

# TECTÔNICA DE PLACAS

Dinâmica do Sistema Terra I

LiGEA 2020

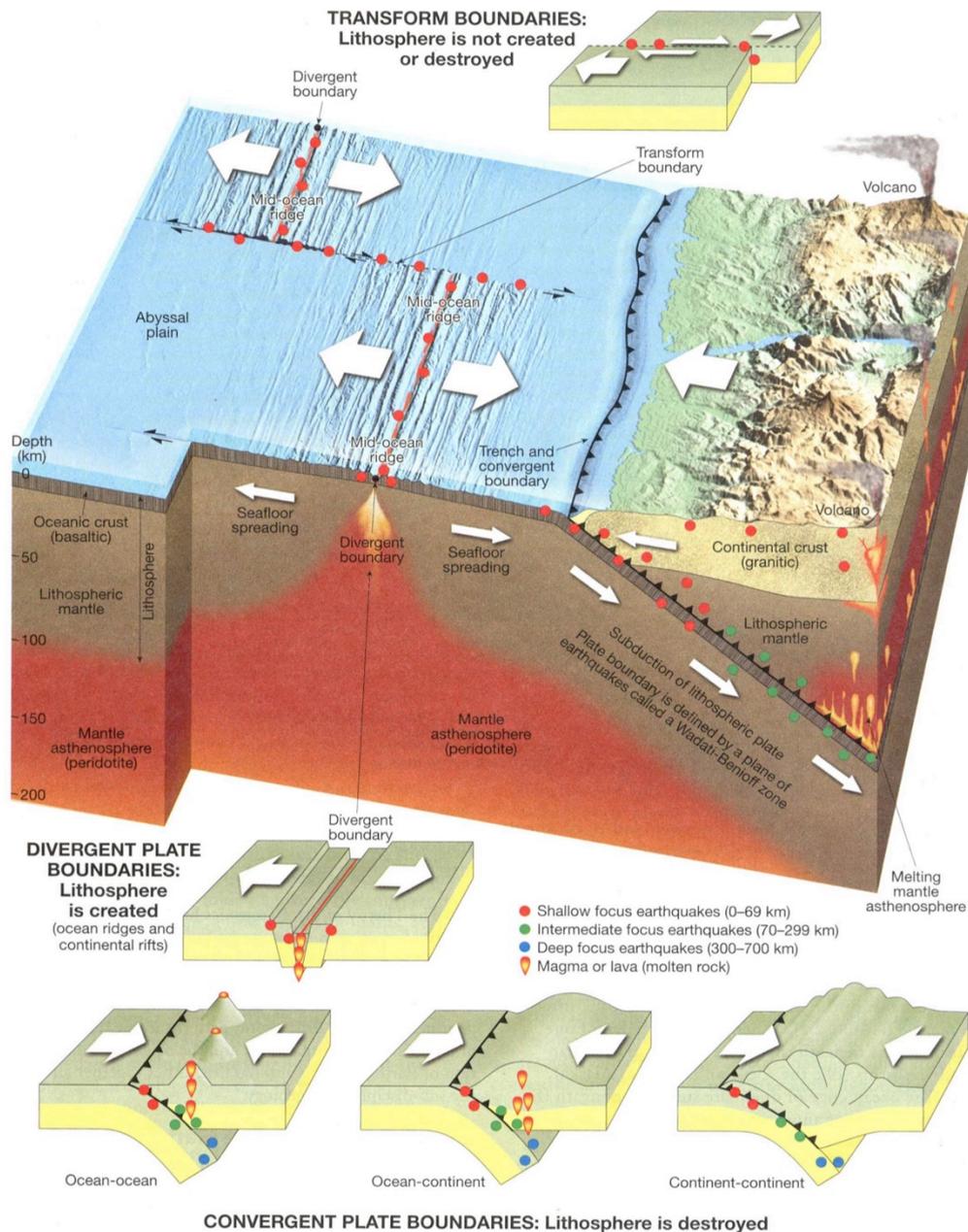
# Roteiro da aula

- Introdução
- Histórico
  - pré-Wegener: Fixistas
  - Wegener e a hipótese da Deriva Continental
  - pós-Wegener e a Teoria da Tectônica Global
- Placas tectônicas
  - características
  - distribuição dos terremotos, vulcões e feições fisiográficas
- Limites de placas
  - divergentes
  - convergentes
  - transformantes
- **Movimentação das placas e paleocontinentes**



**RESUMINDO...**

Tipo de limite	Tipo de litosfera envolvidas	Fisiografia	Eventos geológicos	Exemplos atuais
<b>Divergente</b>	<b>O - O</b>	Cordilheira meso-oceânica com Rift Valley central	Expansão do assoalho oceânico, ascensão de magma básico, vulcões, terremotos rasos	Cadeia meso-atlântico
	<b>C - C</b>	Rift Valley	Fragmentação de continentes, ascensão de magma, vulcões, terremotos	Grande Rife Africano
<b>Convergente</b>	<b>O - O</b>	Arco de ilhas e fossas	Subducção, ascensão de magma, vulcões andesíticos, terremotos, deformação crustal	Aleutas, oeste
	<b>O - C</b>	Montanhas e fossas oceânicas	Subducção, ascensão de magma, vulcões andesíticos, deformação crustal, terremotos profundos	Andes
	<b>C - C</b>	Montanhas	Deformação crustal, metamorfismo, terremotos profundos	Himalaia, Alpes
<b>Transformante</b>	<b>O - O</b>	Deslocamentos do eixo das cordilheiras oceânicas	Terremotos	Fatura Kane
	<b>C - O</b>	Deformação ao longo da falha, pequenas montanhas	Deformação de rochas, terremotos	Falha de San Andreas



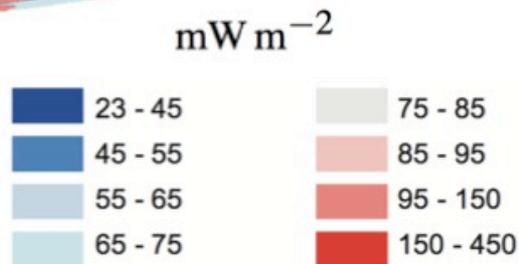
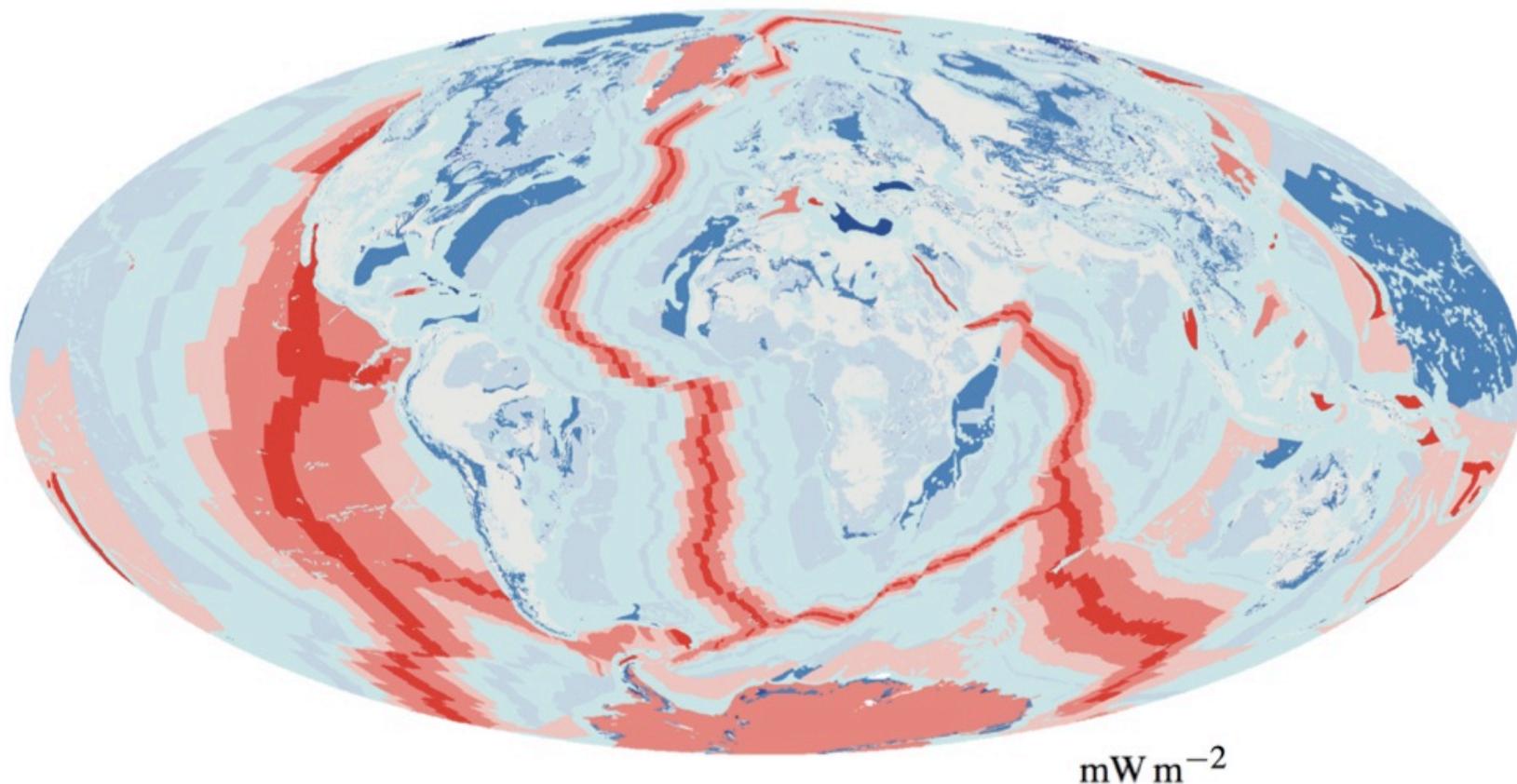
**FIGURE 2.2 Three kinds of plate boundaries:** divergent, convergent, and transform boundaries. White arrows indicate motions of the lithospheric plates. Half arrows on the transform fault boundary indicate relative motion of the two blocks on either side of the fault. The focus of an earthquake is the exact location where an earthquake occurred (shallow, intermediate, or deep). Water in subducted plates can lower the melting point of rock just above them at intermediate depths and lead to formation of volcanoes.

# O MOVIMENTO DAS PLACAS TECTÔNICAS: MECANISMO E MEDIÇÃO

# Que forças movem as placas?

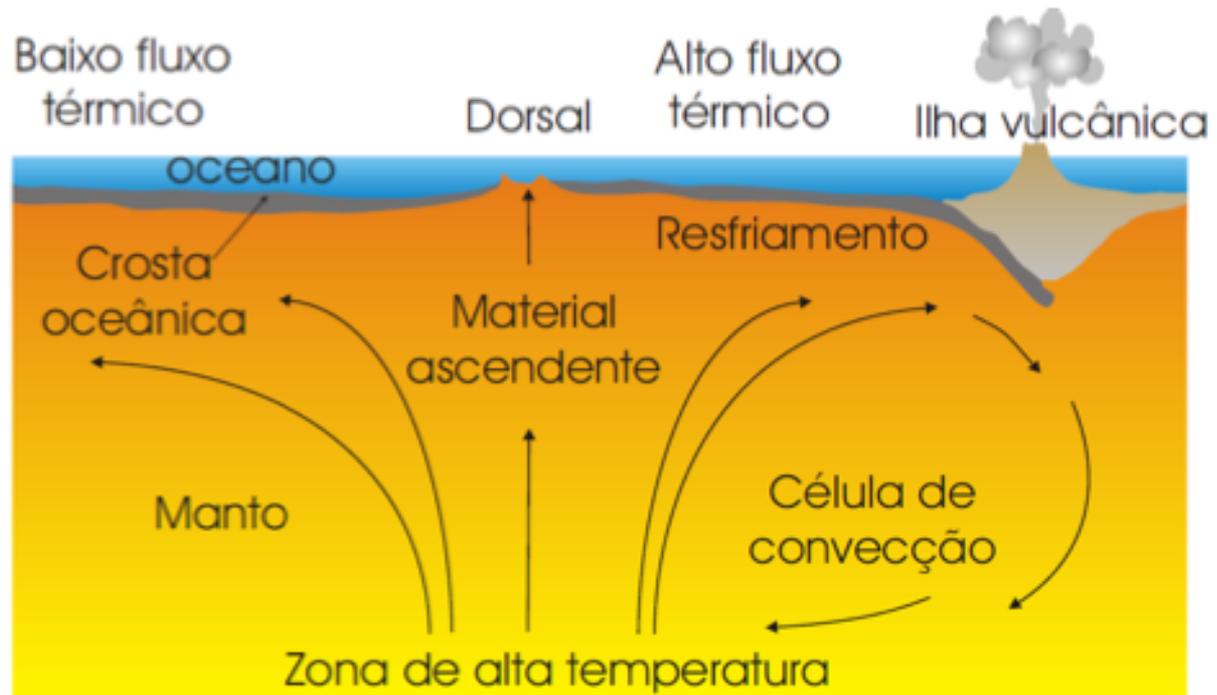
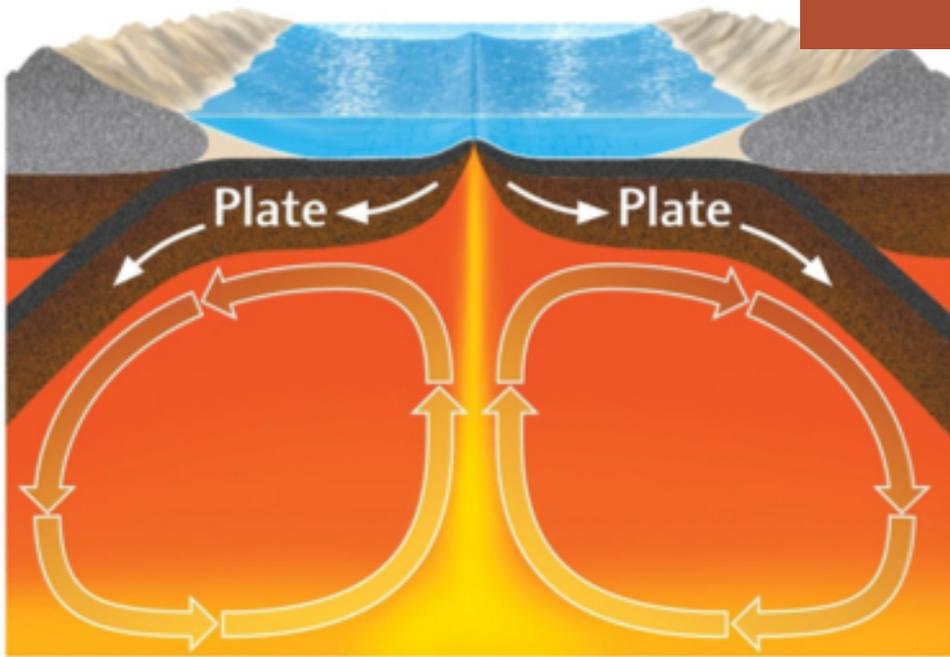
- **Convecção do manto** (*o manto é constituído por materiais rochosos, sólidos e quentes. Na escala de Ma a convecção é induzida pelo fluxo térmico interno e pela força gravitacional dos materiais do planeta*)
- **Energia oriunda do calor interno da Terra** (*calor residual da formação do planeta e calor proveniente do decaimento radioativo dos elementos*)
- As forças mais importantes vêm da litosfera em resfriamento a medida que ela desliza do centro de expansão e mergulha de volta no manto em zonas de subducção.
- Todo o manto está envolvido no sistema de convecção que recicla as placas

# Fluxo térmico



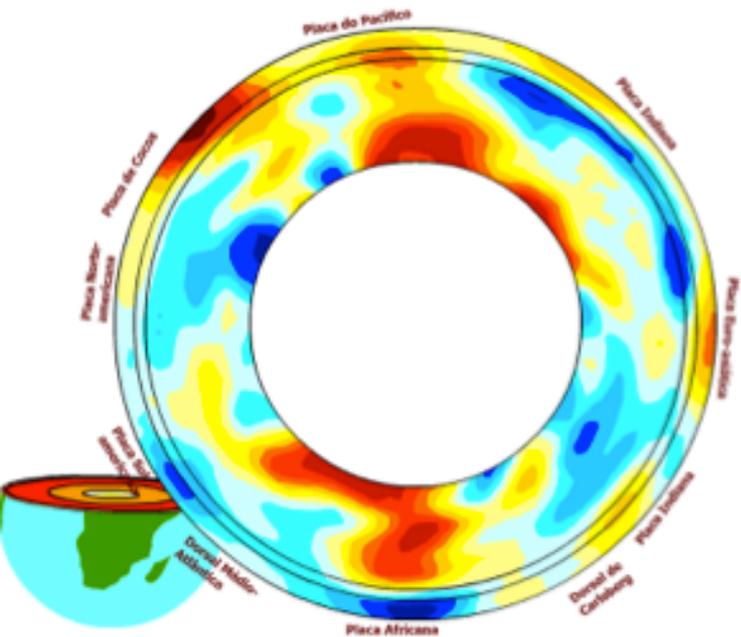
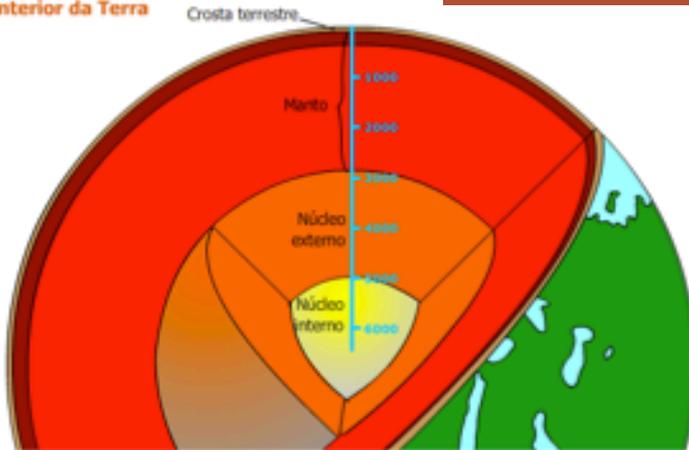
- Depende das características geológicas do local
- Distribuição heterogênea
- Em zonas tectonicamente ativas, o fluxo é maior (áreas vermelhas) do que em regiões geologicamente mais estáveis e mais antigas

# MODELO – ANOS 80



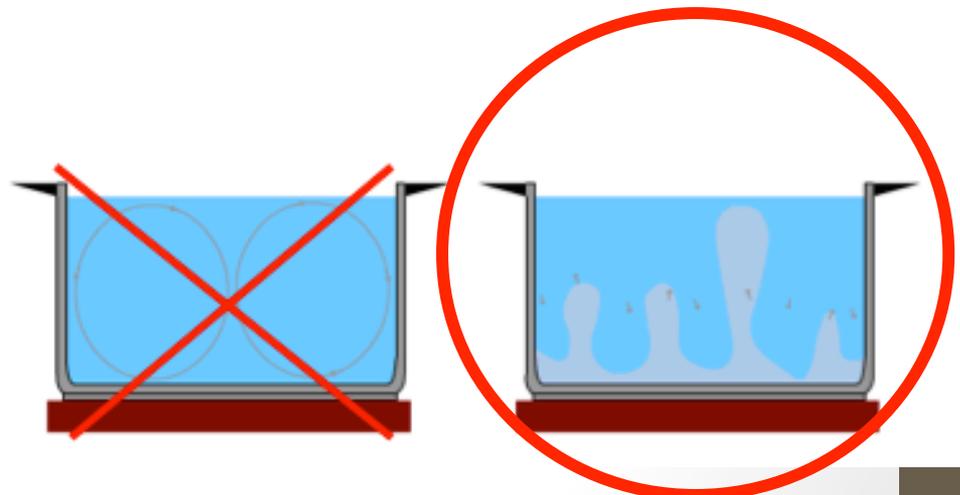
# MODELO – ANOS 2000

## O interior da Terra



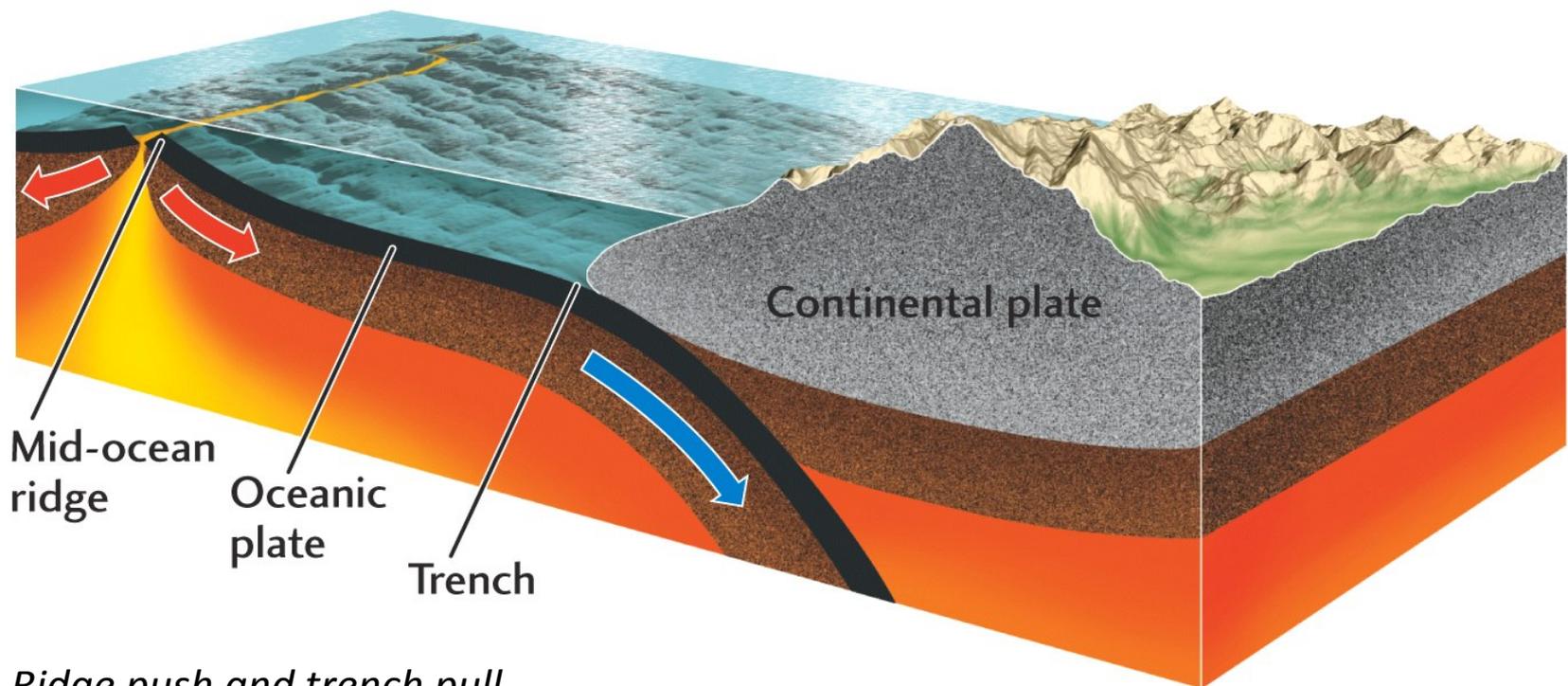
Esta figura mostra, de forma grosseira, como se pensa atualmente na ligação entre a tectônica de placas e a convecção no manto. A verdadeira força motriz será afundamento das placas litosféricas no manto ao longo das zonas de subducção. A parte da placa que já subductou puxa o resto da placa que

vem atrás. Quando a litosfera fria e densa afunda em profundidade no manto, comprime o material que já se encontra nesse local. Isto coloca em curso correntes no manto, fazendo com que o manto quente inicie a ascensão.



