

FISB24

A dimensão dos oceanos, seus
formatos e a composição do fundo

Mauro Cirano

ICE (°F) 40 50 60 70 80 90



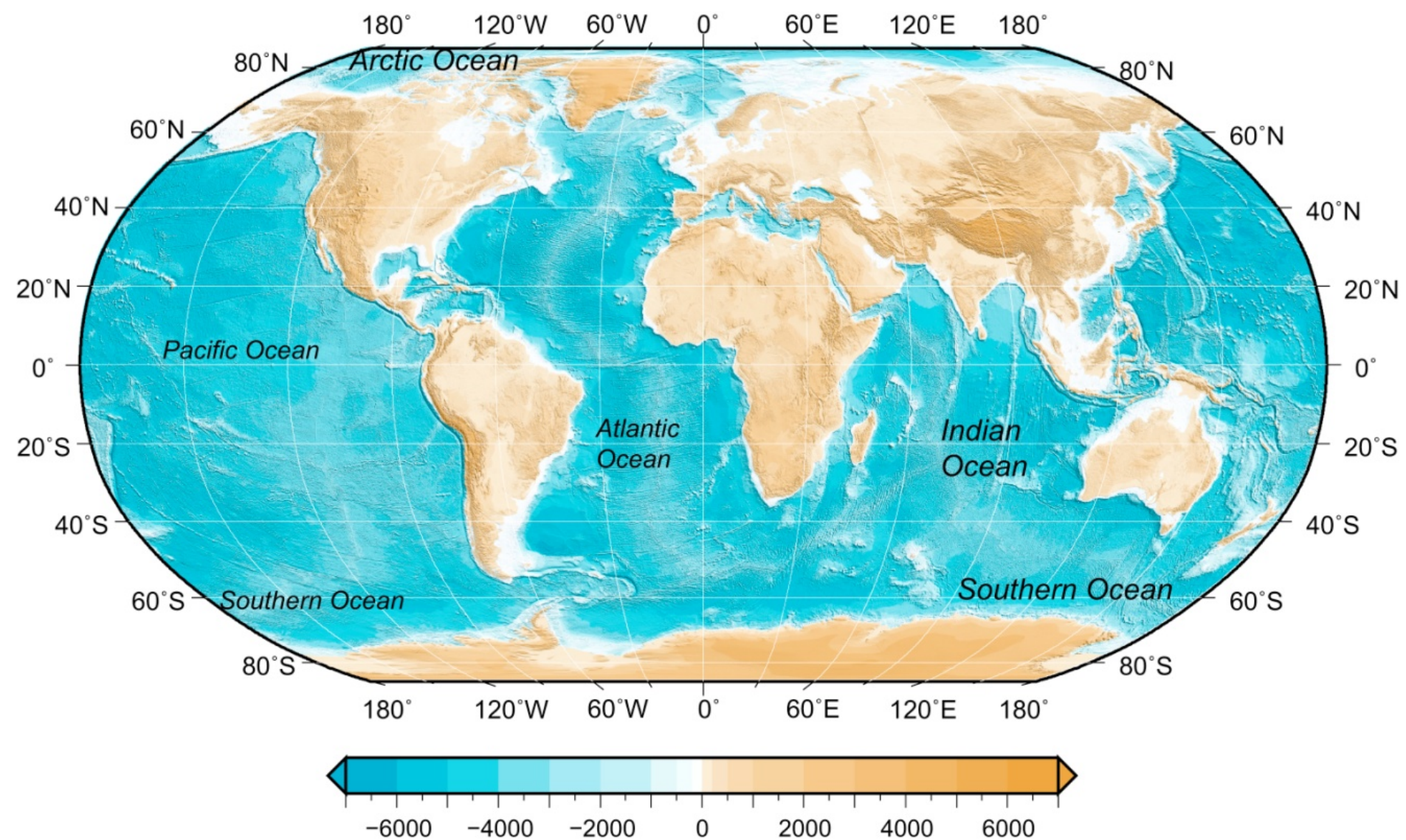
Sumário

- Dimensões
- As placas tectônicas e a topografia do fundo oceânico
- Feições do fundo oceânico
- As escalas espaciais
- Terminologias/definições importantes
- Métodos para o mapeamento da topografia de fundo
- As bacias oceânicas
- Ferramentas práticas: Atlas dos Oceanos



Dimensões

- Os oceanos são bacias que ocorrem na superfície da terra sólida e que são preenchidas por água salgada. O objetivo aqui é introduzir as principais nomenclaturas e destacar as particularidades das bacias que tem relação com a circulação oceânica e com os processos dinâmicos
- As principais áreas oceânicas incluem o **Oceano Atlântico**, o **Oceano Pacífico**, o **Oceano Índico**, o **Oceano Ártico** e o **Oceano Austral**
- Os 4 primeiros oceanos apresentam divisões claras entre si, principalmente através de massas continentais
- O Oceano Austral, entretanto, apresenta uma divisão dos outros oceanos em função da sua circulação e das massas de água associadas



Mapa da batimetria do globo baseada em sondagens de navios e dados de altimetria de satélite com uma resolução de 30 segundos de grau (1 km). Dados de Smith & Sandwell (1997), Becker et al. (2009) e SIO (2008). Extraído de Talley et al (2011).



Dimensões

- O formato, a profundidade e a localização geográfica de um dado oceano afeta a características gerais da circulação
- Feições de menor escala, como fossas profundas e zonas de fratura, montes submarinos e a rugosidade de fundo, influenciam detalhes importantes da circulação e dos processos de mistura que são importantes para os mecanismos forçantes e as propriedades das águas



Dimensões

- Os oceanos apresentam características bem distintas:
 - A dimensão leste-oeste dos Oceanos Atlântico e Índico é a metade da do Oceano Pacífico
 - O Oceano Índico não apresenta altas latitudes a norte, o que restringe a formação de massas de água
 - Enquanto o Oceano Pacífico apresenta margens ativas com vários vulcões e a ocorrência de terremotos, o Oceano Atlântico é caracterizado por uma dinâmica mais associada a cordilheira meso oceânica, que adiciona material ao fundo oceânico promovendo um contínuo crescimento (alguns cm/ano) deste oceano ao longo dos anos



Dimensões

- Os **Mares marginais** são bacias que estão conectadas ao oceano adjacente por um ou mais canais estreitos. Quando esta conexão é bastante limitada estas regiões também podem ser chamadas de **Mares Mediterrâneos**
 - Balanço de água na superfície **negativo** (precipitação e aporte fluvial < evaporação). Exemplo: Mar Mediterrâneo
 - Balanço de água na superfície **positivo** (precipitação e aporte fluvial > evaporação). Exemplo: Mar Negro que se conecta ao Mar Mediterrâneo
- Outros exemplos de mares marginais incluem o Mar do Caribe, o Mar do Japão, Mar de Bering, etc.



