baixas



Com o tempo, a inibição dos processos de intemperismo e fotossíntese, os quais retiravam o CO₂ da atmosfera, ocorreu o aumento significativo desse gás gerando um efeito estufa e, portanto, de aquecimento.

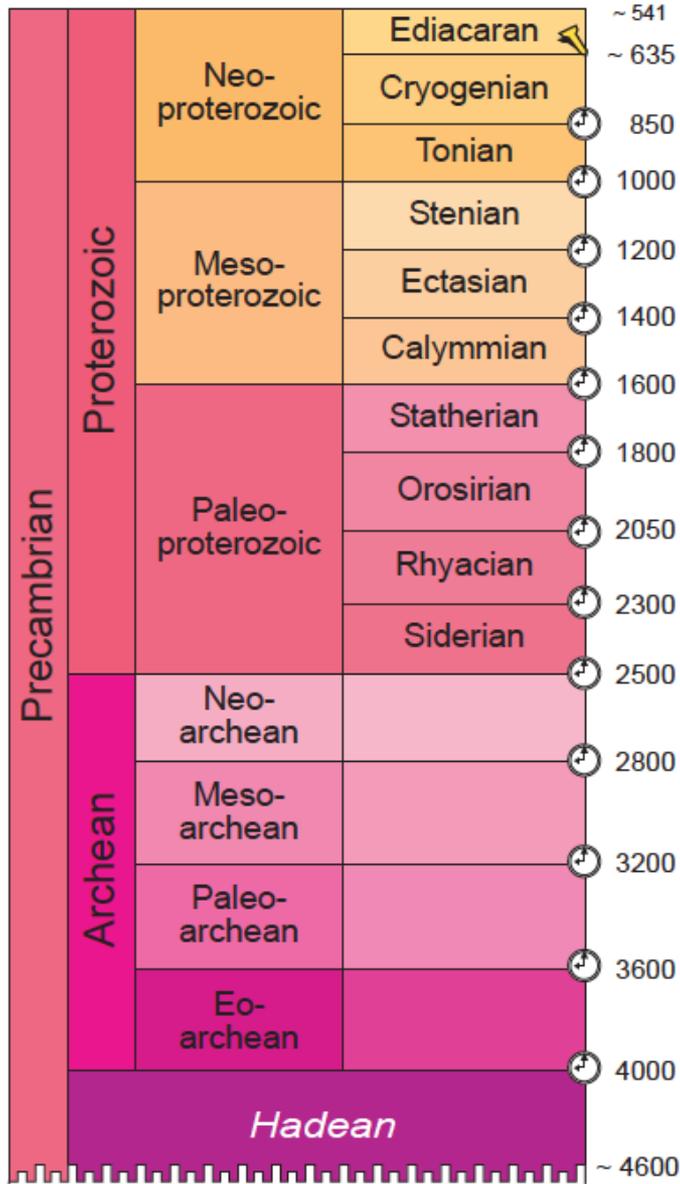


Como resultado, as geleiras derreteram-se e deu-se o fim da glaciação. Provavelmente, alguns metazoários poderiam ter se alimentado de algas estromatolíticas (estromatólitos atuais só ocorrem em locais sem evidência de predação). Seu surgimento pode ter levado à redução das cianobactérias e amenização das condições glaciais



INÍCIO DA HISTÓRIA EVOLUTIVA DOS METAZOÁRIOS

Surgimento dos Metazoa (animais pluricelulares com órgãos diferenciados) apenas no [Ediacarano](#) cerca de 600 Ma



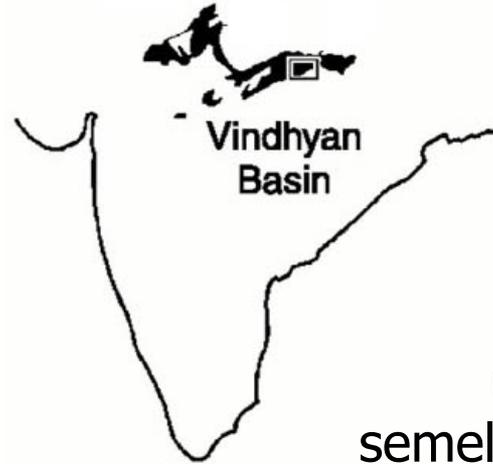
Nimbia

Registros mais antigos:
Mts. Mackenzie, Canadá

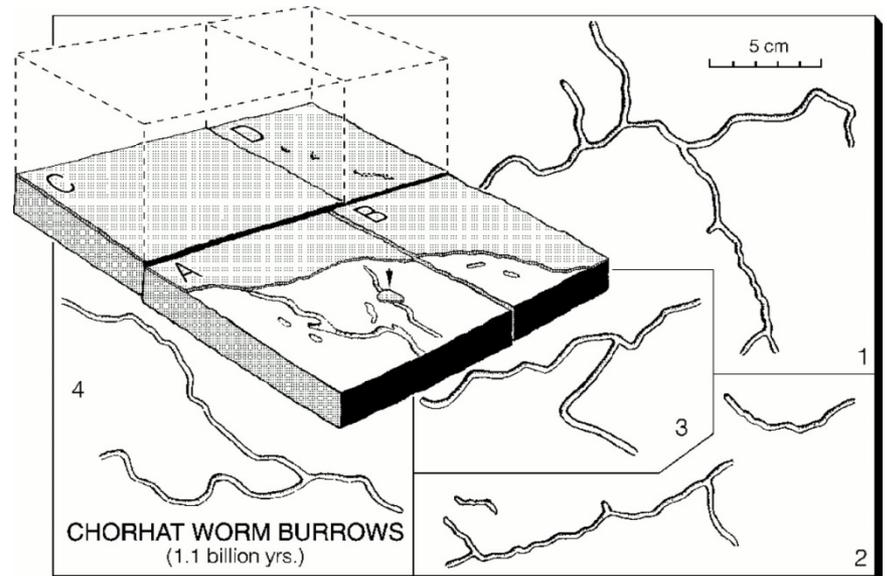


Possíveis metazoários pré-Edicarano

Icnitos de aproximadamente um bilhão de anos



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



Possíveis metazoários pré-Edicarano



1 Ba - Grand Canyon Series,
Belt Sequence (Wyoming)

***BrookSELLa* (Cnidaria?)**

Sinosabellidites e *Protoarenicola*:
filamentos anulados
Huainan biota (800 Ma, China)

**Pobremamente preservados, podem ser
“vermes” ou filamento algálicos**



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



Nos mesmos depósitos ocorre extrema variedade de algas, com praticamente todas formas atuais representadas