- A convecção ocorre nos fluídos e nos sólidos com propriedades plásticas (astenosfera)
- Dinâmica: material aquecido -> menos denso -> sobe e toma o lugar do material acima nãoou menos aquecido -> este desce -> se aquece -> sobe novamente ...
- Formação de correntes de convecção tridimensionais

- A gravidade empurra a placa que desliza a partir da dorsal mesoceleânica
- A placa litosférica que mergulha puxa a placa oceânica

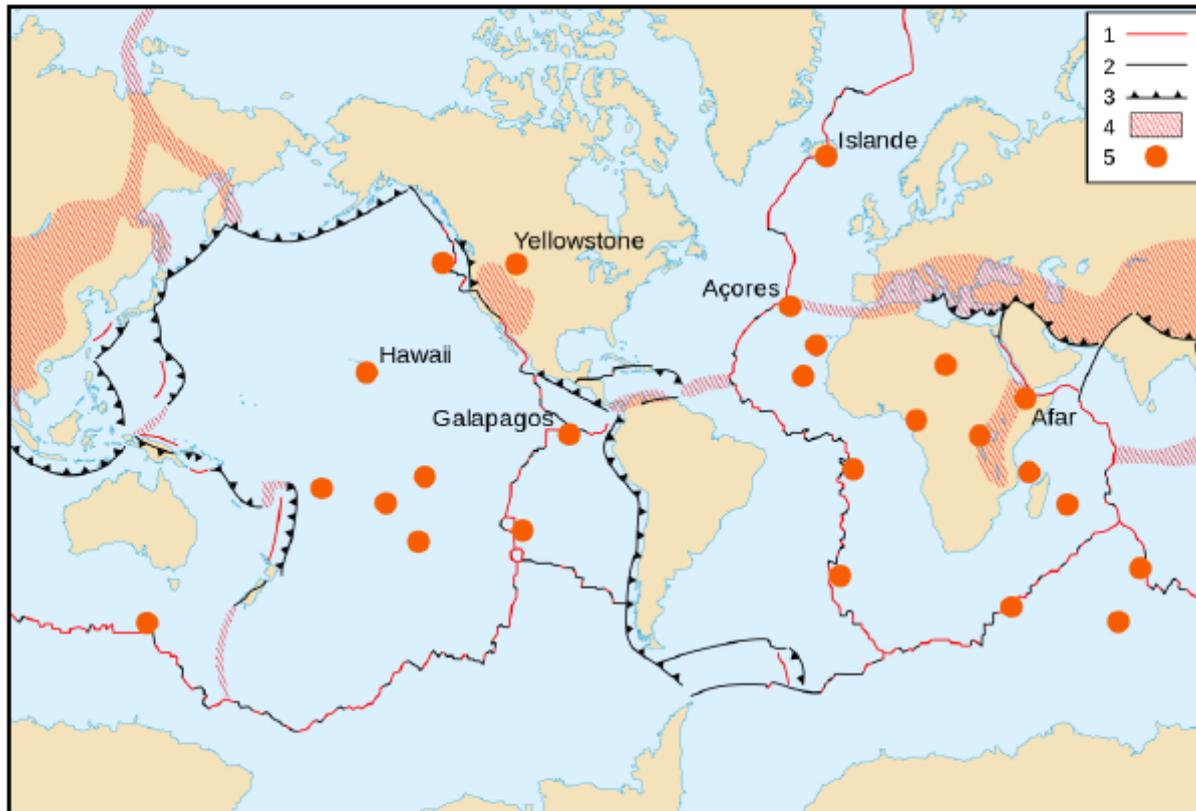


*Ridge push and trench pull*



# Hot Spots – Pontos quentes

Mapa dos principais pontos quentes



1 – limite de placas divergentes (dorsais)

2 - limite de placas transformantes

3 – limite de placas convergentes (subducção)

4 – limite de placa difuso 5 – principais pontos quentes

# Hot spots e plumas mantélicas

- Anomalias térmicas (em regiões profundas do manto)
- Material quente ascendente formando colunas quentes: as plumas mantélicas
- Estacionária enquanto ocorre o movimento das placas durante um longo período de tempo
- No topo da pluma o calor provoca a fusão do manto superior e o arqueamento da crosta -> vulcanismo
- CO -> sucessão de ilhas vulcânicas como as do Havaí
- Outro exemplo: Islândia

Northwestern  
Hawaiian Islands

Kauai

Oahu

Molokai

Hawaii

Plate  
Motion



Scale

0

Miles

65

# HAVAÍ (hot spot) e movimento das placas tectônicas

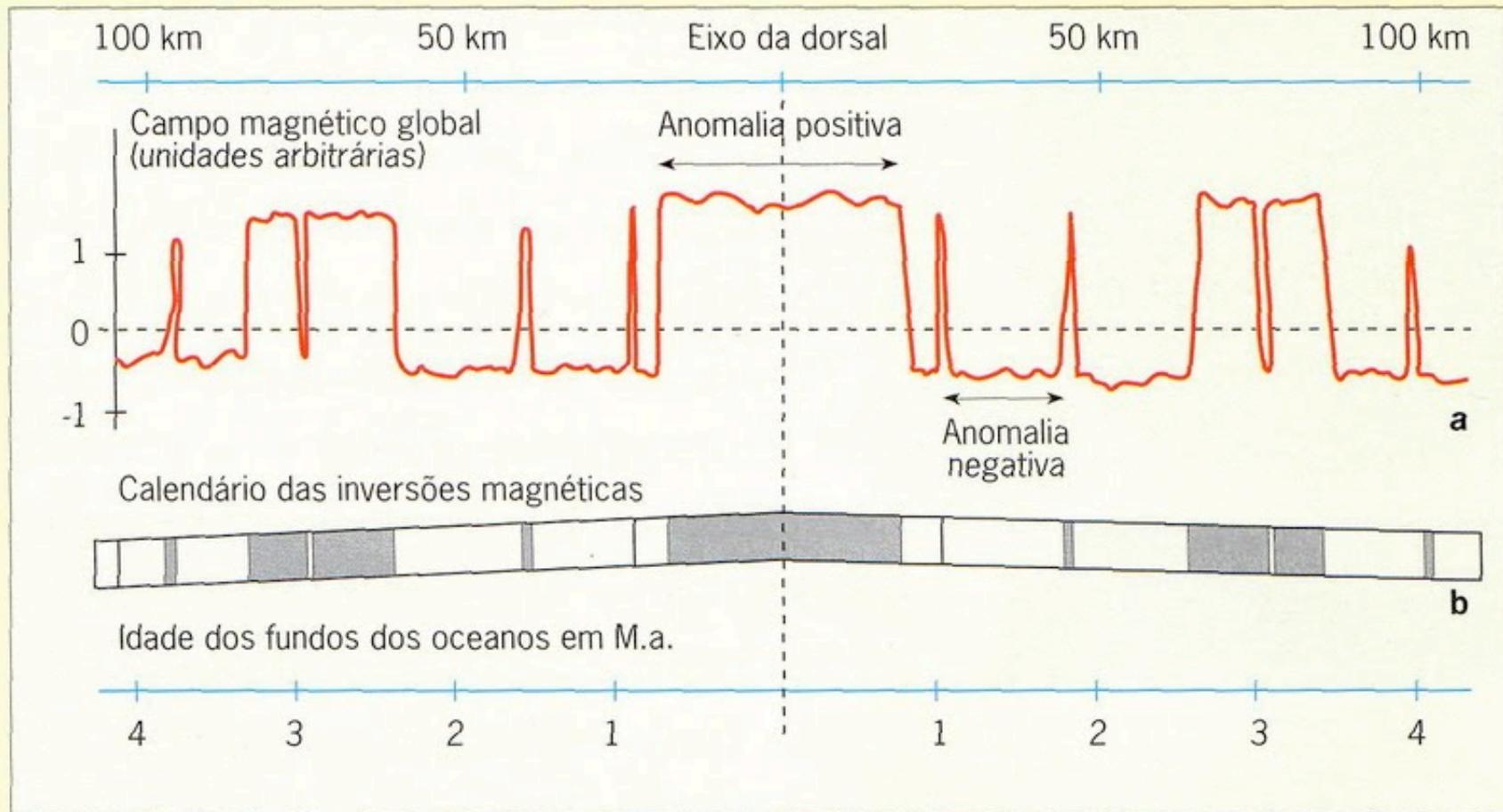
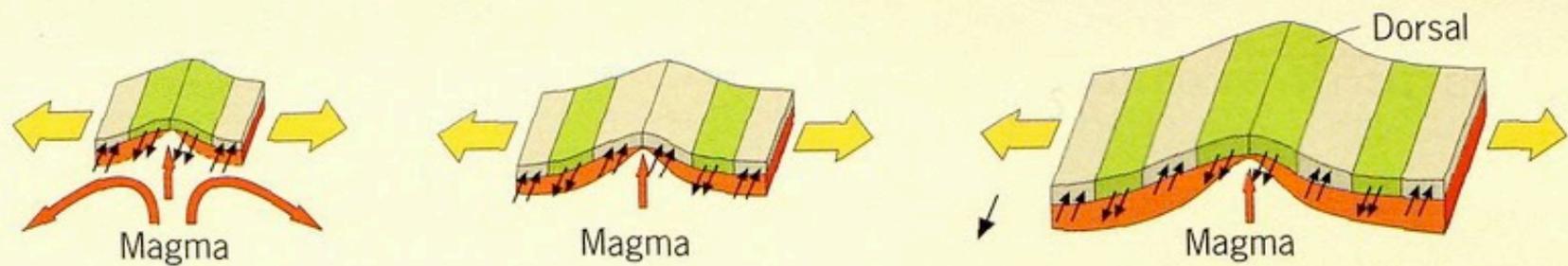
- No arquipélago do Havaí, novas ilhas vulcânicas foram e são formadas a medida que a placa passa sobre a posição da pluma mantélica.
- Os vulcões anteriormente formados se tornam inativos.
- No local da pluma, o vulcão é ativo
- Conhecendo a respectiva idade das rochas vulcânicas e a posição geográfica das diferentes ilhas vulcânicas podemos:
  - Determinar o sentido e direção da placa
  - A velocidade de deslocamento da placa

# Velocidade das placas

- Lenta 2-3 cm/ano; rápida 10 cm/ano.
- Em geral placas com presença de crosta continental são mais lentas.
- O movimento não é retilíneo, pode incluir rotação da placa.
- Velocidade pode ser medida entre as placas (relativa) e com relação a um ponto fixo no manto terrestre (absoluta).

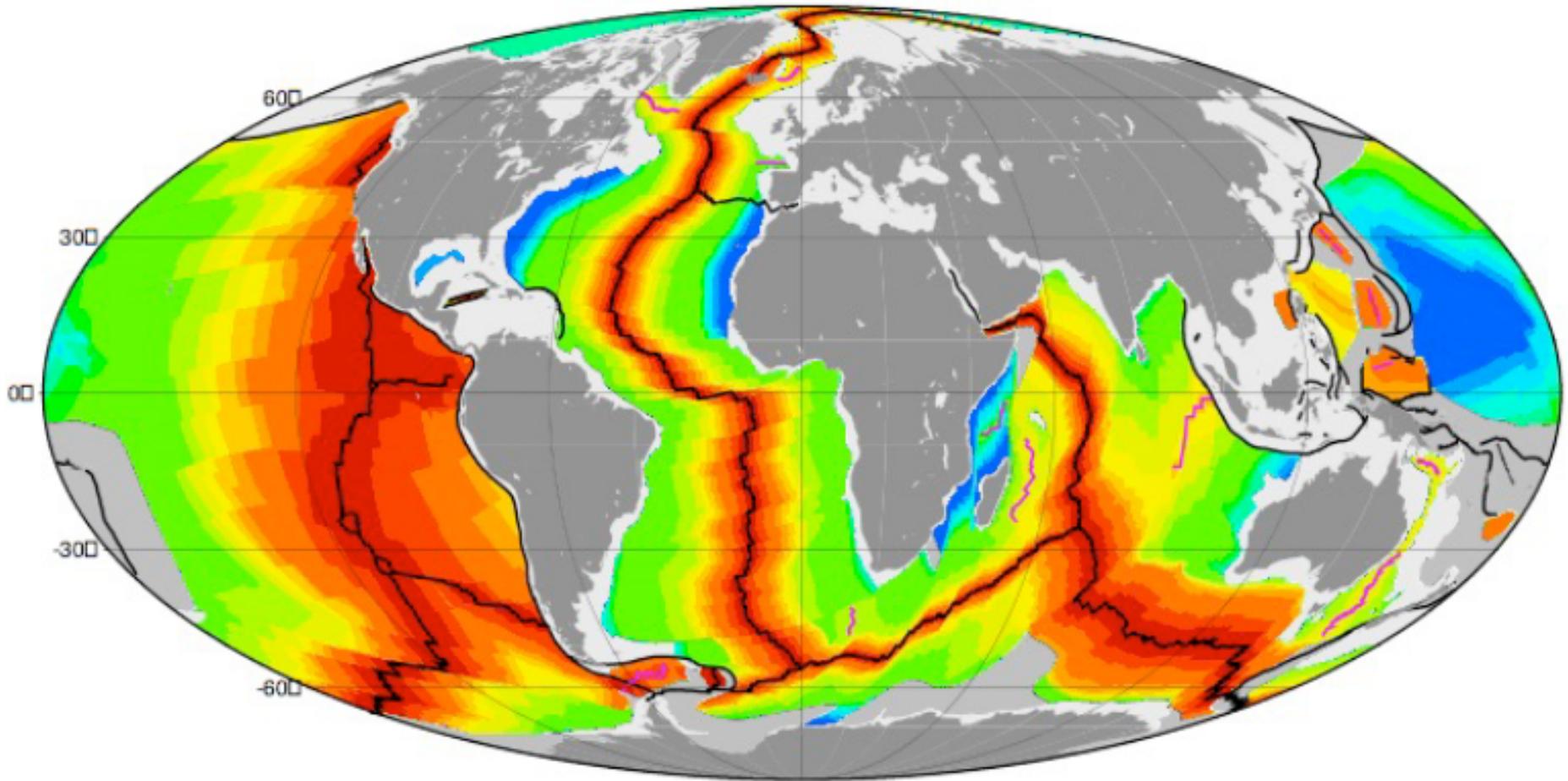
# Anomalias magnéticas do assoalho oceânico

- O campo magnético (intensidade e direção) é registrado nas rochas vulcânicas do assoalho oceânico
- A intensidade do campo magnético alterna entre valores altos e valores baixos dispostos em bandas longas e estreitas, simétricas a crista das dorsais mesoocênicas (anomalias magnéticas)
- **Velocidade relativa** das placas pode ser calculada conhecendo a idade das rochas e a distância medida a partir do eixo da dorsal ( $V = \text{distância} / \text{tempo}$ )
- O mesmo raciocínio pode ser aplicado usando a idade dos sedimentos do fundo oceânico.



Perfil da polaridade magnética do fundo do oceano Atlântico Norte, a 45° de latitude, numa faixa de 100 km a partir da dorsal.