Dimensões

- O termo **Mar** pode ainda ser utilizado para definir uma porção de um dado oceano que não é dividida por terra mas que tem características oceanográficas distintas. Exemplos: Mar da Noruega, Mar do Labrador, Mar de Sargasso e Mar da Tasmânia
- Em média, a superfície da terra é coberta por 71% de oceanos/mares e 29% de terras continentais. A proporção entre água e continente é muito diferente entre os hemisférios:
 - Hemisfério Norte (1,5 : 1)
 - Hemisfério Sul (4 : 1)

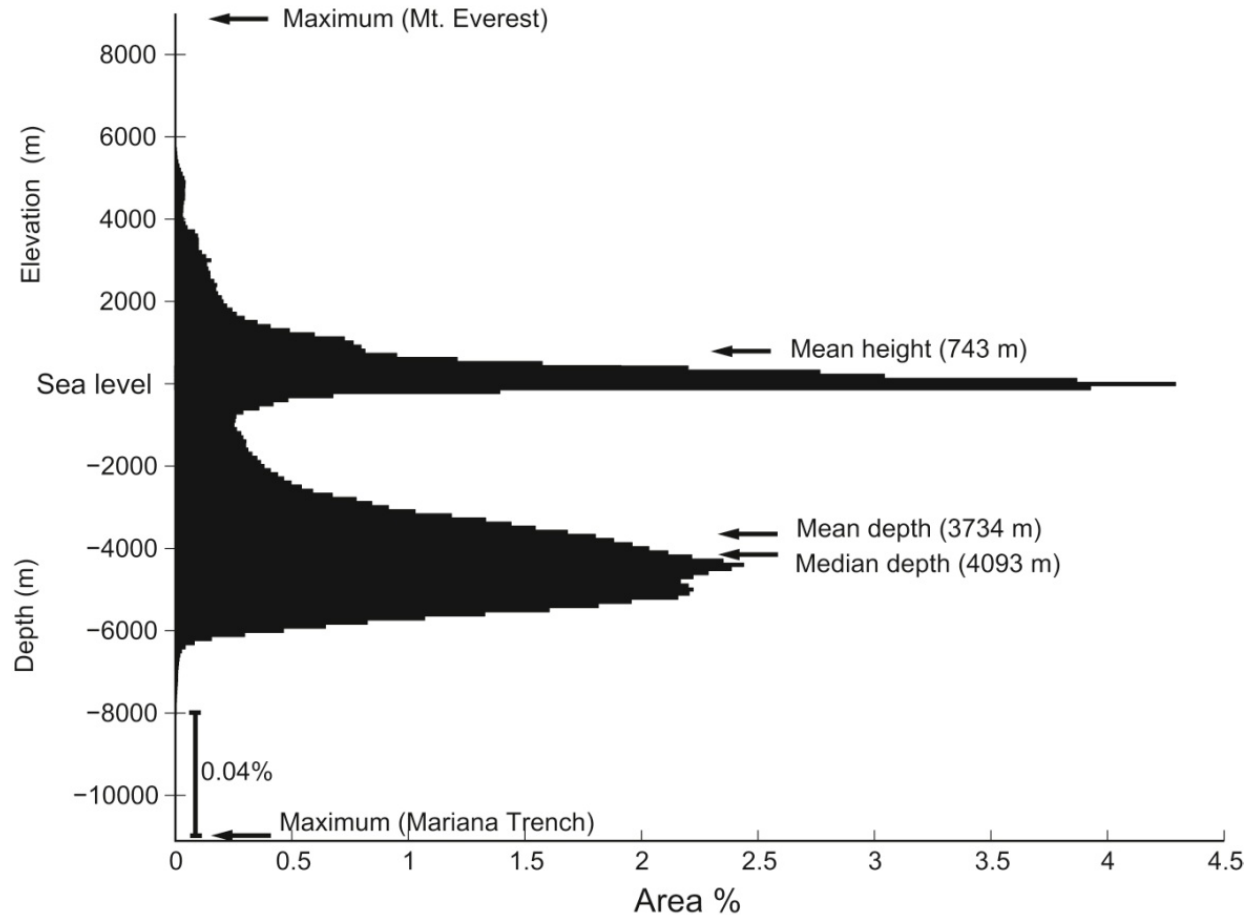


Dimensões

- Em área, o Oceano Pacífico ocupa 46% da área total dos oceanos/mares, seguido do Oceano Atlântico (23%), do Oceano Índico (20%) e de todo o resto combinado (11%)
- A profundidade média dos oceanos é de 4000 m, enquanto nos mares marginais a profundidade é menor do que 1200 m
- Os oceanos são muito mais profundos do que as terras continentais são altas:
 - 11% das terras continentais possuem altitude superior a 2000 m
 - 84% do assoalho oceânico possui profundidades superiores a 2000 m