# IDADE DO ASSOALHO OCEÂNICO

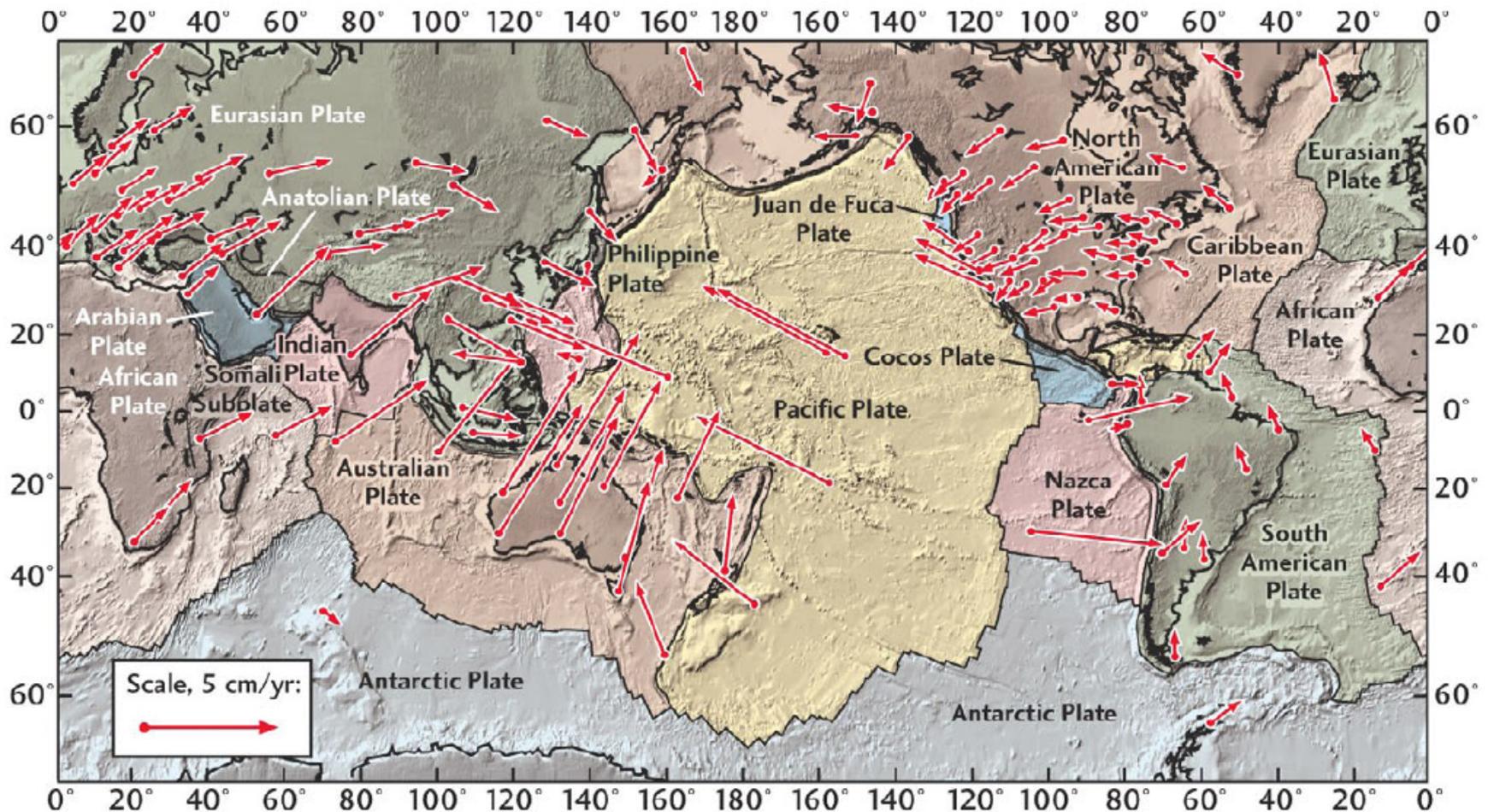


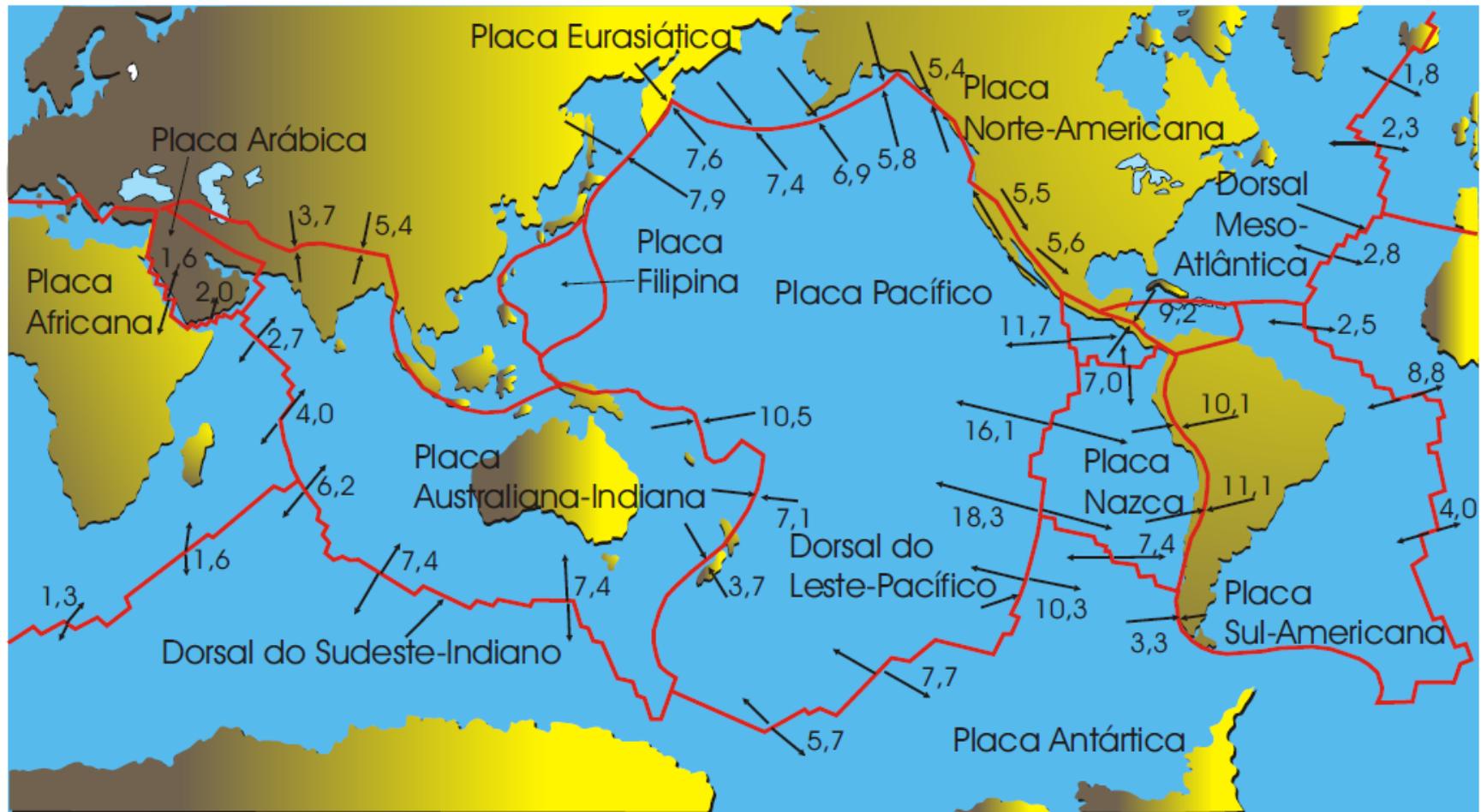
*Müller et al. 1997*



IDADE [Ma]

# Velocidade das placas deslocamento absoluto (GPS)



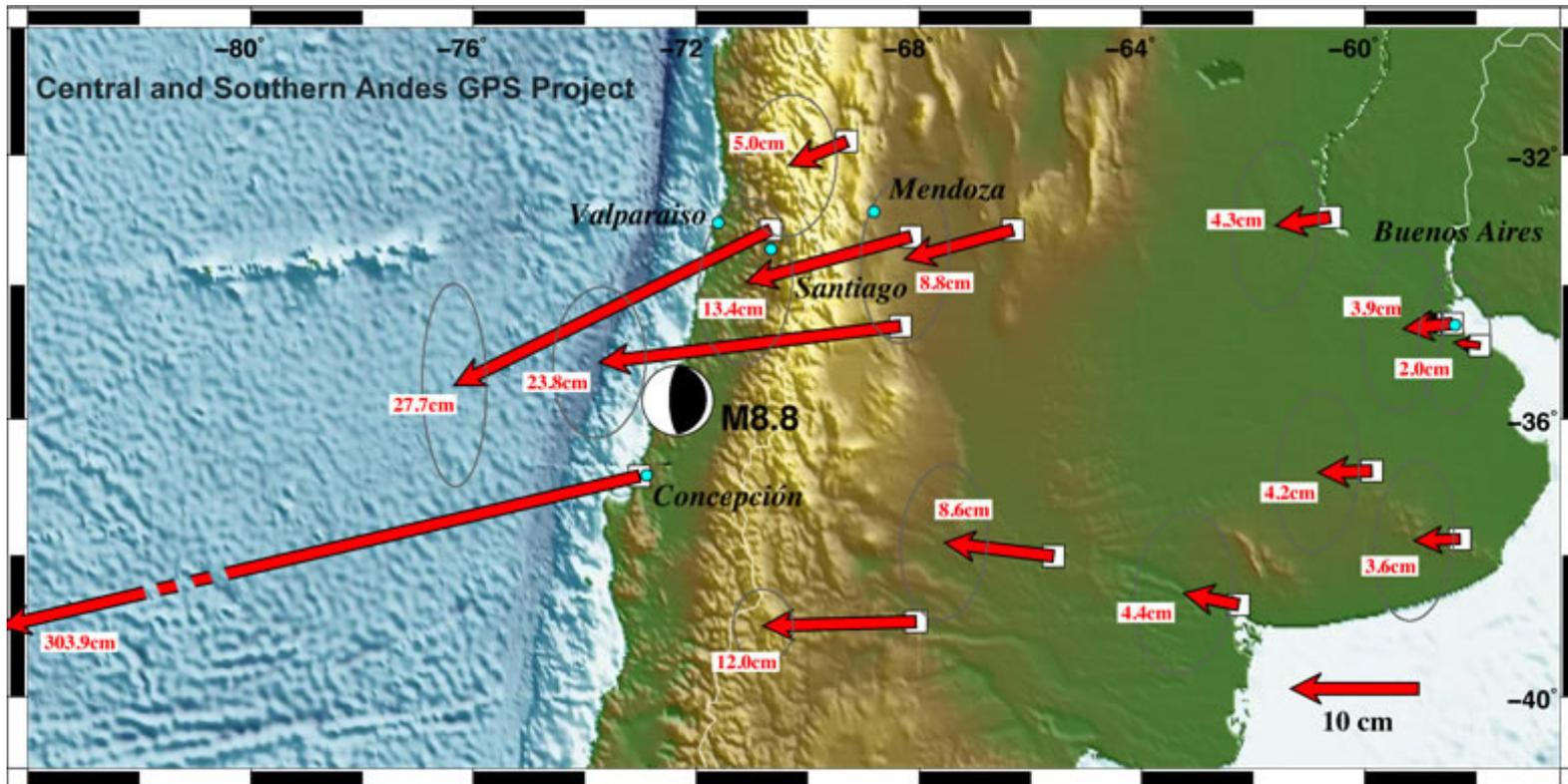


**Fig. 6.5** Distribuição geográfica das placas tectônicas da Terra. Os números representam as velocidades em cm/ano entre as placas, e as setas, os sentidos do movimento.

**Fonte:** Decifrando a Terra / TEIXEIRA, TOLEDO, FAIRCHILD e TAIOLI - São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

# Deslocamento durante os terremotos

Deslocamento (cm) da placa Sulamericana (continente) em relação à placa de Nazca (oceanica) no terremoto de 8,8 de magnitude no Chile em fev/2010



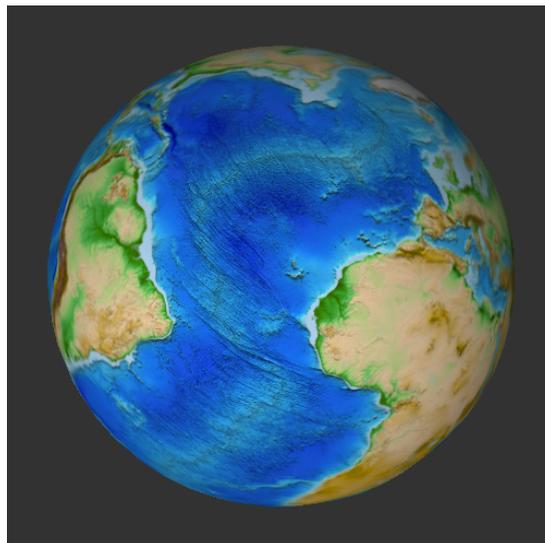


# SÍNTESE E CICLO DE WILSON

# A teoria da Tectônica de Placas

- ✓ Integra a maioria dos dados geofísicos
- ✓ Repousa sobre duas noções principais:

- DERIVA DOS CONTINENTES



- EXPANSÃO DO ASSOALHO OCEÂNICO

*Revolução científica pois abalou toda a comunidade científica que abandonou suas posições fixistas a favor do conceito de mobilidade litosférica*

# A teoria baseia-se nas seguintes proposições:

- A litosfera é fragmentada em placas que se movem sobre a astenosfera.
- As placas são criadas onde se separam, e recicladas onde convergem.
- Processo contínuo de criação e destruição.
- Os continentes migram junto com as placas em movimento.
- A teoria da Tectônica de Placas descreve o movimento das placas e as forças atuantes entre elas.
- Explica a distribuição de muitas feições geológicas.

# A teoria baseia-se nas seguintes proposições:

- Distinção reológica entre a LITOSFERA (crosta + topo do manto superior), pouco deformável, com 100 km de espessura (em média), e a ASTENOSFERA, dúctil.
- A litosfera rígida passível de movimento é fragmentada em placas cujos limites são zonas sísmicas.
- Originam-se nas dorsais mesoceânicas (zonas de acreção) e são reabsorvidas nas zonas de subducção (superfície de Benioff).
- Movimentos horizontais das placas relacionados à correntes de convecção no manto.
- A maior parte da energia interna do globo dissipa-se nos limites de placas, seja sob forma mecânica (sismos), seja sob forma térmica (magmatismo e hidrotermalismo).

# Supercontinentes

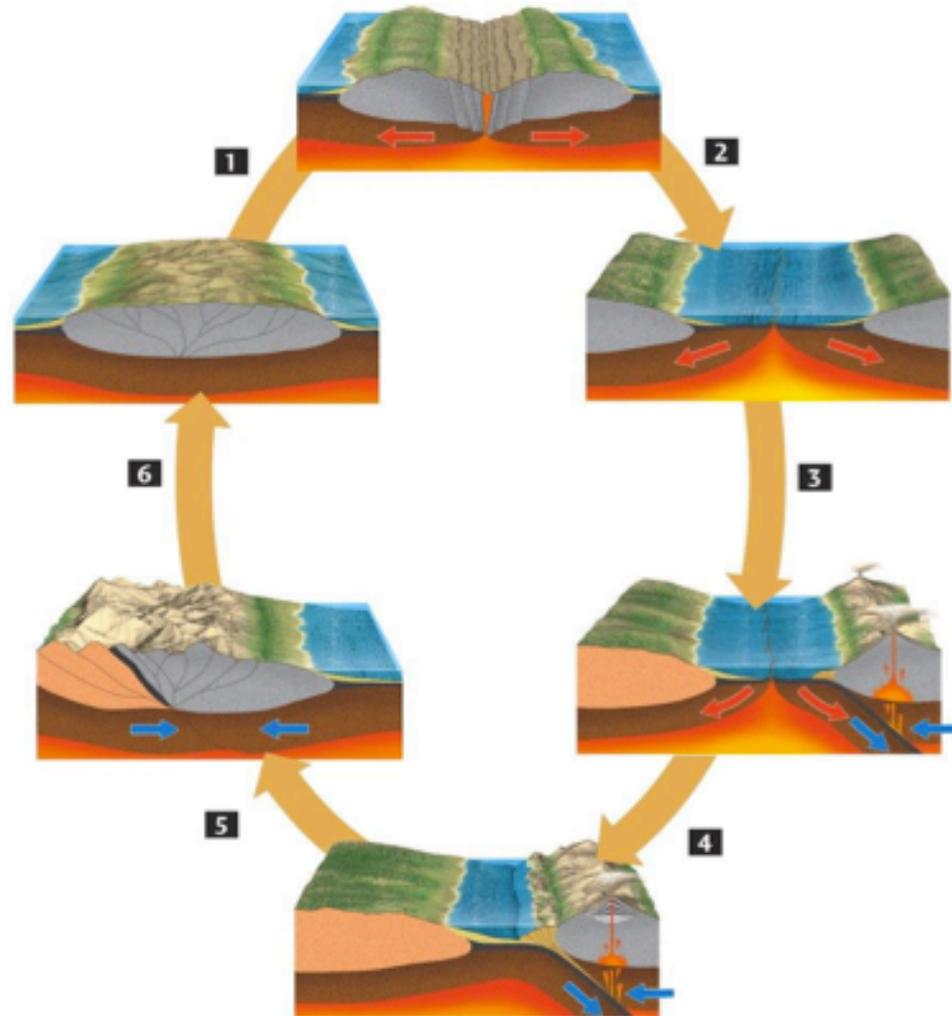
- Ao longo da história geológica da Terra os processos tectônicos são responsáveis pela criação, destruição e renovação da litosfera.
- Ocorreram vários ciclos (ciclos de Wilson)
- Consequências:
  - reposicionamento relativo das placas tectônicas com crosta continental
  - Aparecimento de novas regiões oceânicas e desaparecimento de outras
  - Colisão e aglutinação de placas continentais formando massas continentais maiores: os supercontinentes.

# Ciclo de Wilson

- A abertura e o fechamento de bacias oceânicas ou oceanos é conhecida como Ciclo de Wilson:

- inicia-se com *rift continental*,
- abertura de pequena bacia oceânica,
- expande-se e forma um oceano,
- inicia-se uma subducção de crosta oceânica em uma ou mais margem,
- pode ocorrer o fechamento total ou parcial do oceano.

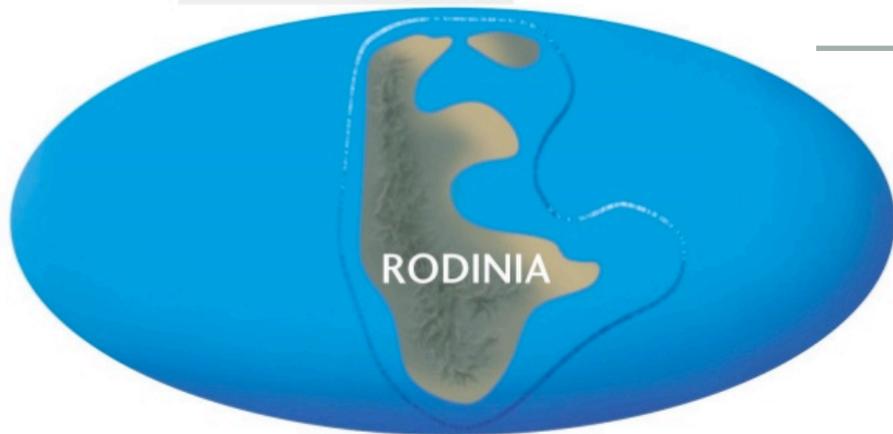
- Ocorreu várias vezes na história do nosso planeta



## A Movimentação dos Continentes

### RODINIA

Proterozóico Superior , 750 Ma



Ordoviciano Médio 458 Ma



Rodínia formou-se há cerca de 1,1 B.a e começou a fragmentar há cerca de 750 M.a.

Devoniano Inferior 390 Ma



### PANGÉIA

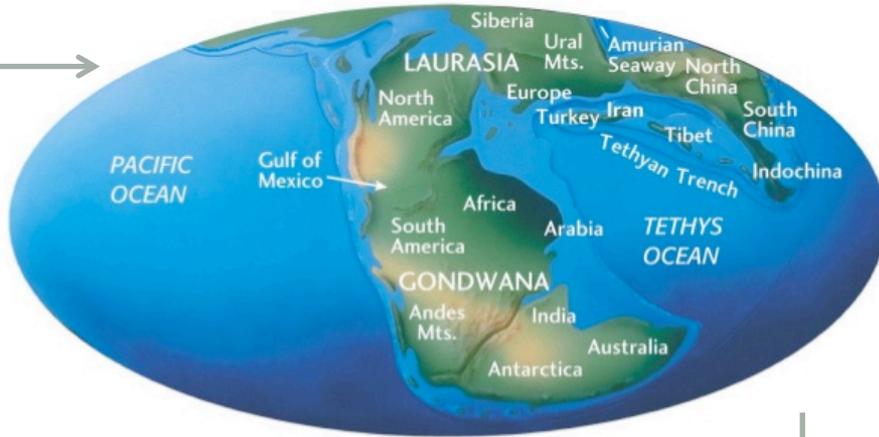
Triássico Inferior 237 Ma



O Supercontinente **Pangea** já estava agregado há 237Ma, circundado por um superoceano chamado Pantalassa (*todos os mares* – grego) o Oceano Pacífico ancestral. O oceano Tethys entre a África e a Eurásia foi o ancestral do Mar Mediterrâneo.

# Fragmentação do Pangéia

Jurássico Inferior 195 Ma



Há cerca de 150 Ma, a Pangea estava nos seus estágios iniciais de fragmentação.

Abertura parcial do oceano Atlântico.

Laurasia ao Norte  
Gondwana ao Sul  
India, Antártida e Austrália  
começam a se separar da  
África.

Jurássico Superior 152 Ma



Cretáceo Superior e Terciário Inferior , 66 Ma



Abertura e alargamento do oceano Atlântico Sul

A Índia caminha em direção à Ásia

Fechamento do oceano Tethys (que irá formar o Mar Mediterrâneo)

O Mundo Moderno



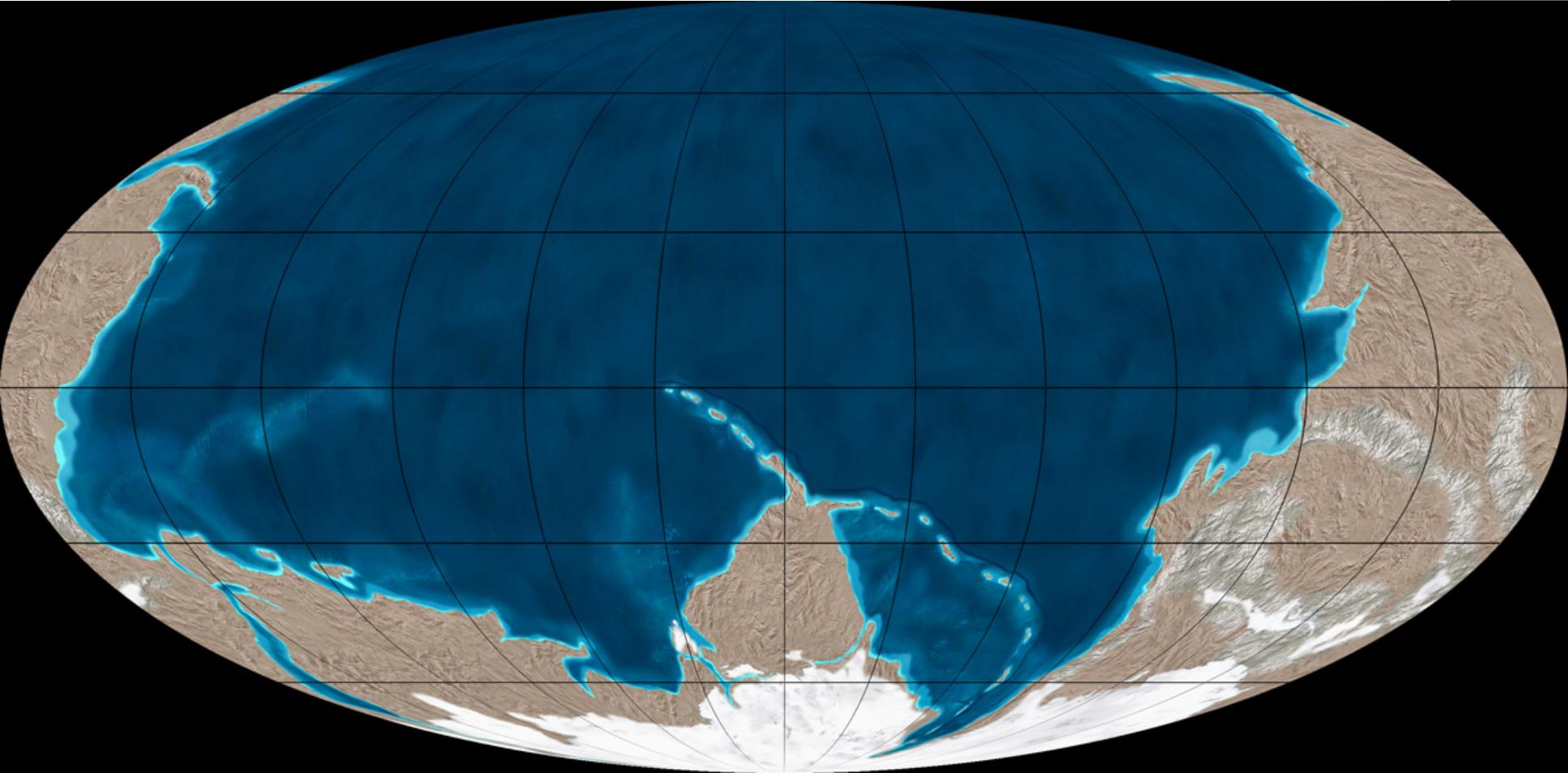
O Mundo atual foi configurado durante os últimos 65Ma.

A Índia colidiu com a Ásia.  
A Austrália se separou da Antártica.

Próximos 50 Ma, no futuro

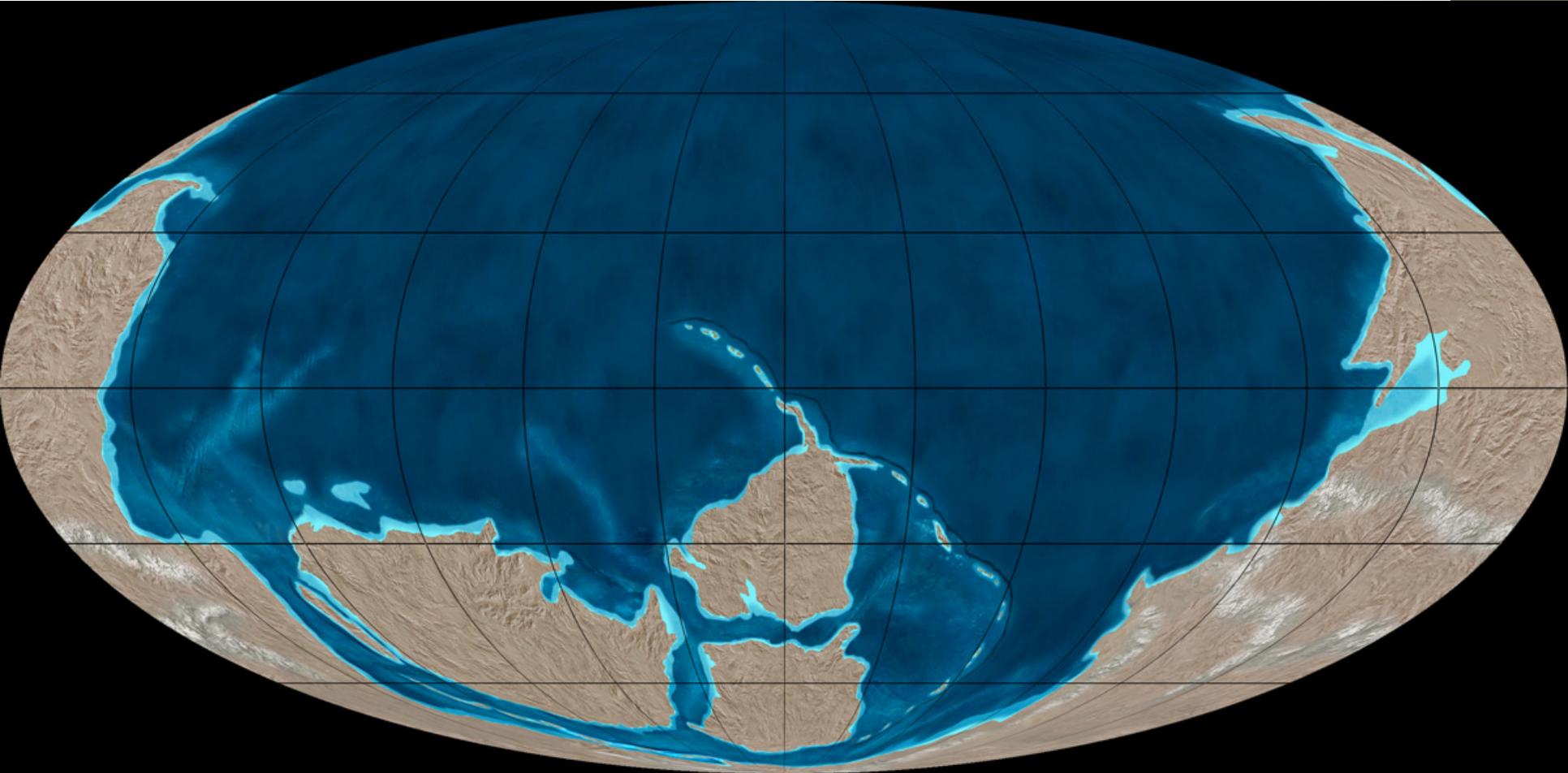


# 600Ma



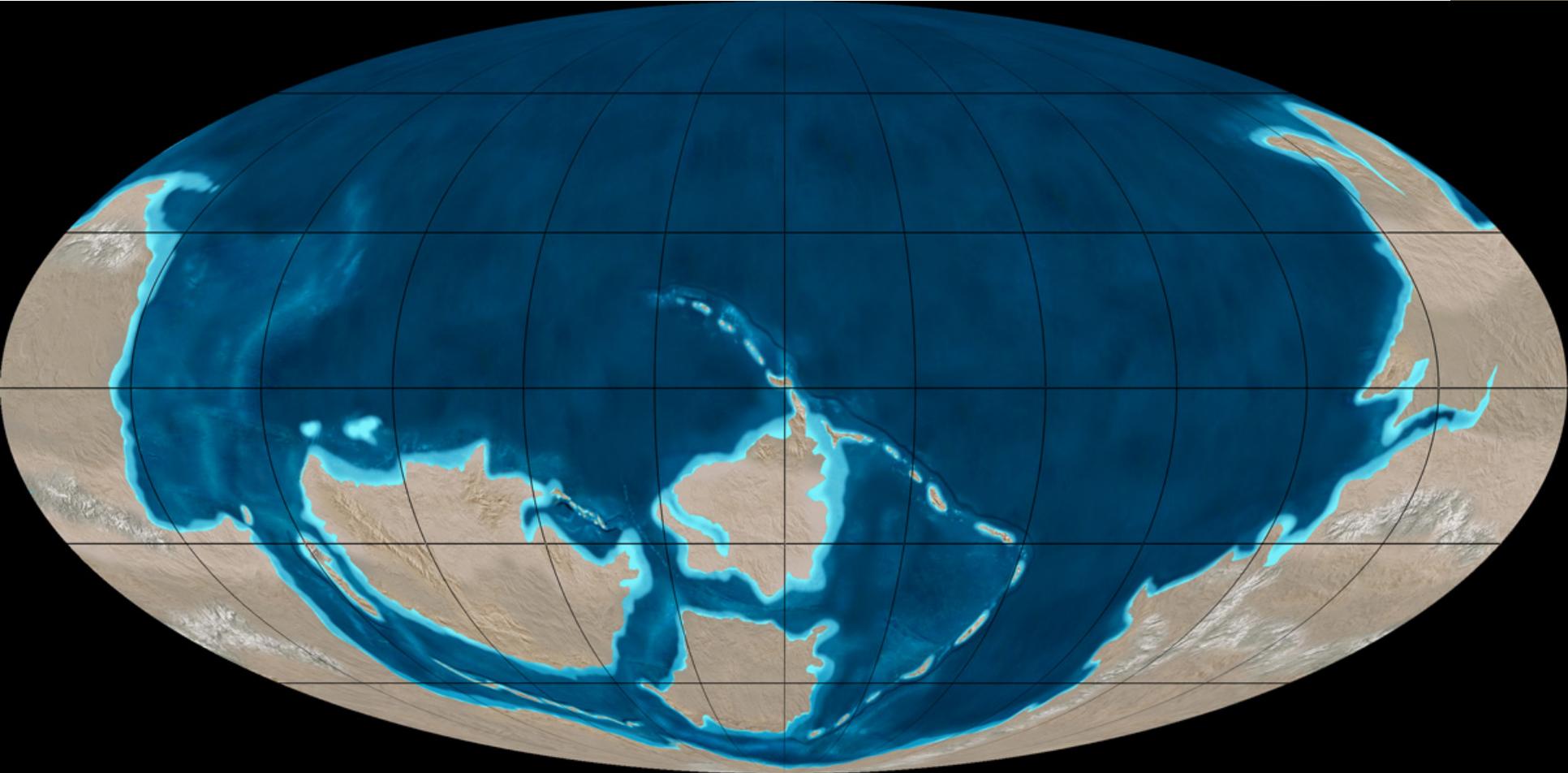
Ron Blakey and Colorado Plateau Geosystems Inc.  
<http://cpgeosystems.com/>

# 560Ma



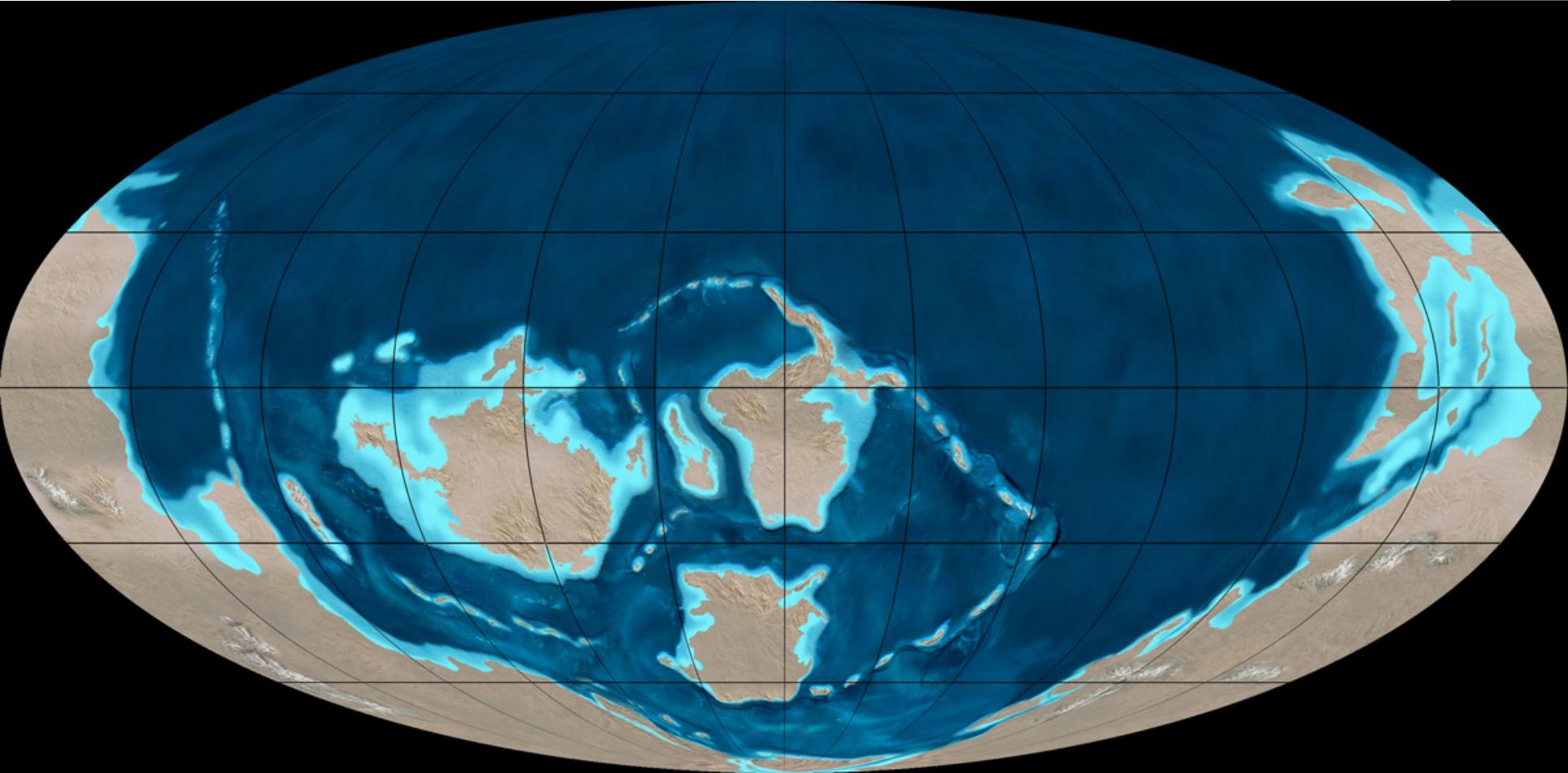
Ron Blakey and Colorado Plateau Geosystems Inc.  
<http://cpgeosystems.com/>

# 540Ma



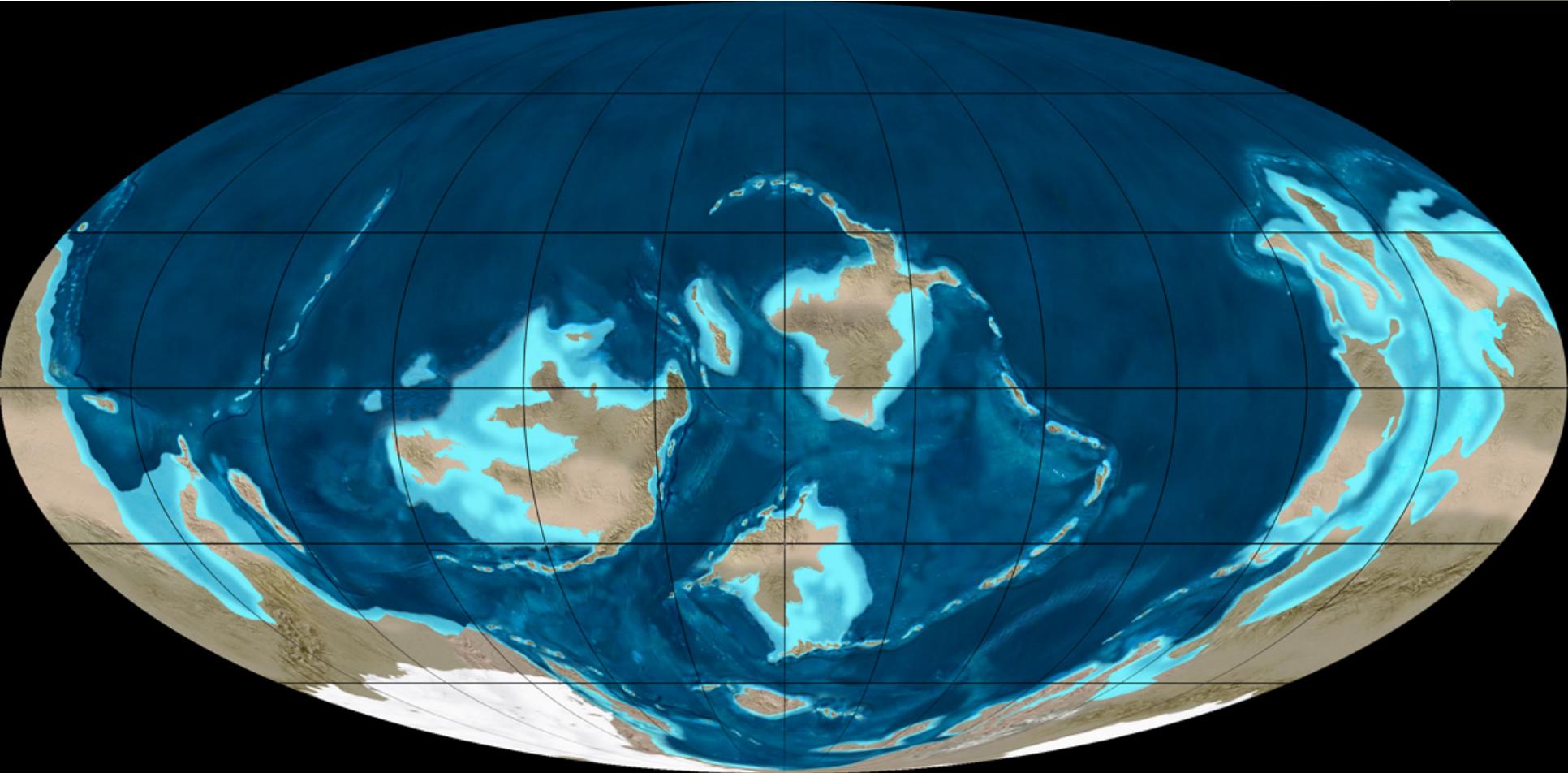
Ron Blakey and Colorado Plateau Geosystems Inc.  
<http://cpgeosystems.com/>

# 500Ma



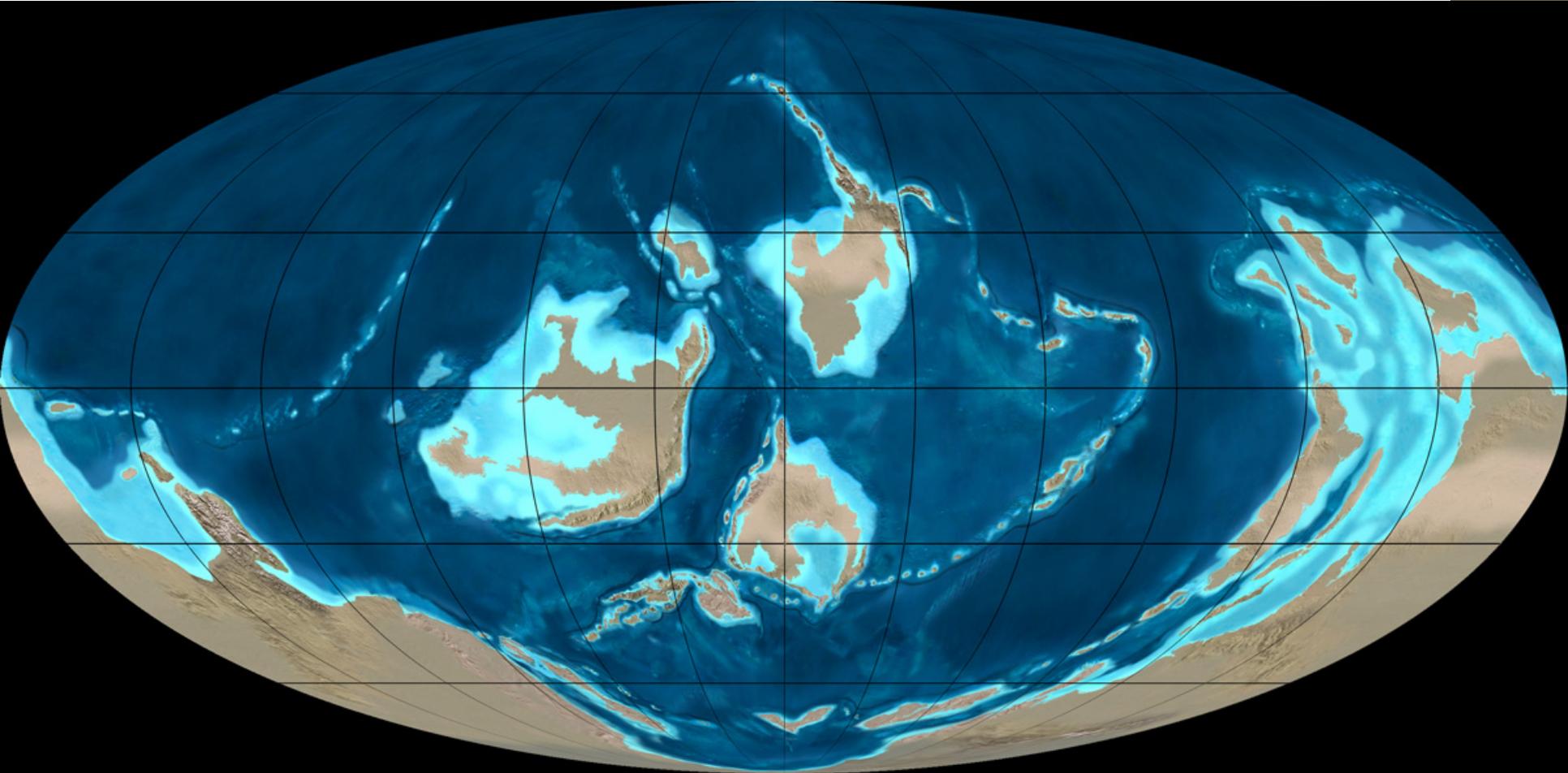
Ron Blakey and Colorado Plateau Geosystems Inc.  
<http://cpgeosystems.com/>