Dimensões

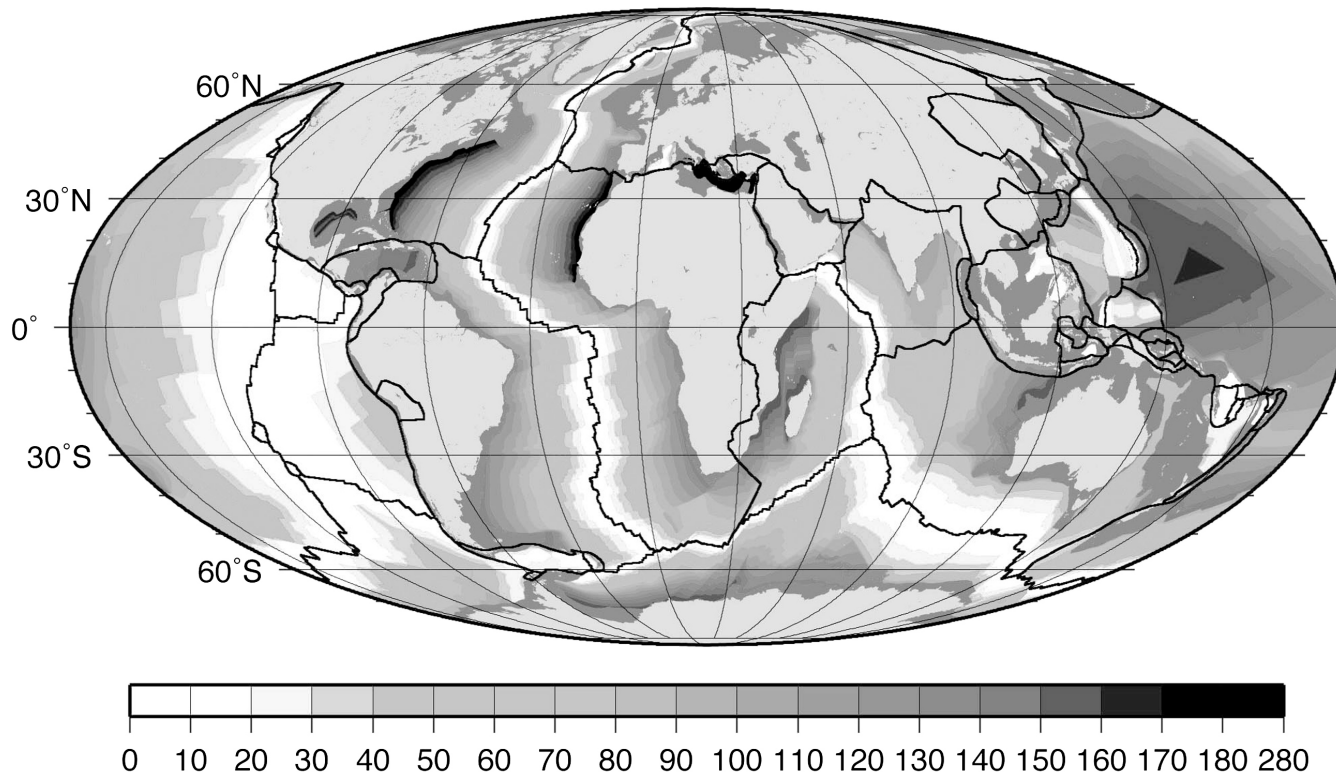
A maior elevação (8848 m Mt Everest) e a maior profundidade (11034 m Fossa Marianas) possuem valores similares



Áreas da superfície terrestre acima e abaixo do nível do mar como uma porcentagem da área total da Terra (em intervalos de 100 m). Dados de Becker et al. (2009). Extraído de Talley et al (2011).

Placas tectônicas e a topografia oceânica

- O processo geofísico mais importante que afeta o formato e a topografia das bacias oceânicas é o movimento das placas tectônicas



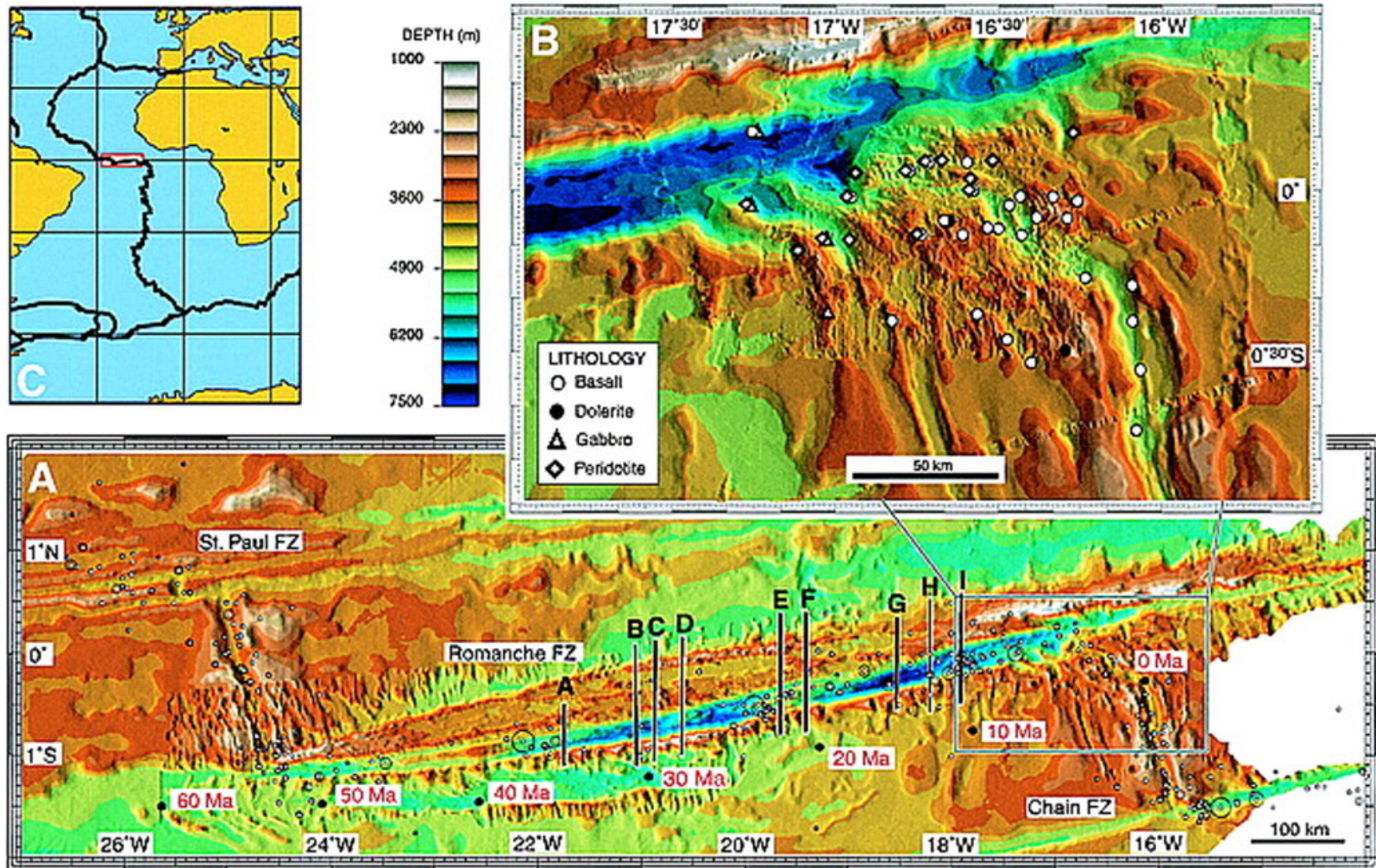
Idade do assoalho oceânico (milhões de anos). As linhas pretas indicam os limites das placas tectônicas. Fonte: Müller, Sdrolias, Gaina, and Roest (2008). Extraído de Talley et al (2011).