# 470Ma



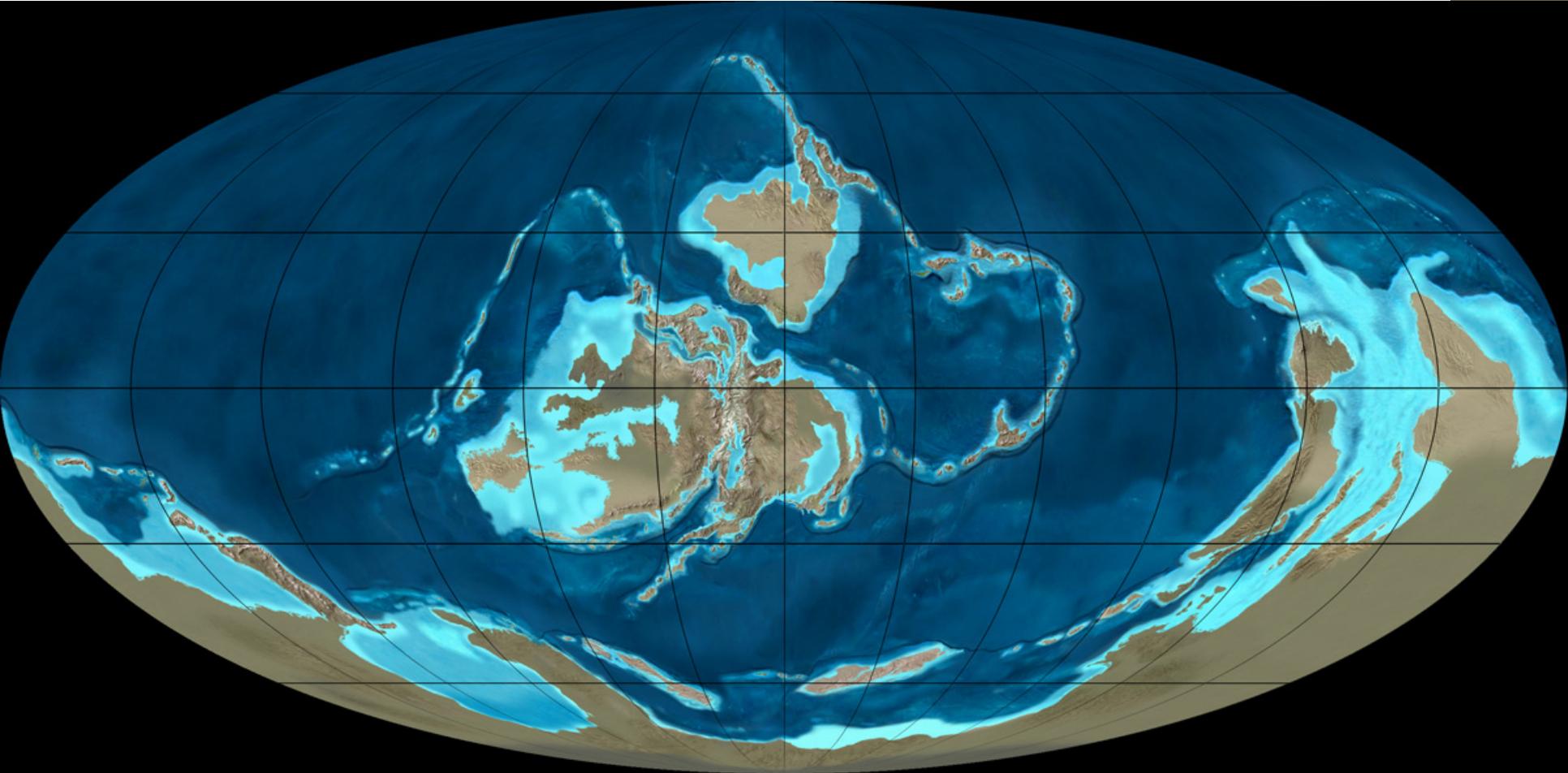
Ron Blakey and Colorado Plateau Geosystems Inc.  
<http://cpgeosystems.com/>

# 450Ma



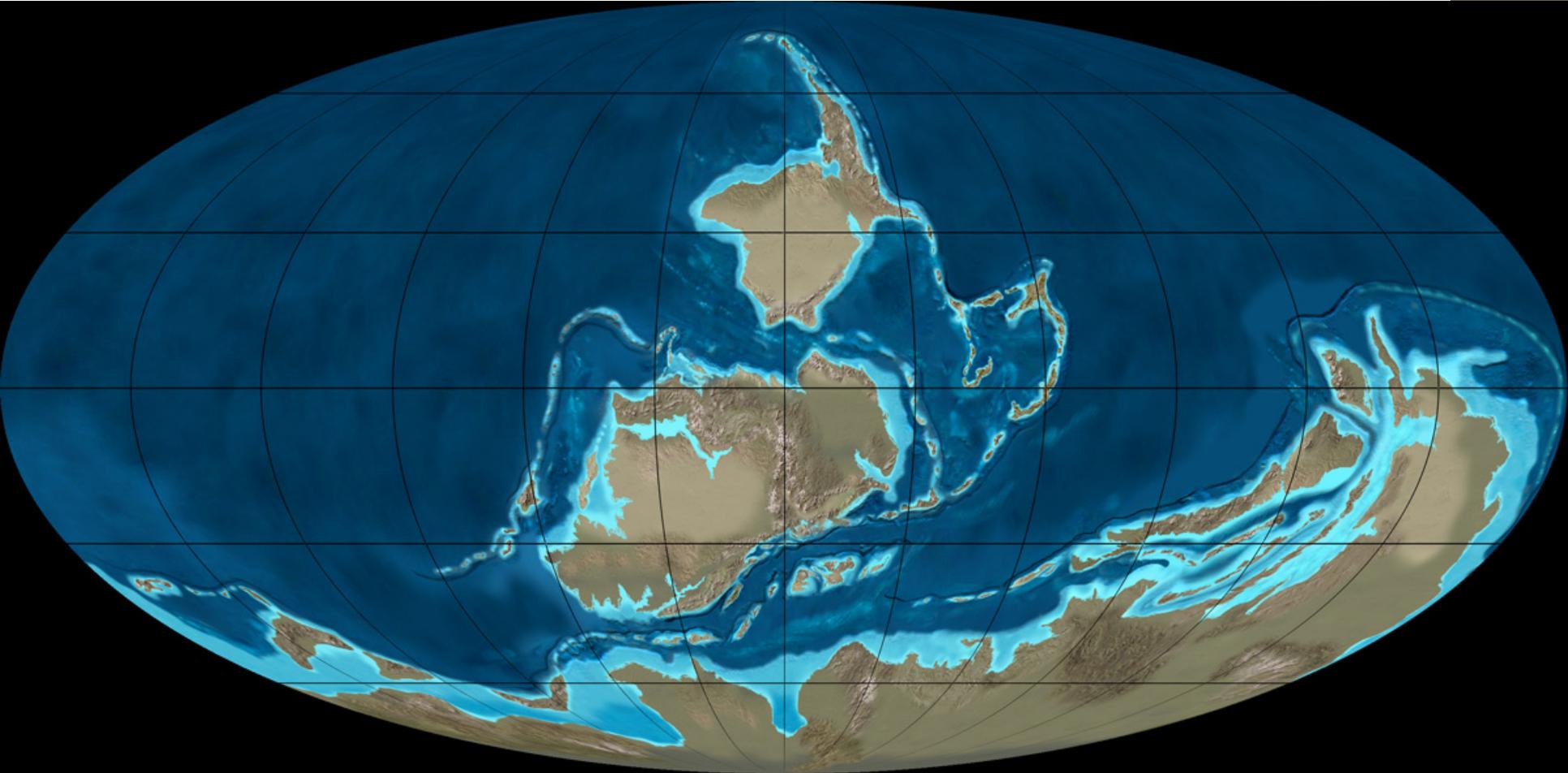
Ron Blakey and Colorado Plateau Geosystems Inc.  
<http://cpgeosystems.com/>

# 430Ma



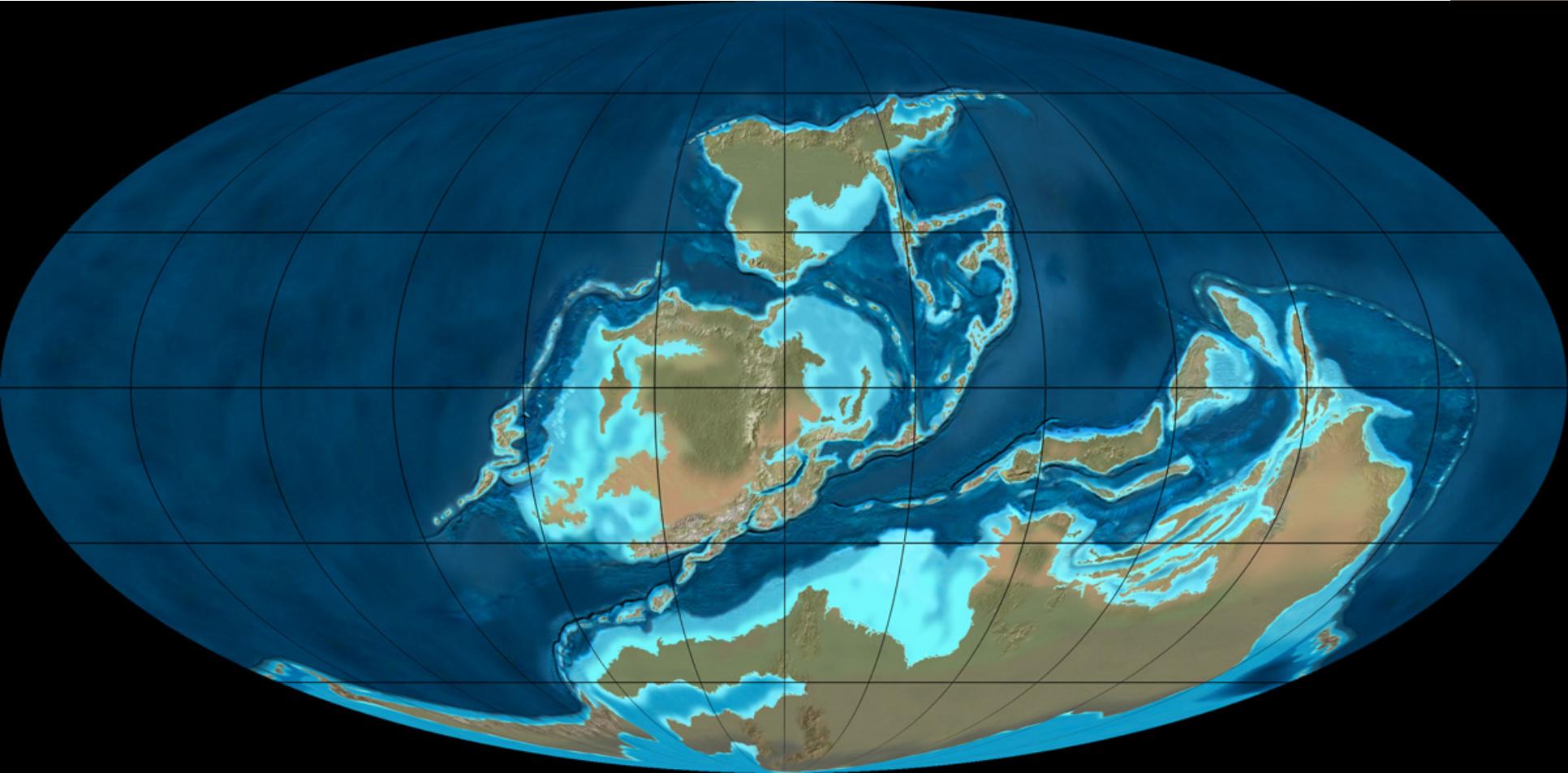
Ron Blakey and Colorado Plateau Geosystems Inc.  
<http://cpgeosystems.com/>

# 400Ma



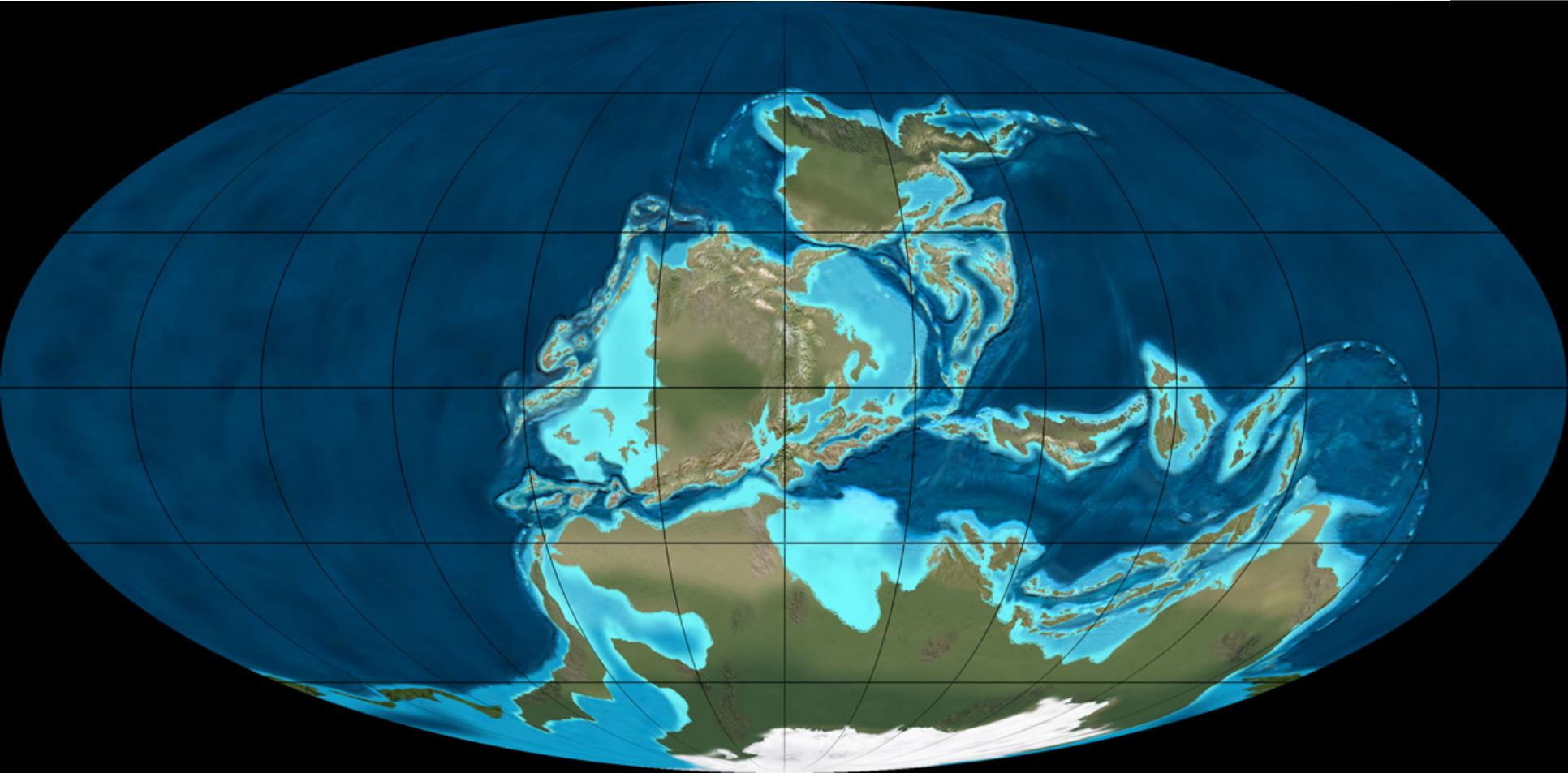
Ron Blakey and Colorado Plateau Geosystems Inc.  
<http://cpgeosystems.com/>

# 370Ma



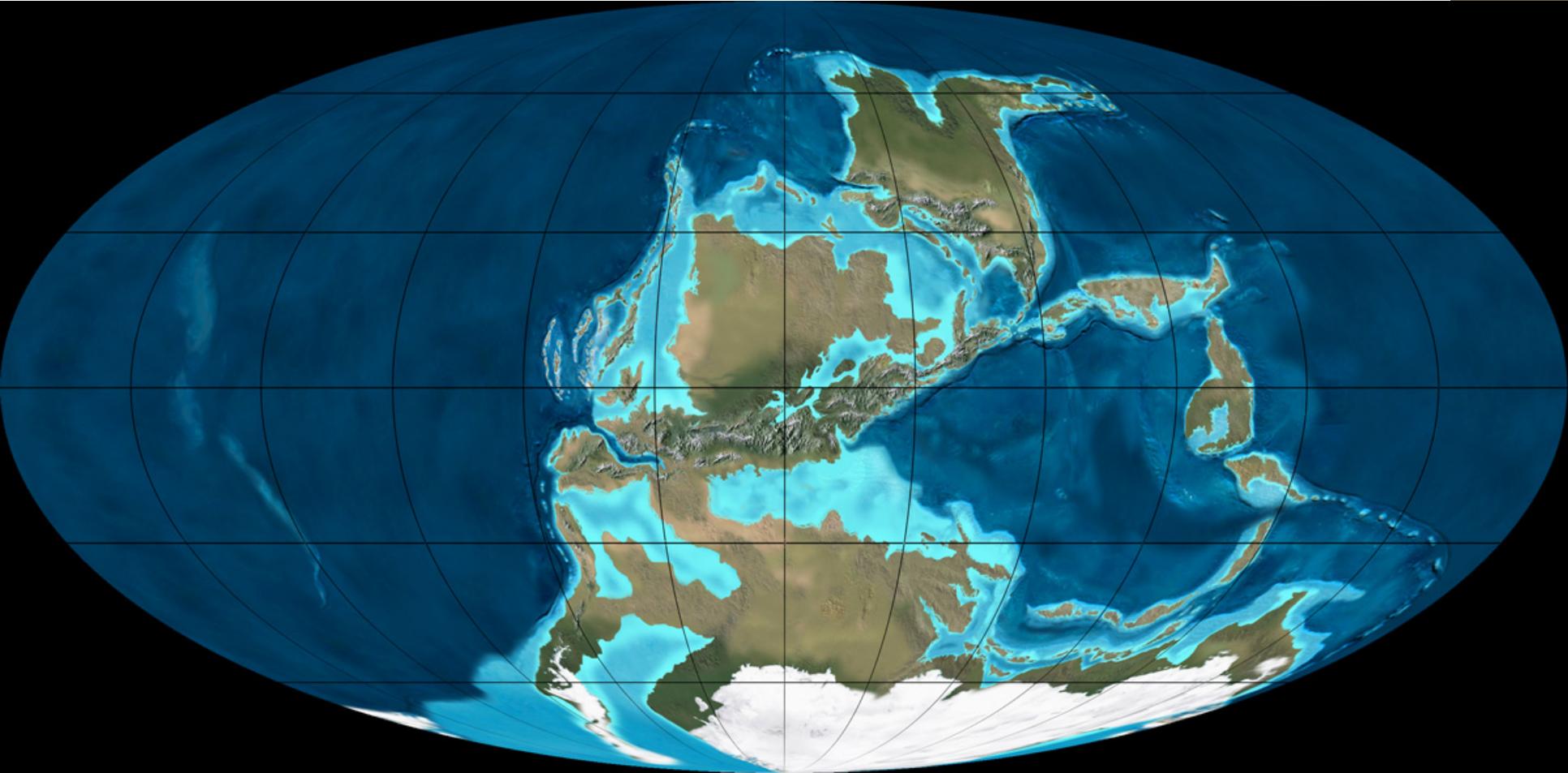
Ron Blakey and Colorado Plateau Geosystems Inc.  
<http://cpgeosystems.com/>

# 340Ma



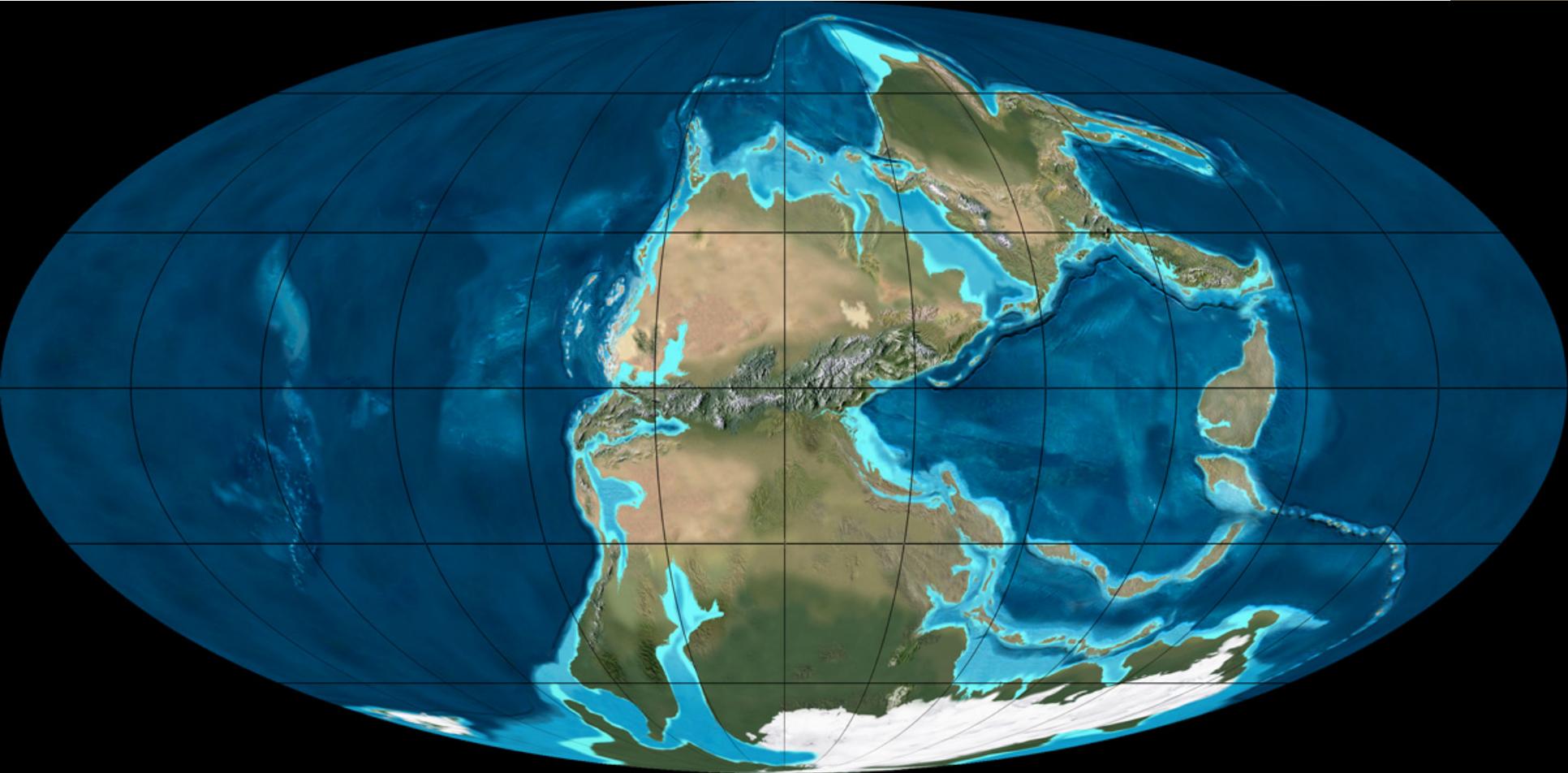
Ron Blakey and Colorado Plateau Geosystems Inc.  
<http://cpgeosystems.com/>

# 300Ma



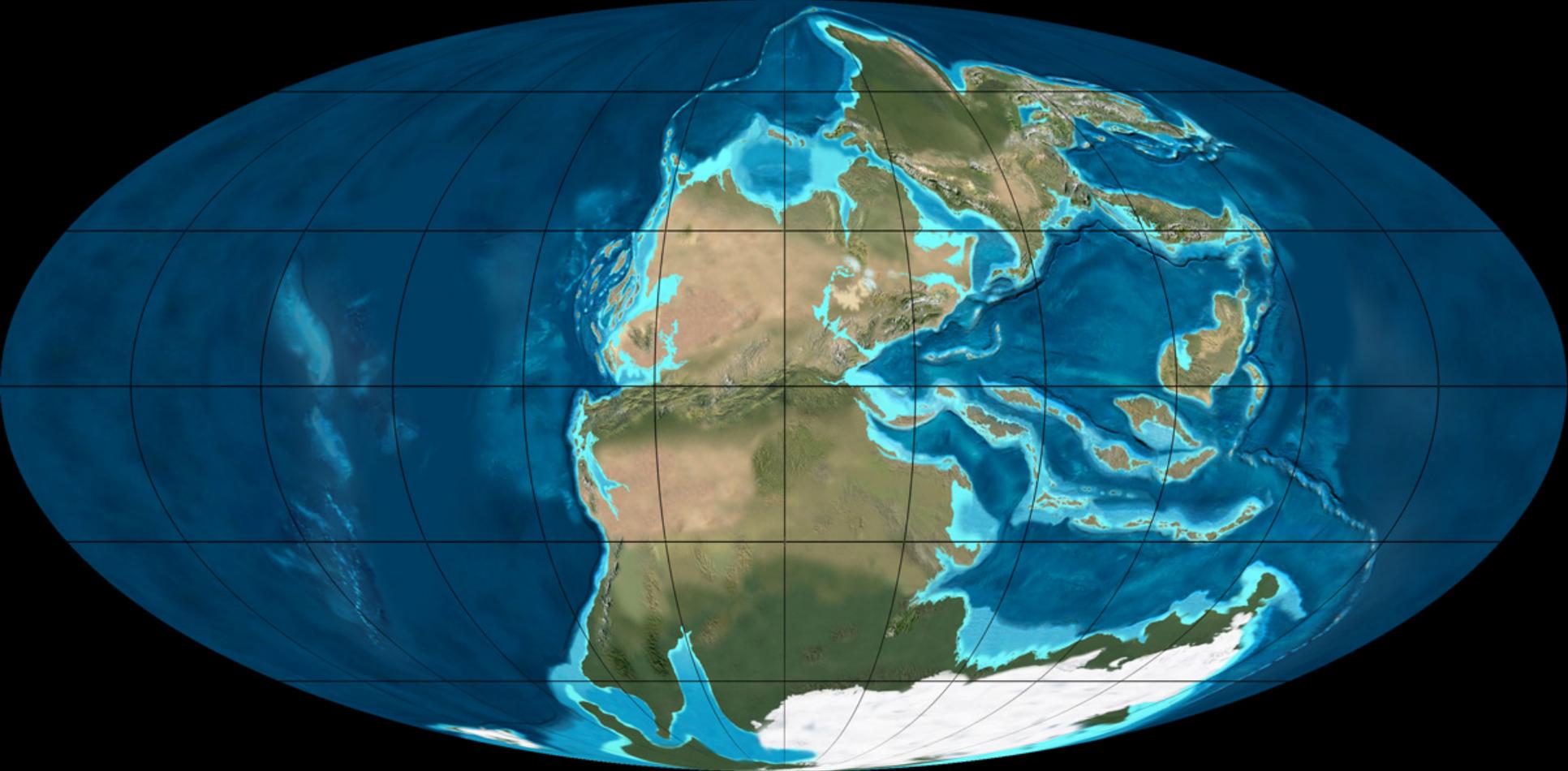
Ron Blakey and Colorado Plateau Geosystems Inc.  
<http://cpgeosystems.com/>

# 280Ma



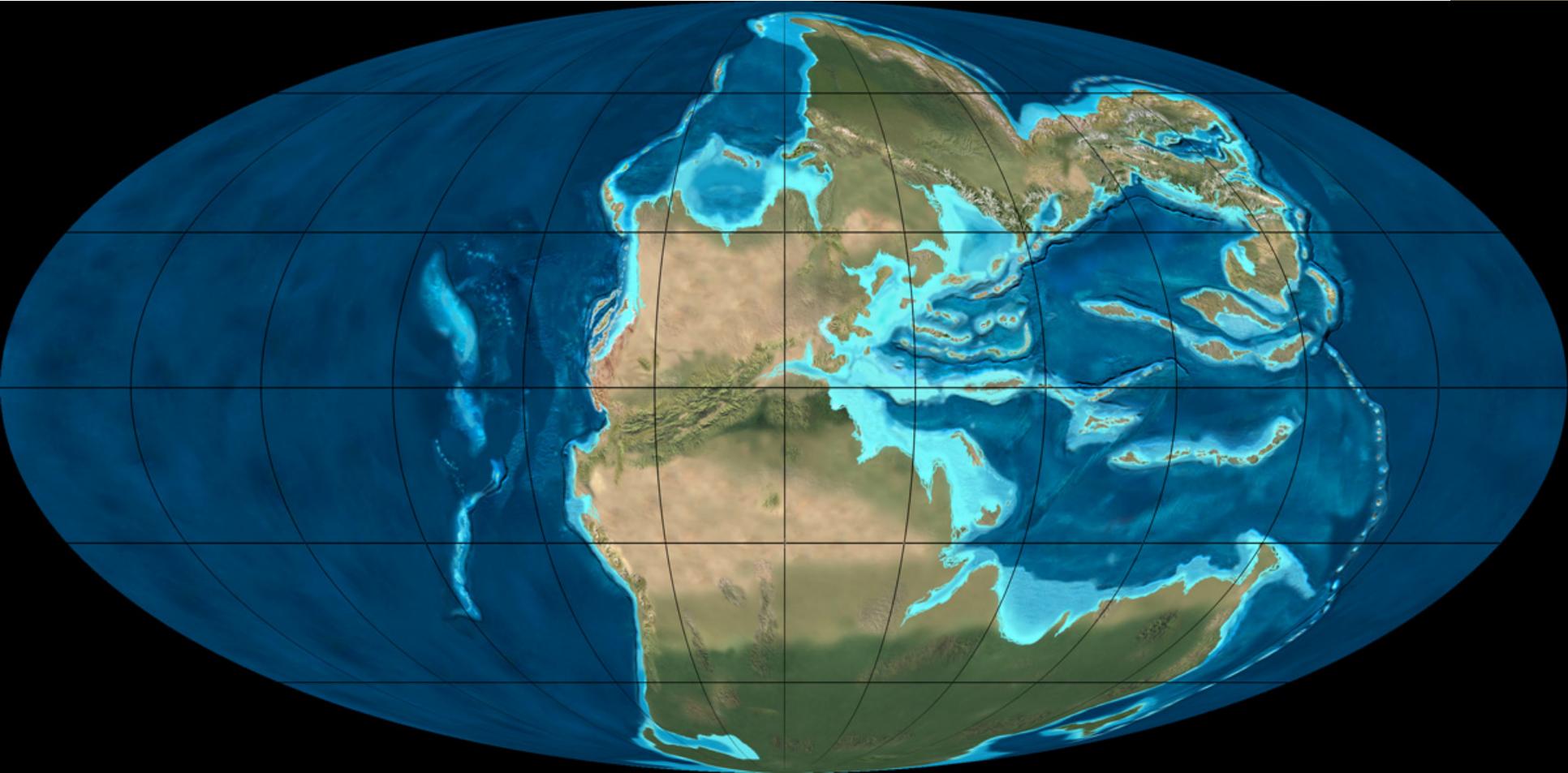
Ron Blakey and Colorado Plateau Geosystems Inc.  
<http://cpgeosystems.com/>

# 260Ma



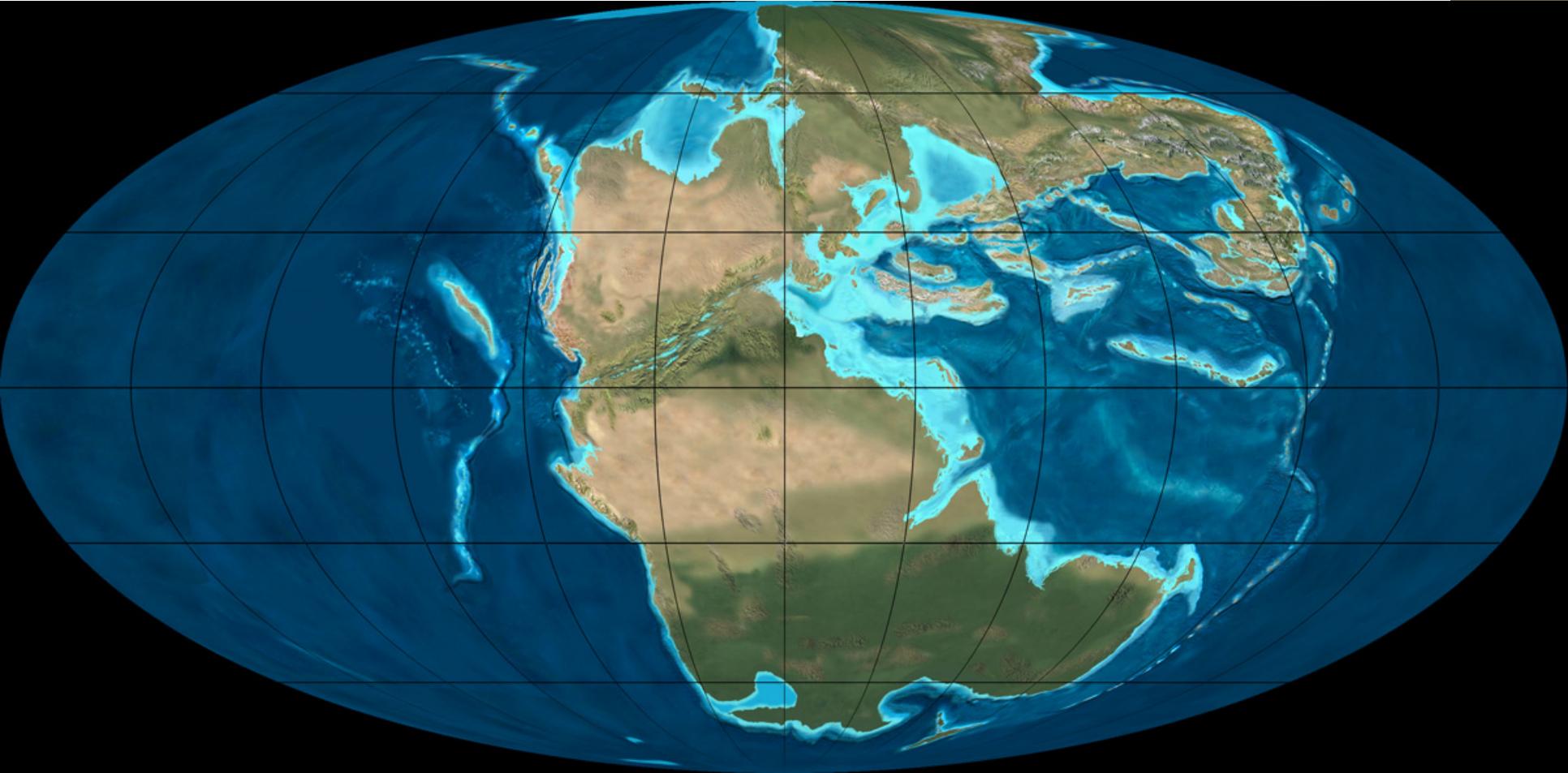
Ron Blakey and Colorado Plateau Geosystems Inc.  
<http://cpgeosystems.com/>

# 240Ma



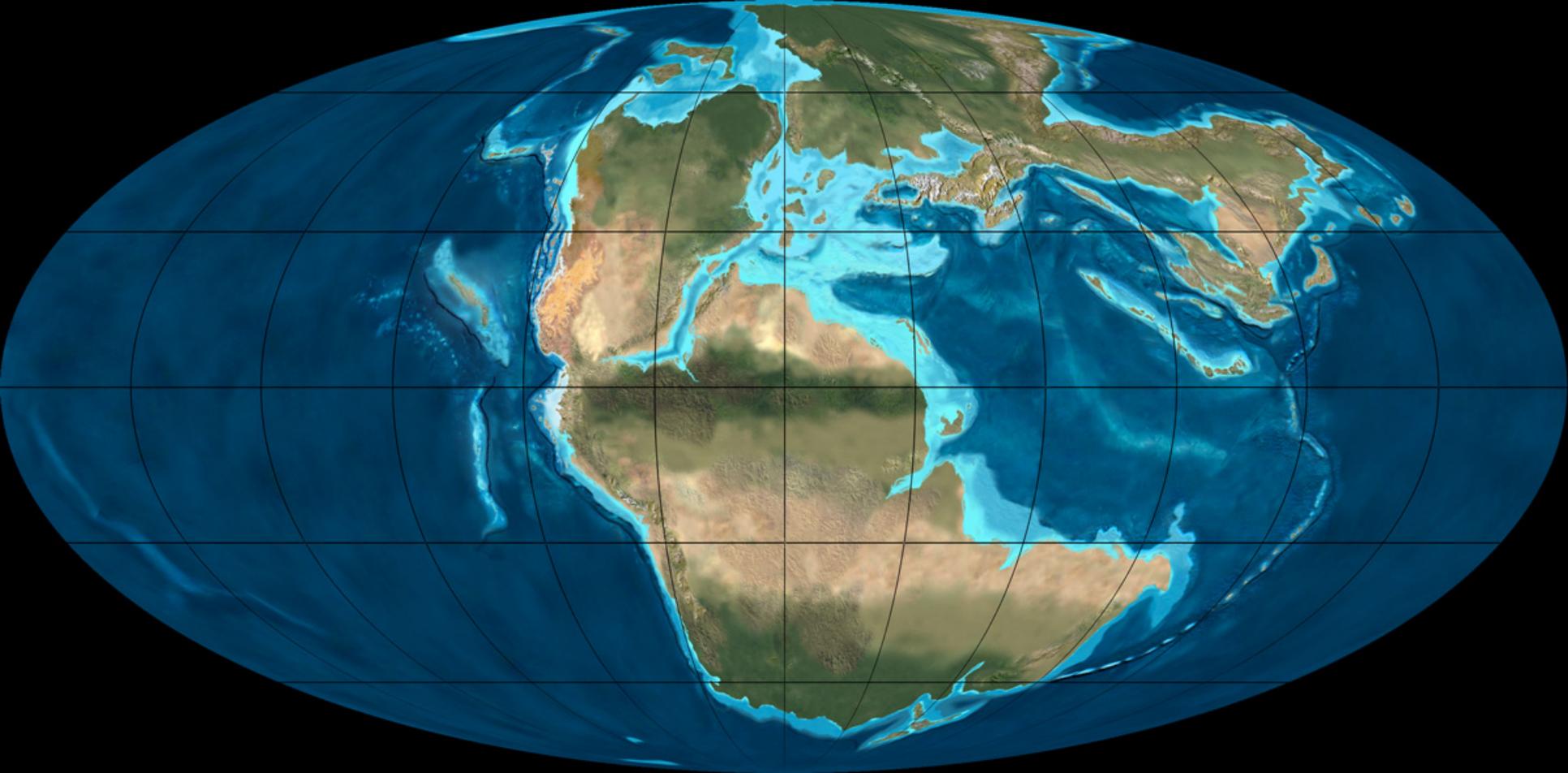
Ron Blakey and Colorado Plateau Geosystems Inc.  
<http://cpgeosystems.com/>