Placas tectônicas e a topografia oceânica

- As placas oceânicas se afastam em taxas distintas (2 cm/ano no Oceano Atlântico até 16 cm/ano no Oceano Pacífico). As regiões das **cordilheiras meso-oceânicas** são as regiões mais recentes
- Em todos os oceanos, as cordilheiras meso-oceânicas e outras elevações profundas separam as águas de fundo
- Águas de fundo e profundas podem passar através destas cordilheiras por pequenas passagens chamadas de **zonas de fratura**. Estas regiões são caracterizadas por planos verticais, perpendiculares a cordilheira, onde a crosta se move em direções opostas. No Oceano Atlântico um exemplo é a Zona de Fratura Romanche

Placas tectônicas e a topografia oceânica



Batimetria detalhada para a região da Zona de Fratura Romanche. Fonte: geology.gsapubs.org



Placas tectônicas e a topografia oceânica

- Em algumas placas tectônicas, existe subducção de uma placa sobre a outra. No lado continental a subducção é acompanhada de vulcões e terremotos. Nos oceanos, são formadas as **fossas**, que abrigam as regiões mais profundas
- As fossas são capazes de alterar/impactar: i) as correntes de contorno que estão em águas profundas (Correntes de Contorno Oeste Profundas) e ii) as correntes superficiais que tem energia suficiente para se estender até o fundo oceânico, com as Correntes de Contorno Oeste associadas a circulação gerada pelo vento. Exemplo: as fossas no leste do Mar do Caribe no Oceano Atlântico



Placas tectônicas e a topografia oceânica

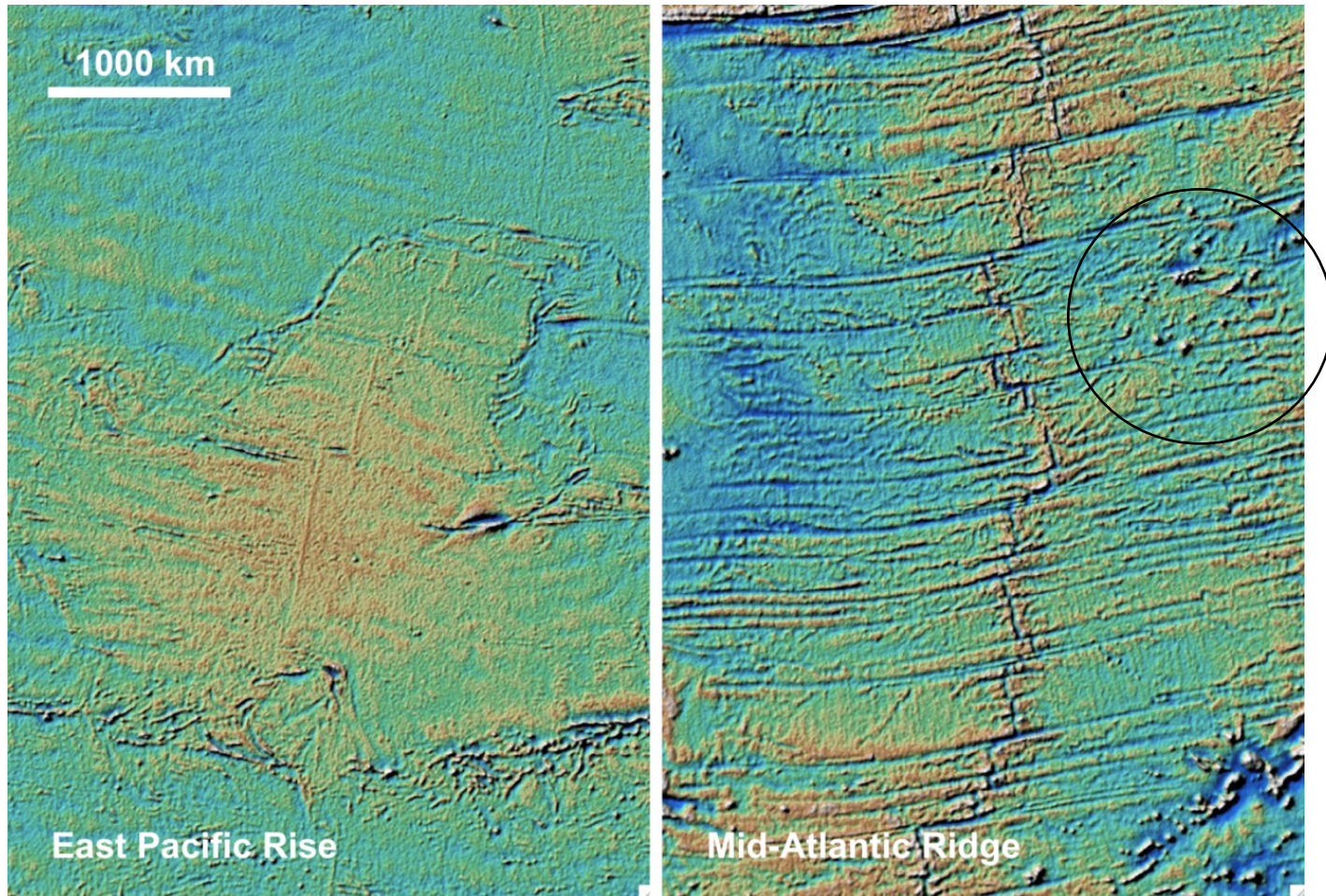
- As taxas do espalhamento do fundo oceânico são muito lentas e não tem impacto nas variações climáticas que ocorrem entre décadas e milênios
- Entretanto, se considerarmos milhões de anos, a geografia da Terra foi bastante alterada. Sendo assim, os padrões de **paleocirculação** eram diferentes e a reconstrução destes cenários é feita através da **modelagem paleoclimática**



Placas tectônicas e a topografia oceânica

- A rugosidade do fundo oceânico afeta a mistura oceânica. Em geral, esta rugosidade varia de um fator 10, sendo uma função das taxas de espalhamento e sedimentação
 - Assoalho marinho mais recente é mais rugoso
 - Regiões que apresentam espalhamento mais lento são mais rugosas

Placas tectônicas e a topografia oceânica



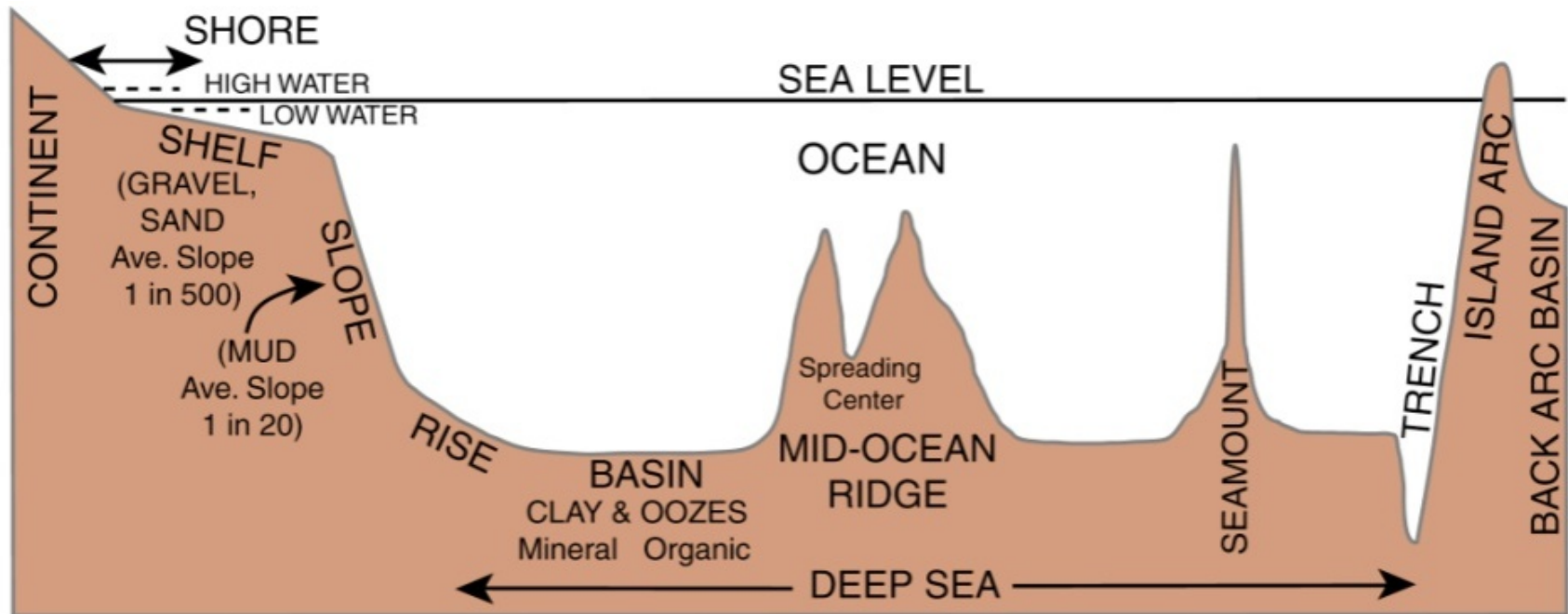
Topografia do fundo oceânico para a porção (a) da Elevação Leste do Pacífico, que apresenta um espalhamento rápido e (b) Cordilheira meso-oceânica do Atlântico, que apresenta um espalhamento lento. Extraído de Talley et al (2011).