# 220Ma



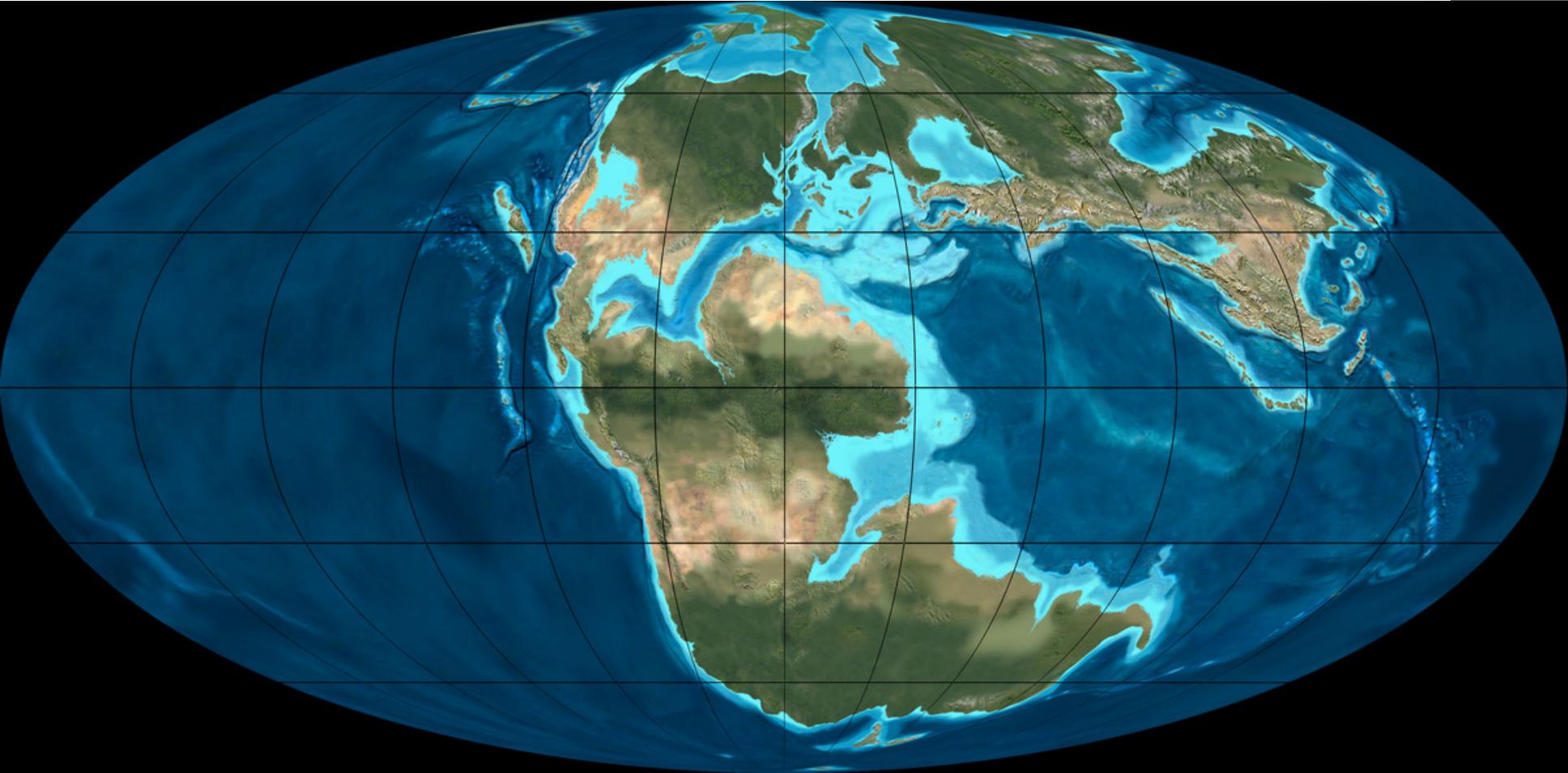
Ron Blakey and Colorado Plateau Geosystems Inc.  
<http://cpgeosystems.com/>

# 200Ma



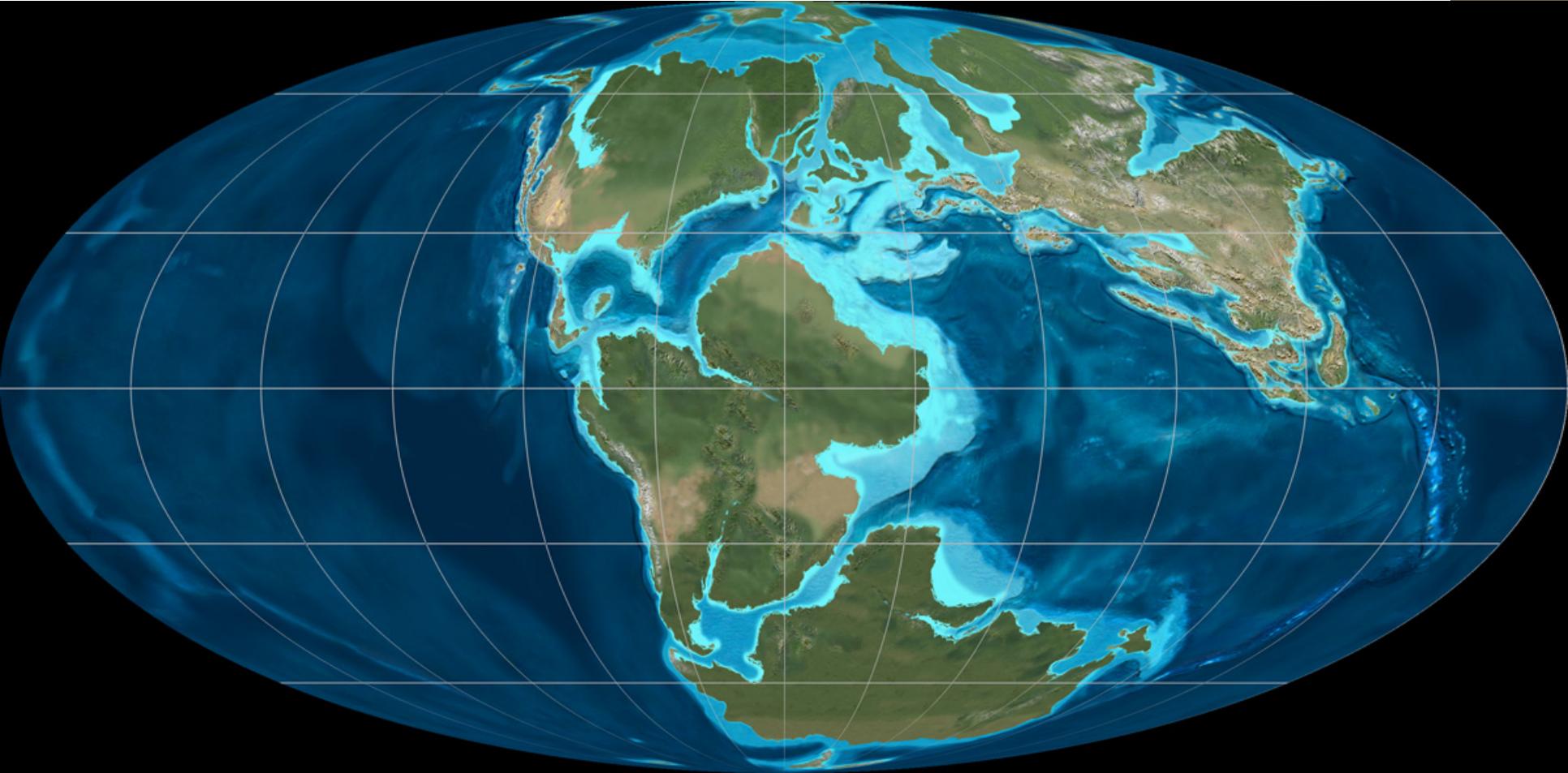
Ron Blakey and Colorado Plateau Geosystems Inc.  
<http://cpgeosystems.com/>

# 170Ma



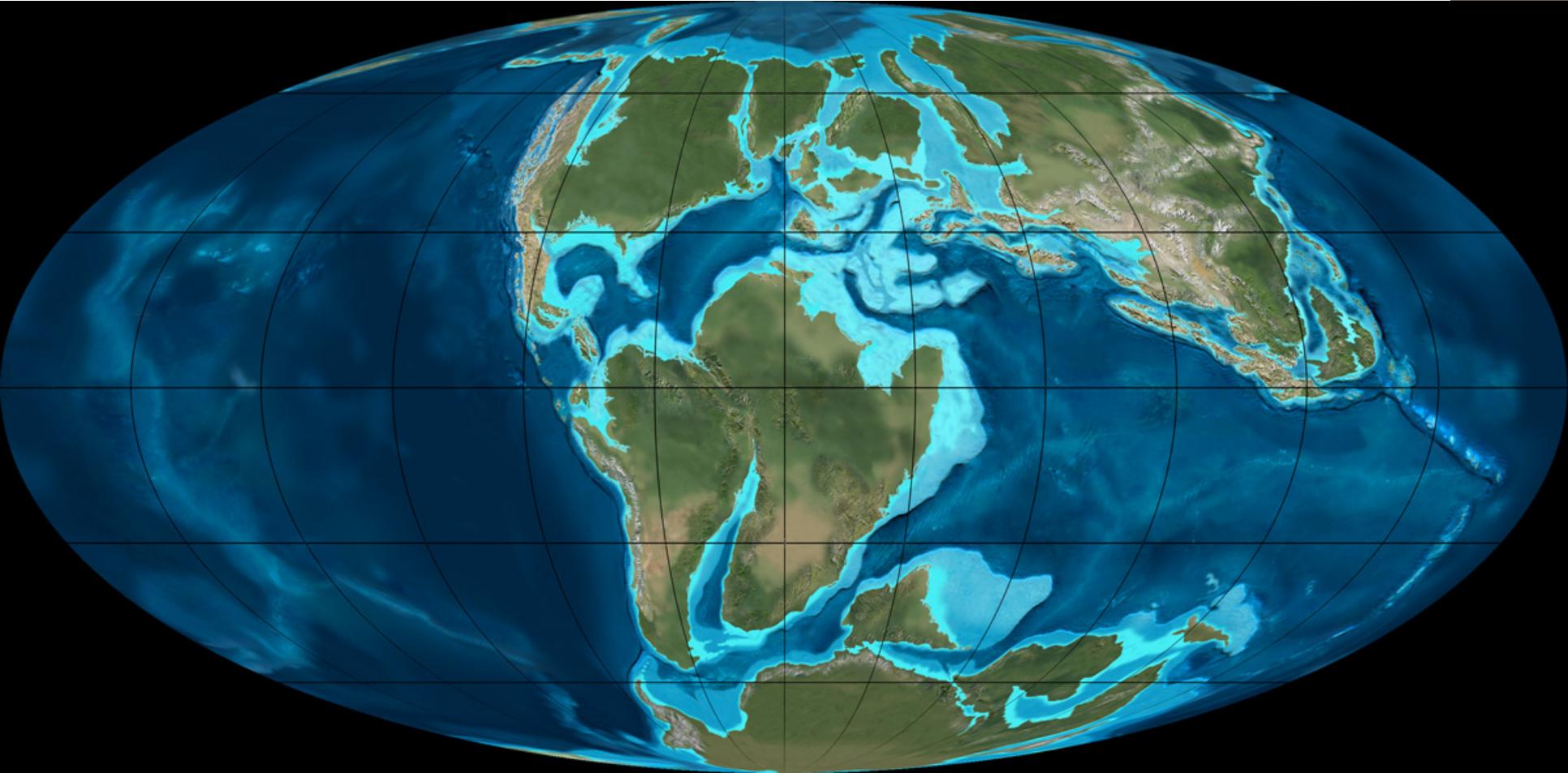
Ron Blakey and Colorado Plateau Geosystems Inc.  
<http://cpgeosystems.com/>

# 150Ma



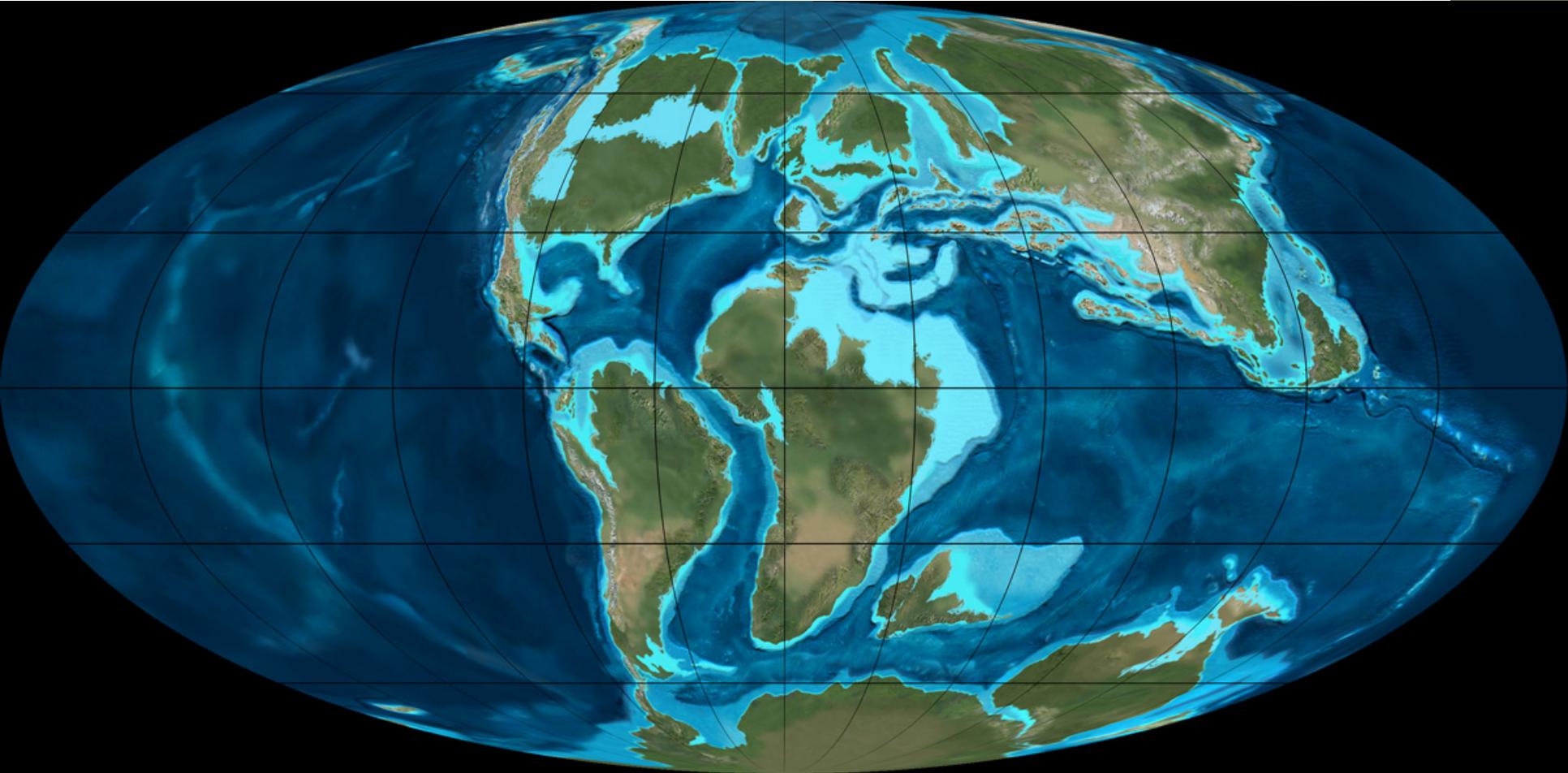
Ron Blakey and Colorado Plateau Geosystems Inc.  
<http://cpgeosystems.com/>

# 120Ma



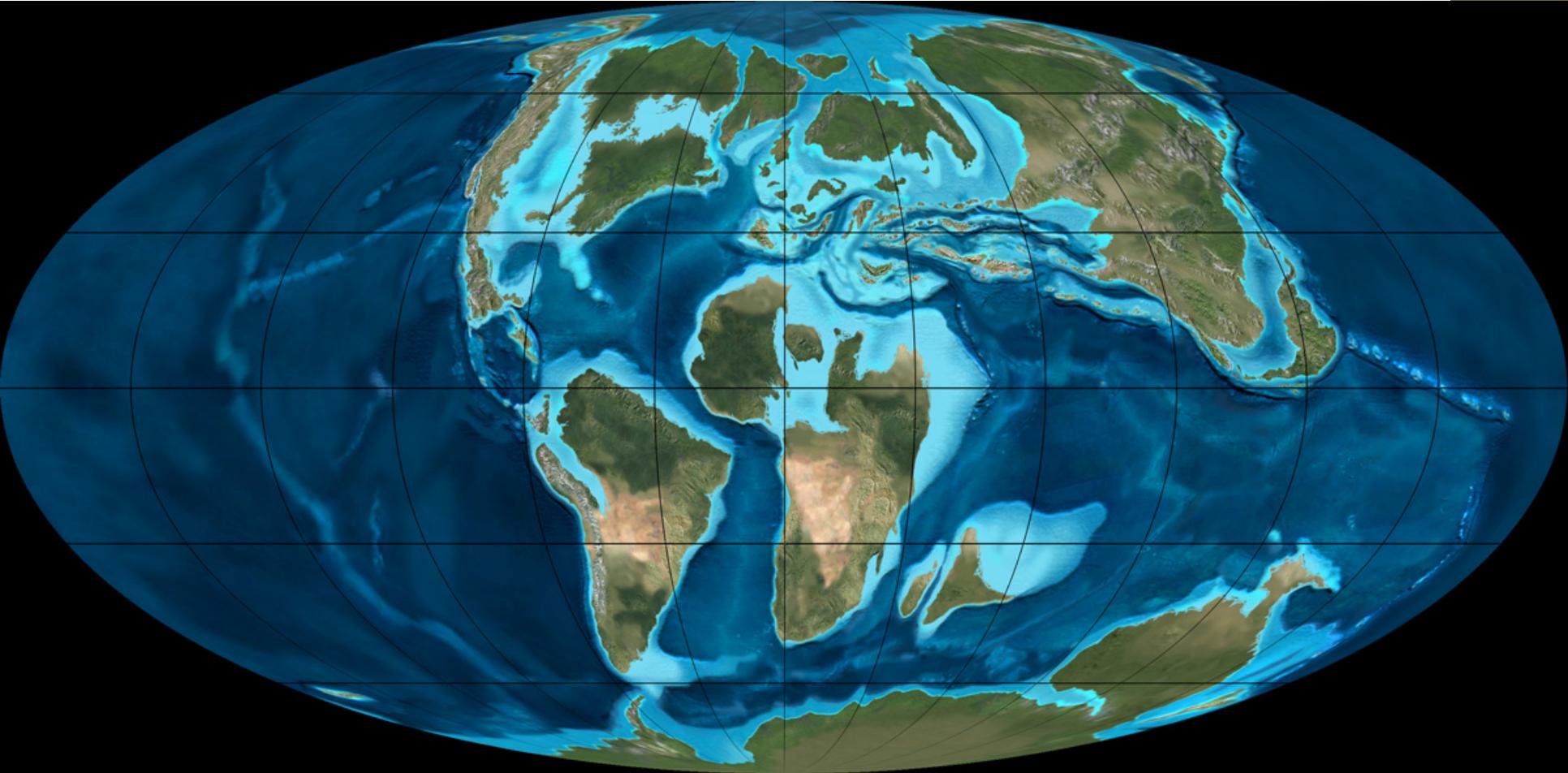
Ron Blakey and Colorado Plateau Geosystems Inc.  
<http://cpgeosystems.com/>

# 105Ma



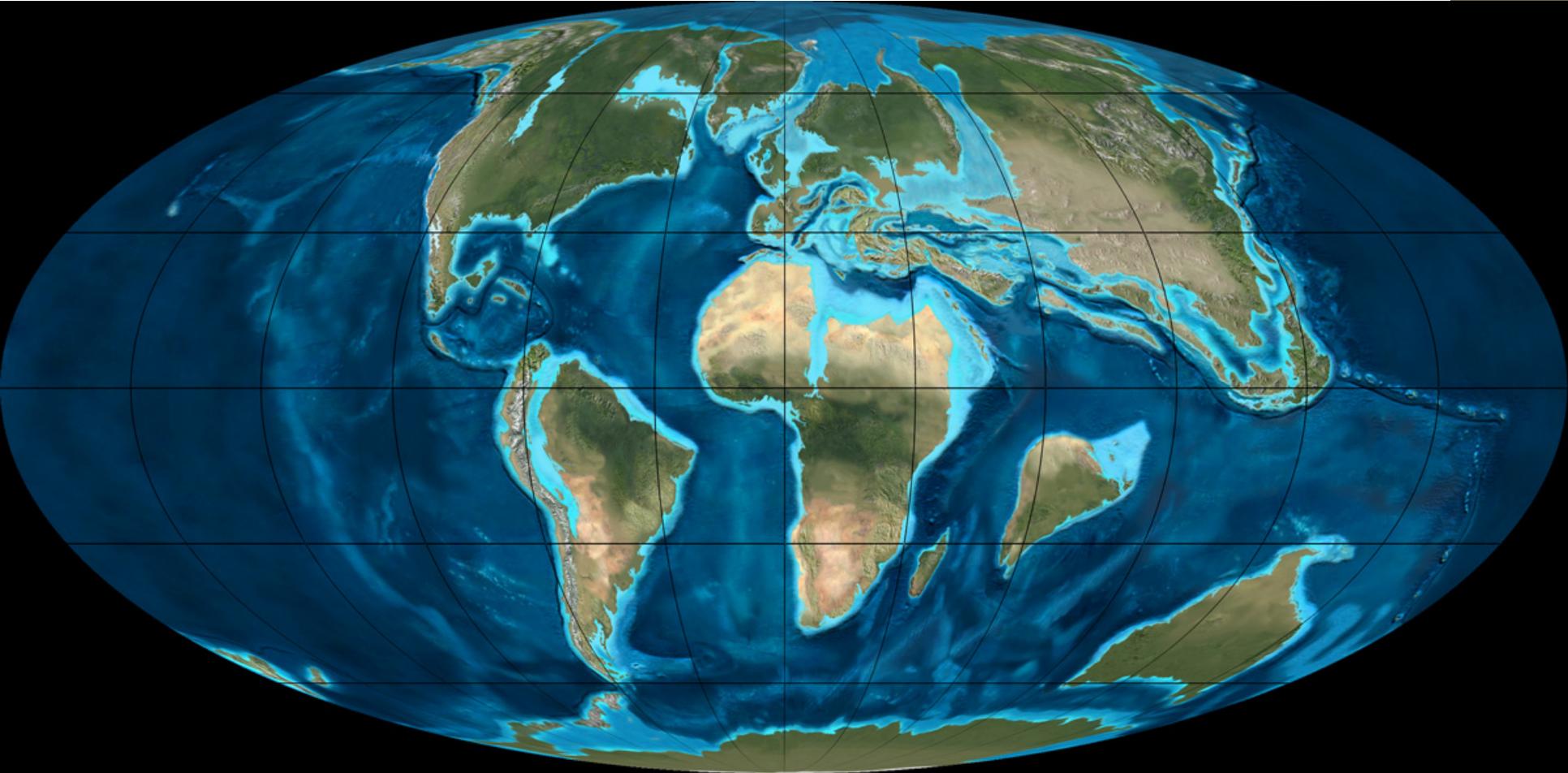
Ron Blakey and Colorado Plateau Geosystems Inc.  
<http://cpgeosystems.com/>