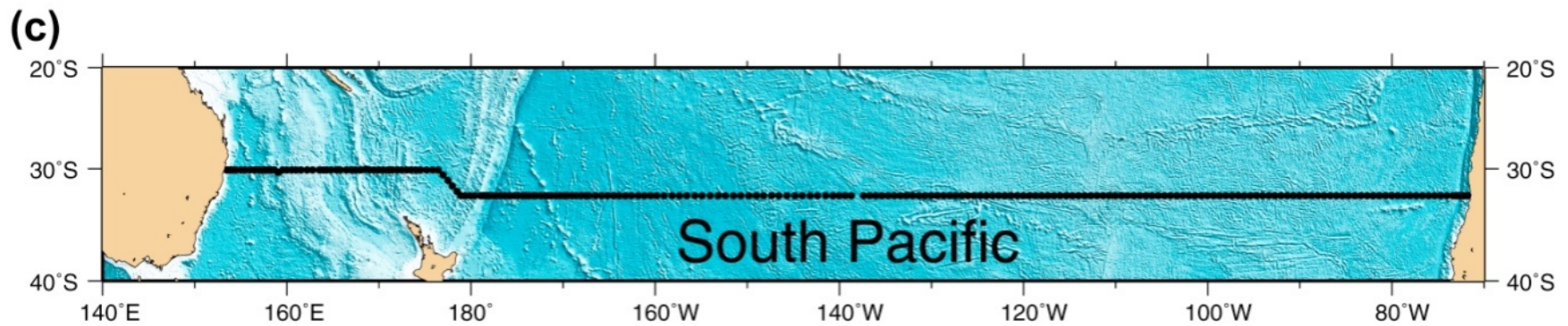
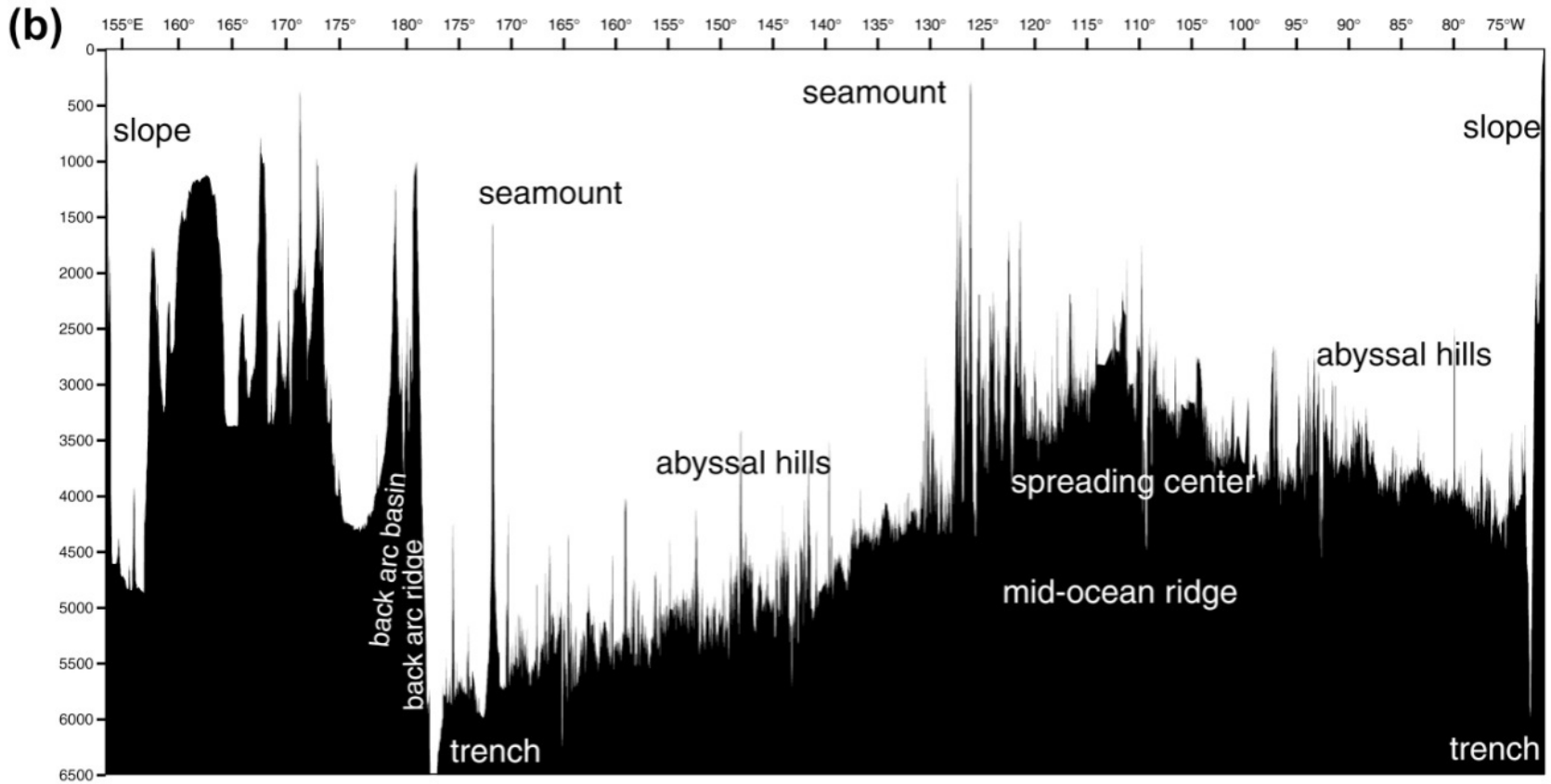
Placas tectônicas e a topografia oceânica

- Os **montes submarinos** também afetam a circulação, principalmente quando eles ocorrem em grupos. Um exemplo disto está associado a passagem da Corrente do Golfo (CG) através dos montes submarinos da Nova Inglaterra. Isto impacta tanto a posição da CG como a sua variabilidade
- As cadeias de montes submarinos também refratam os tsunamis

Feições do fundo oceânico



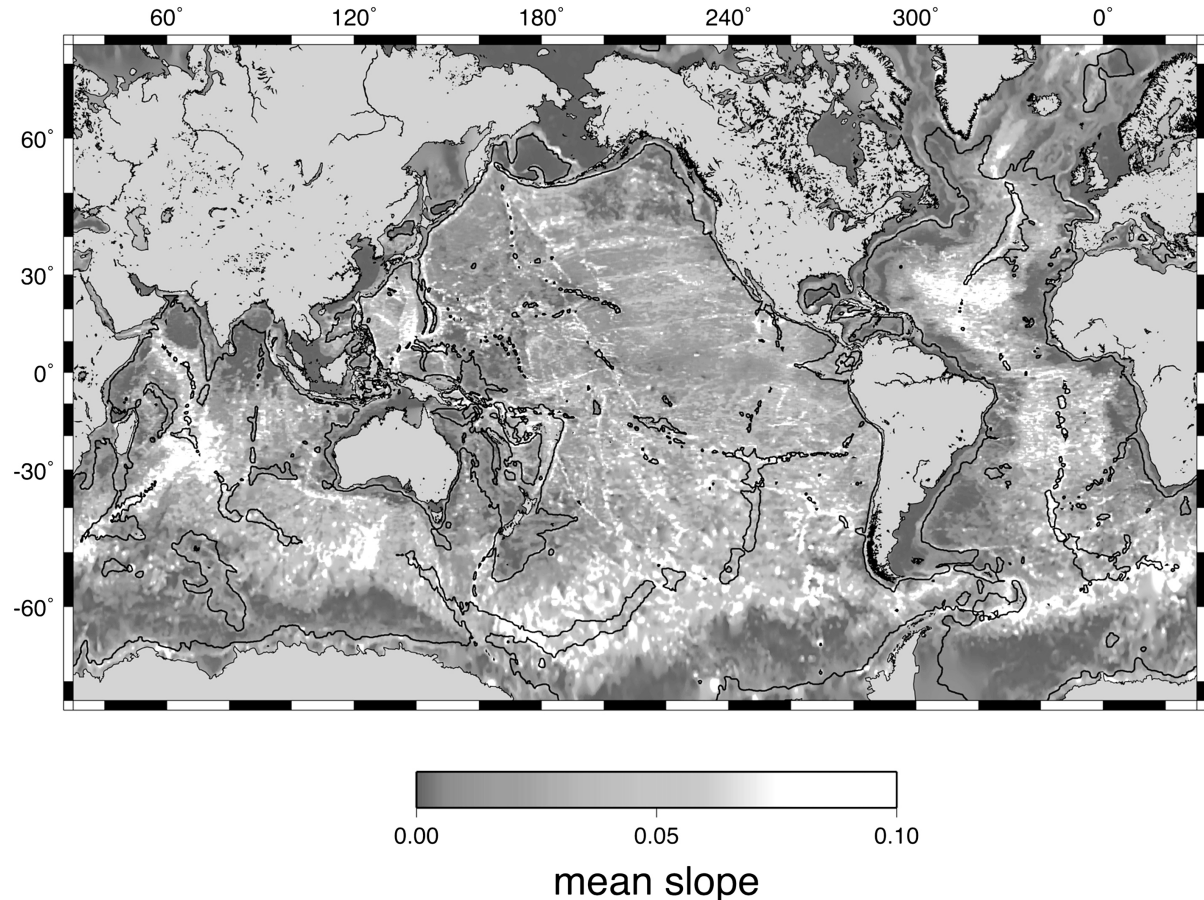
Seção esquemática do assoalho oceânico para ilustrar as principais características. Extraído de Talley et al (2011).



Exemplo de (b) uma seção batimétrica, feita ao longo (c) da rota do navio no Oceano Pacífico Sul. Extraído de Talley et al (2011).

Feições do fundo oceânico

Uma importante forma de **dissipação da energia** no oceano ocorre através da **mistura**, como por exemplo as ondas internas, que atuam ao longo de fundos íngremes



A inclinação média do fundo dos oceanos, calculada com batimetria de navios e interpolada para uma grade de 0,5°. Extraído de Talley et al (2011).



As escalas espaciais

- Quando analisamos seções verticais de propriedades nos oceanos, é importante que se tenha em mente o **exagero vertical**. Por exemplo, na escala horizontal, 1 cm pode representar uma distância horizontal de 100 km, enquanto na escala vertical, 1 cm pode representar uma distância vertical de apenas 100 m. Isto resulta em um exagero vertical de **1000:1**
- Sendo assim, é importante que se tenha em mente que as inclinações são muito menores do que aparentam



Terminologias/definições importantes

- A **costa/litoral** é definida como a parte continental, próxima ao mar, que vem sendo modificada pela ação do mar
- A **praia** é caracterizada pela zona de partículas não consolidadas no limite externo da costa e que se estende entre as baixa-mar e preamar
- As costas podem se classificar em:
 - Ativa (e.g. Oceano Pacífico) e passiva (e.g. Oceano Atlântico)
 - Erosivas ou deposicionais