# 90Ma



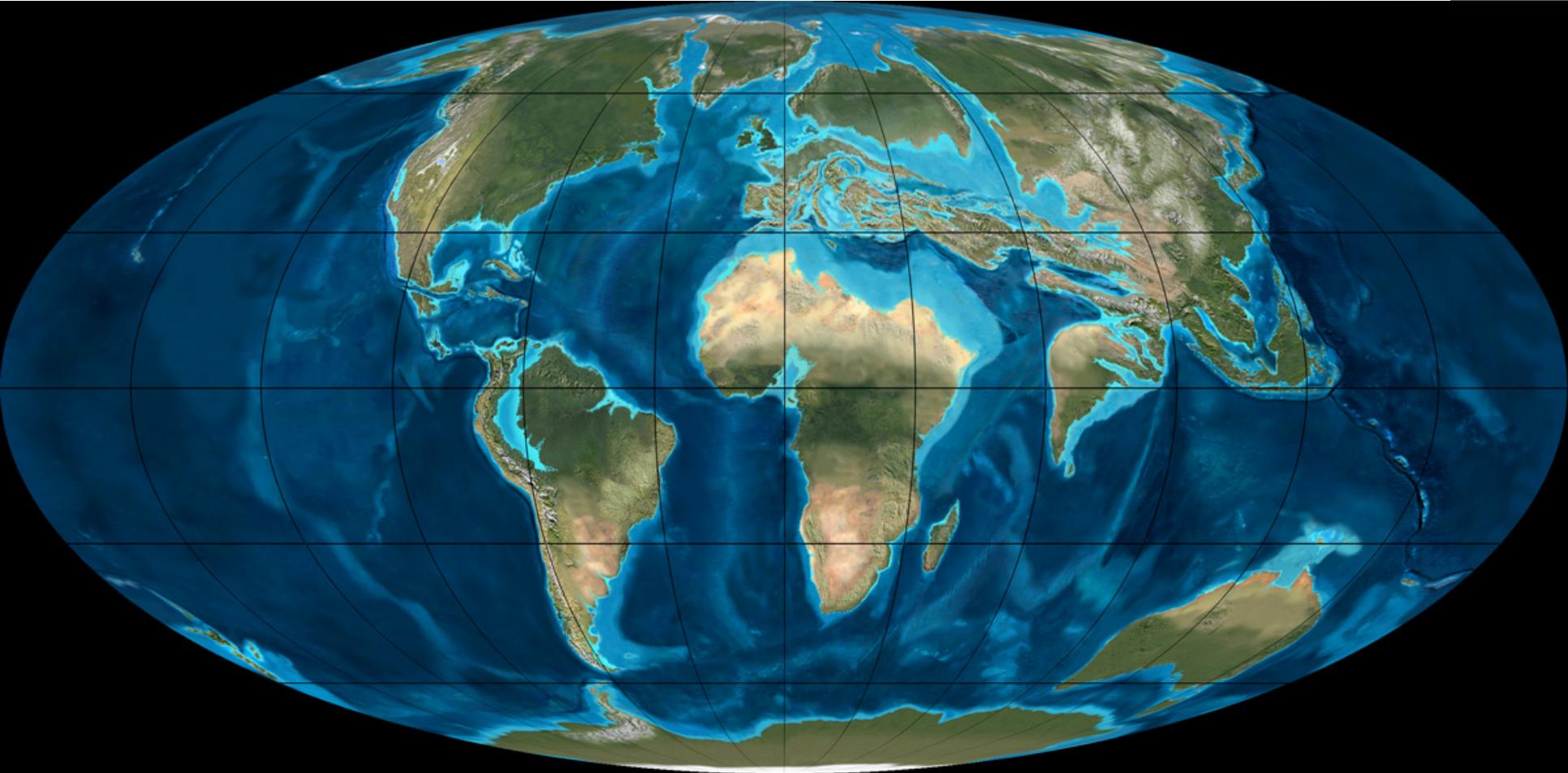
Ron Blakey and Colorado Plateau Geosystems Inc.  
<http://cpgeosystems.com/>

# 65Ma



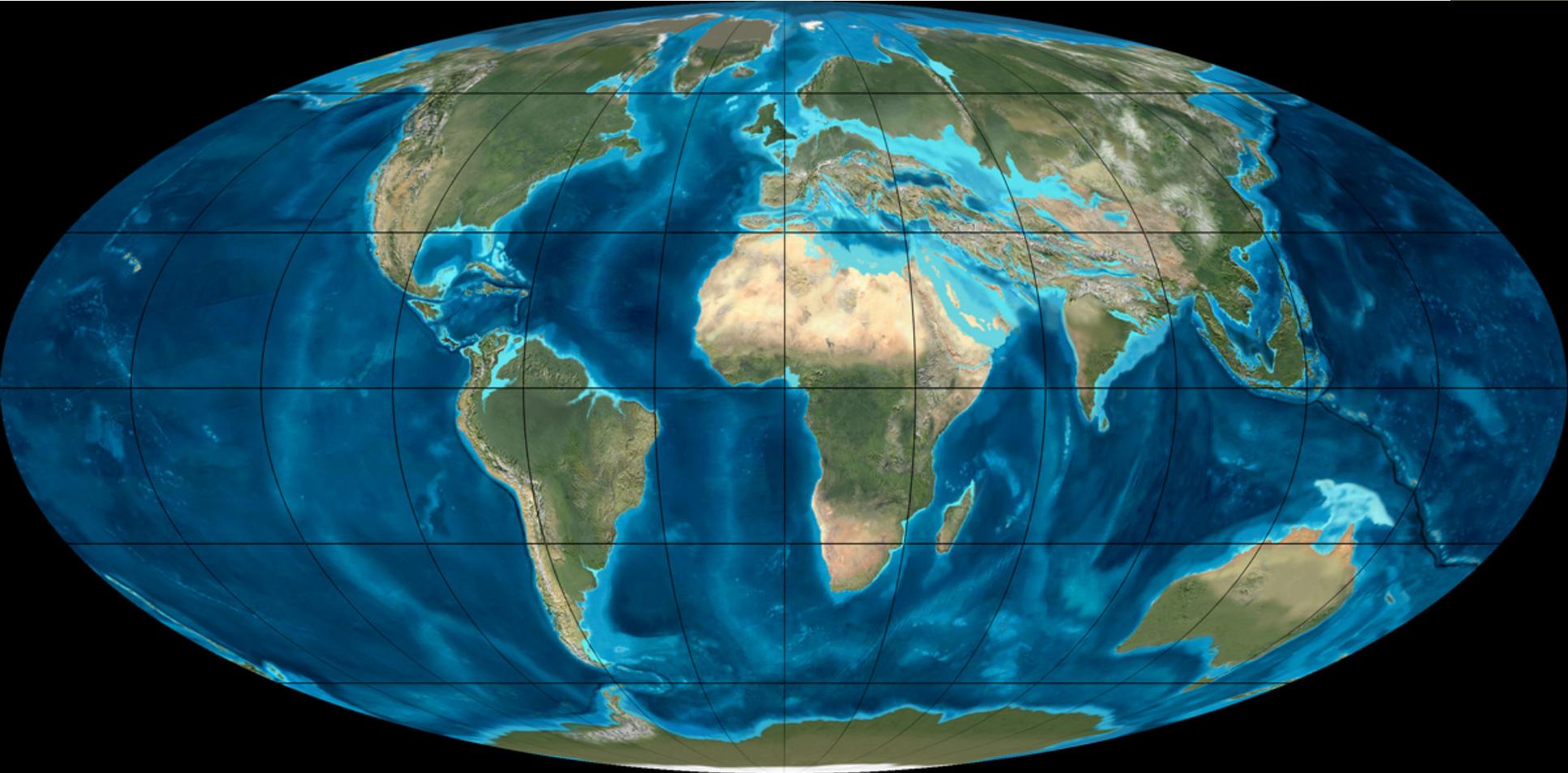
Ron Blakey and Colorado Plateau Geosystems Inc.  
<http://cpgeosystems.com/>

# 50Ma



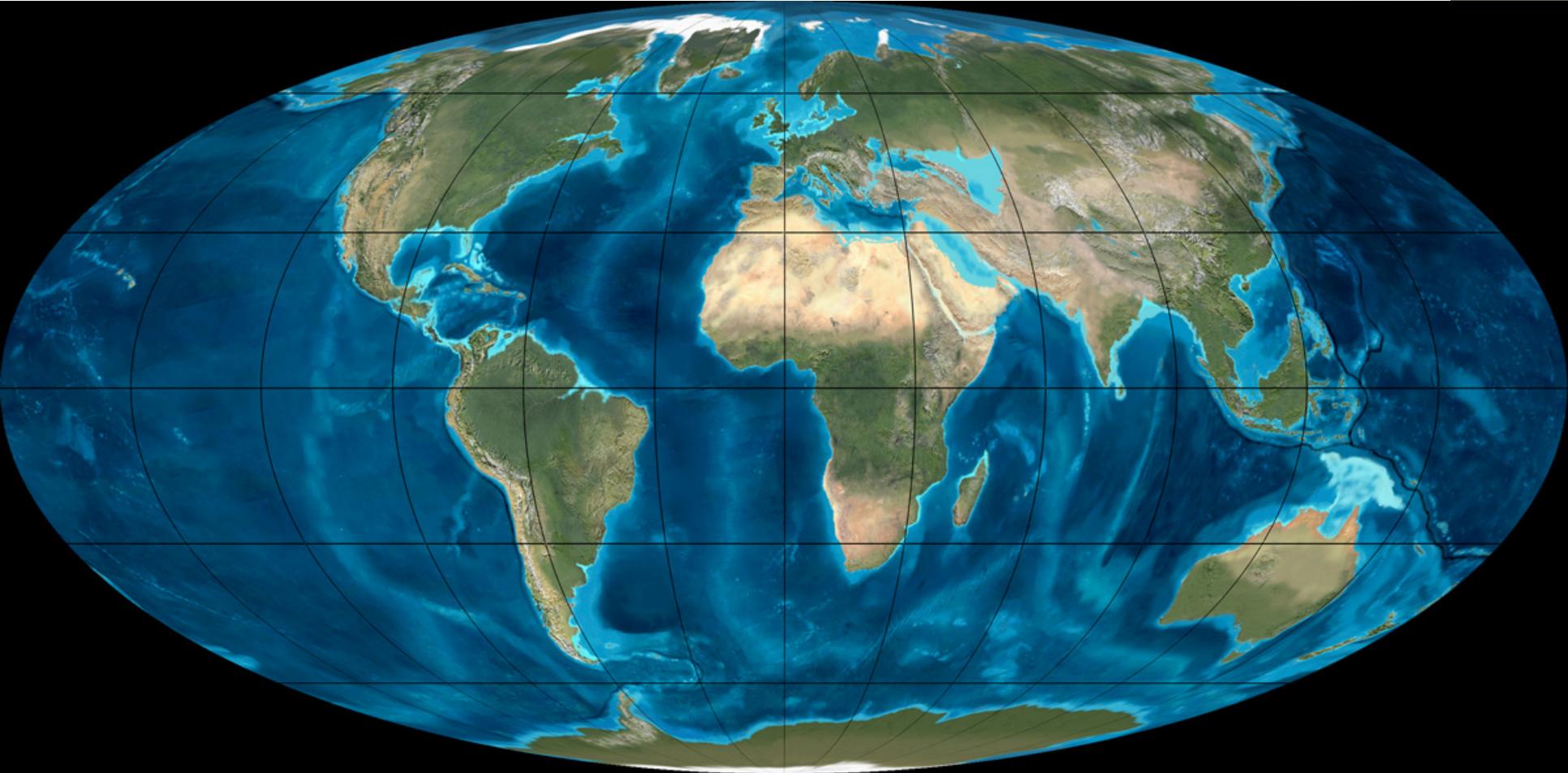
Ron Blakey and Colorado Plateau Geosystems Inc.  
<http://cpgeosystems.com/>

# 35Ma



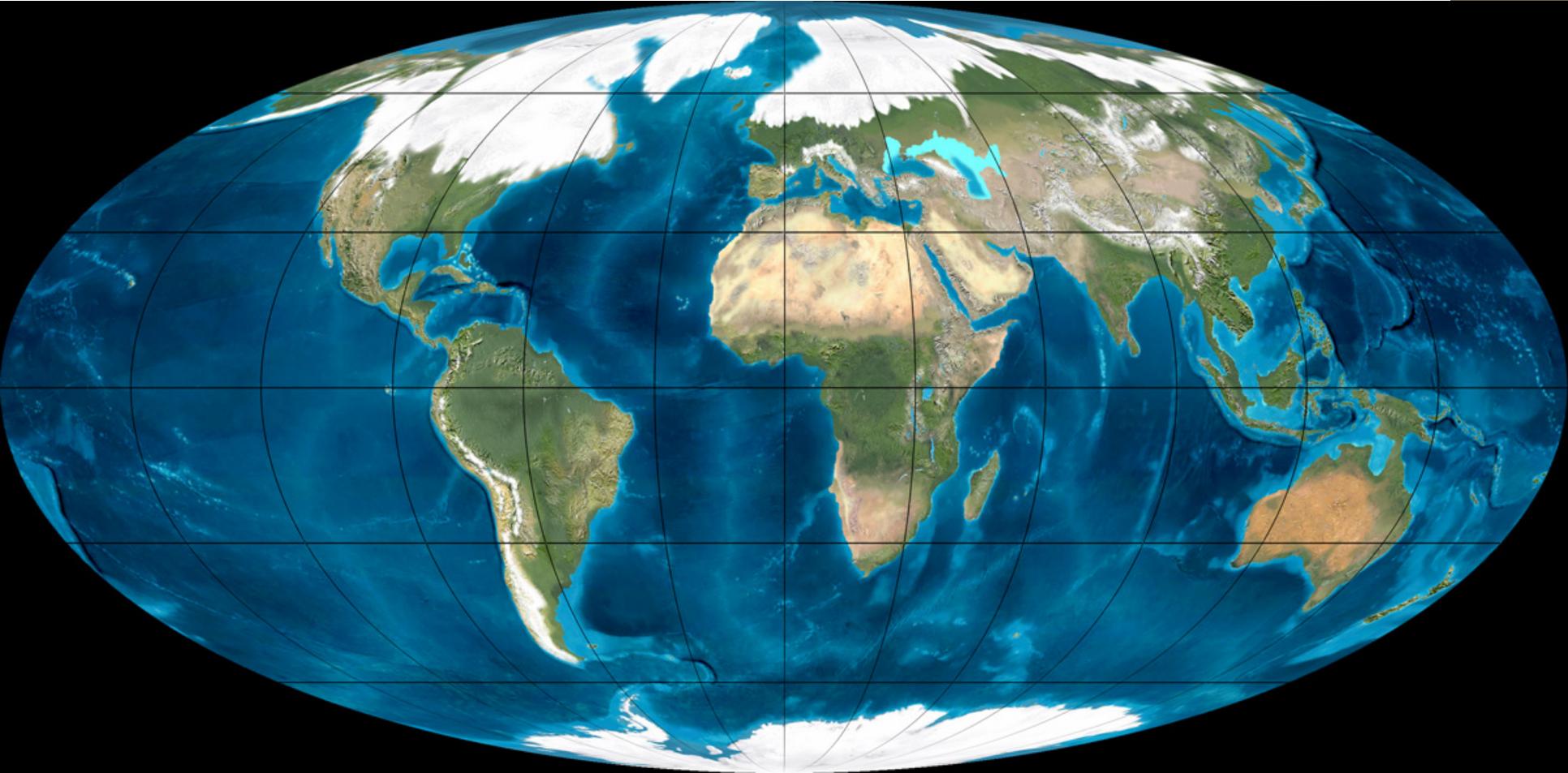
Ron Blakey and Colorado Plateau Geosystems Inc.  
<http://cpgeosystems.com/>

# 20Ma



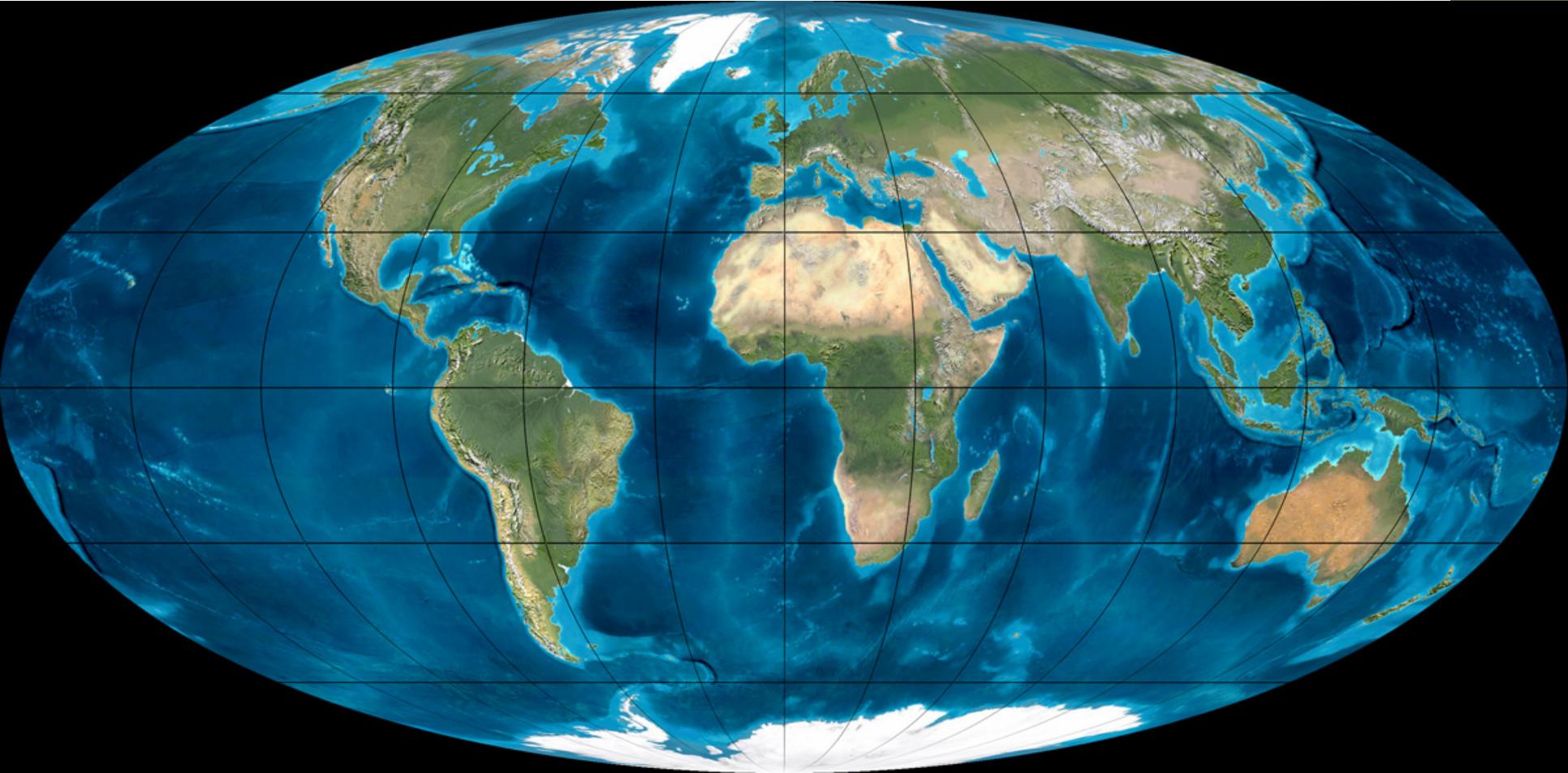
Ron Blakey and Colorado Plateau Geosystems Inc.  
<http://cpgeosystems.com/>

# 50.000 anos



Ron Blakey and Colorado Plateau Geosystems Inc.  
<http://cpgeosystems.com/>

# Atual



Ron Blakey and Colorado Plateau Geosystems Inc.  
<http://cpgeosystems.com/>

# Links para explorar...

- [https://www.youtube.com/watch?v=g\\_iEWvtKcuQ](https://www.youtube.com/watch?v=g_iEWvtKcuQ)
- <https://www.youtube.com/watch?v=hos7w8xrcEs>
- <https://www.youtube.com/watch?v=zlrwtKLB1Y>