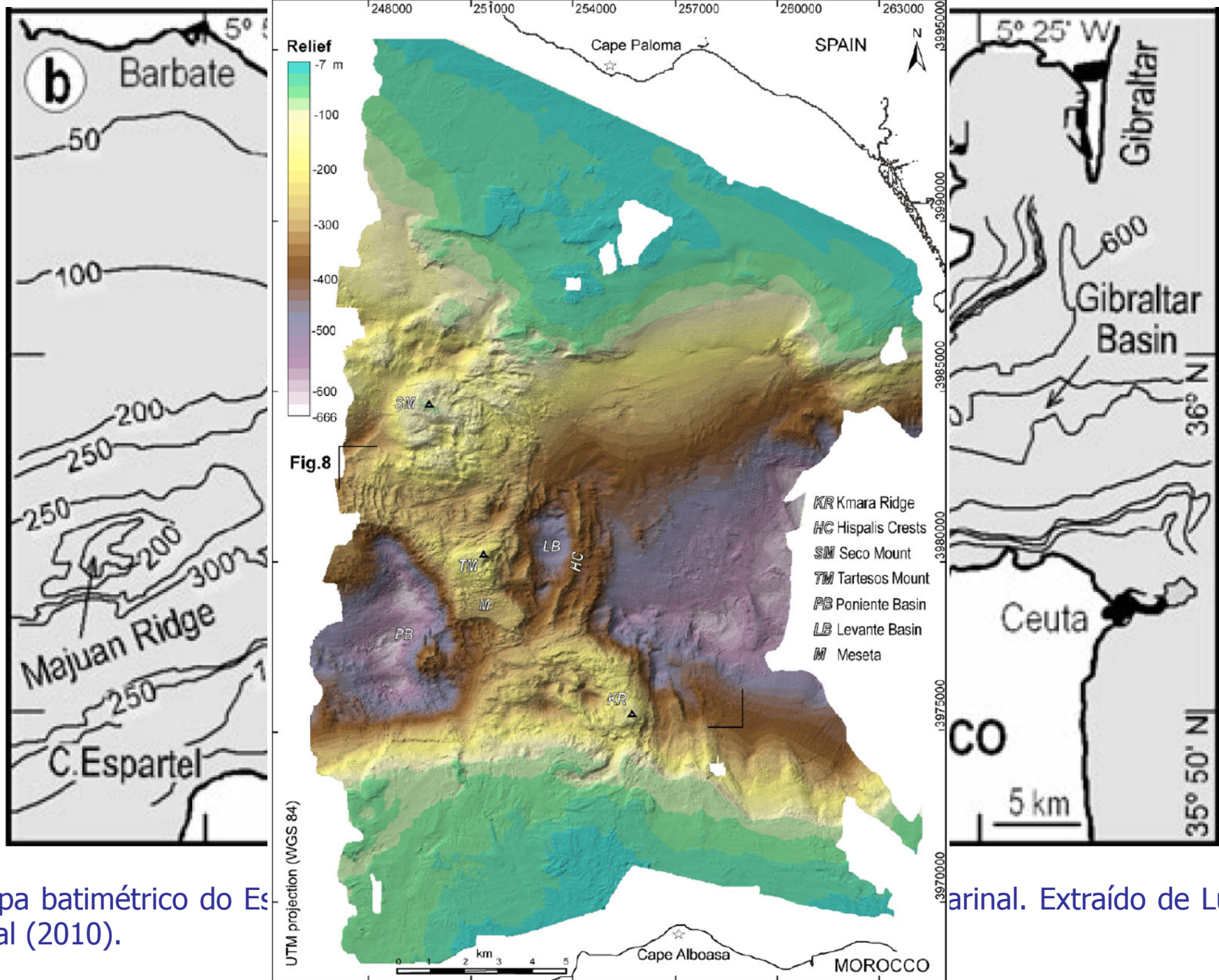
Terminologias/definições importantes

- A **Plataforma Continental - PC** (gradiente de 1:500) se estende oceano adentro até a **quebra da plataforma**, que se conecta com o **talude** (gradiente de 1:20)
 - Largura média da PC é de 65 km
 - Profundidade média da quebra da PC é de 130 m
 - O material de fundo da PC é predominante areia
- O **talude continental** tem uma profundidade média de 4000 m e material de fundo predominante lamoso
- Tanto as PCs com as regiões de talude podem apresentar cânions submarinos



Terminologias/definições importantes

- Barreiras, estreitos e passagens conectam regiões oceânicas separadas
- Uma **barreira** é uma elevação acima da profundidade média de uma determinada região que separa uma bacia de outra. A profundidade da barreira atua como um controlador das águas que fluem sobre ela
- Estreitos, passagens e canais são afunilamentos horizontais
- No caso de **estreitos**, eles estão geralmente relacionados a afunilamentos da geografia local
- As **passagens** e os **canais** podem estar associados ao relevo submarino



Mapa batimétrico do Estreito de Gibraltar. Extraído de Lujan et al (2010).

Mapa batimétrico do Estreito de Gibraltar. Extraído de Lujan et al (2010).

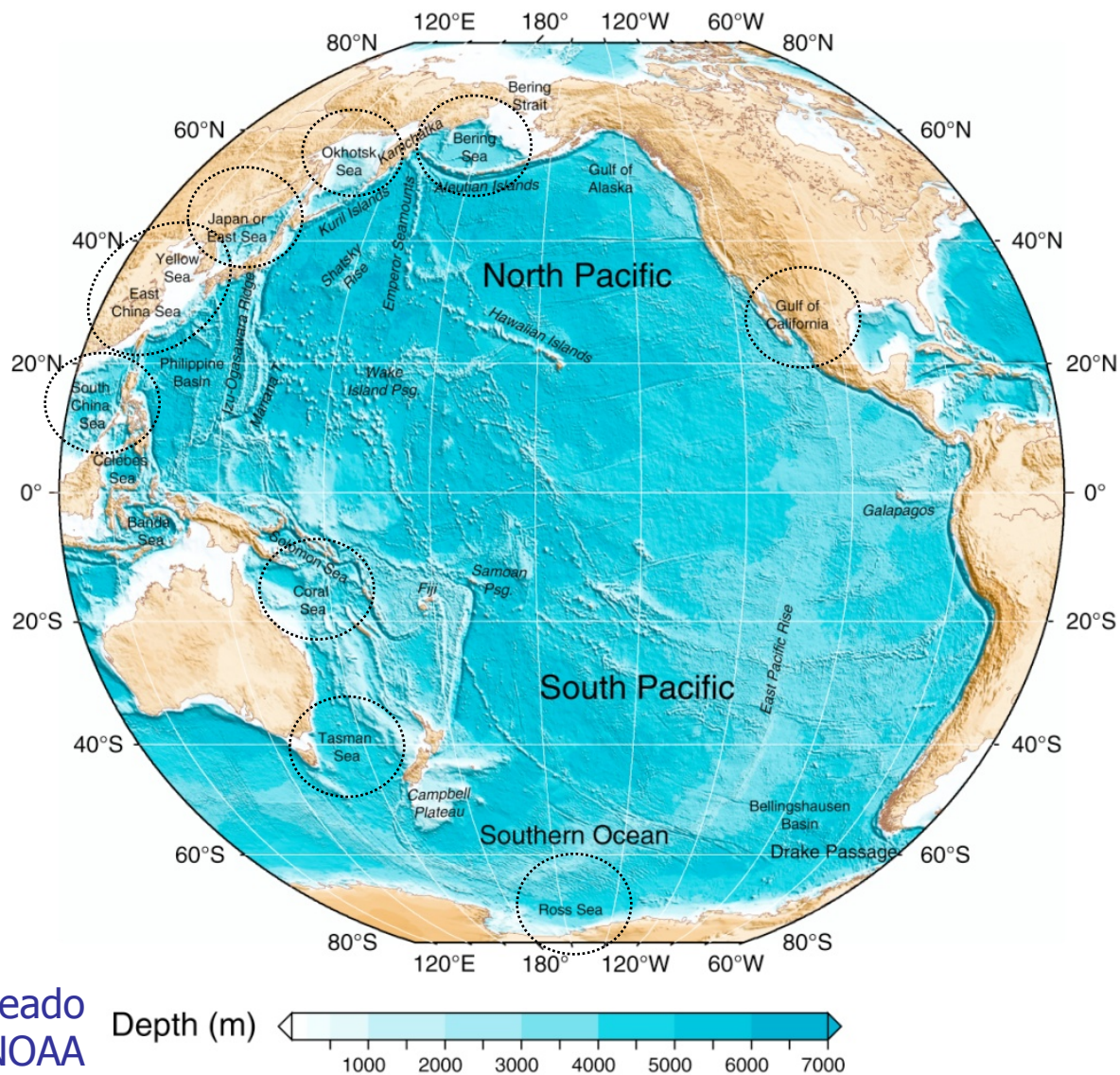


Métodos para o mapeamento da topografia de fundo

- O conhecimento atual do formato do assoalho oceânico resulta de um acúmulo de medições que foram recentemente complementadas pelas medidas do campo de gravidade através de satélites
 - As primeiras medições foram feitas com pesos em cabos graduados (método lento e impreciso)
 - Desde 1920 as medições vem sendo feitas com eco-sondas, que levam em consideração a velocidade de propagação do som na água (a imprecisão está na determinação da velocidade do som)
 - A versão moderna destas eco-sondas são as sondas de multi-feixe

As bacias oceânicas (Oceano Pacífico)

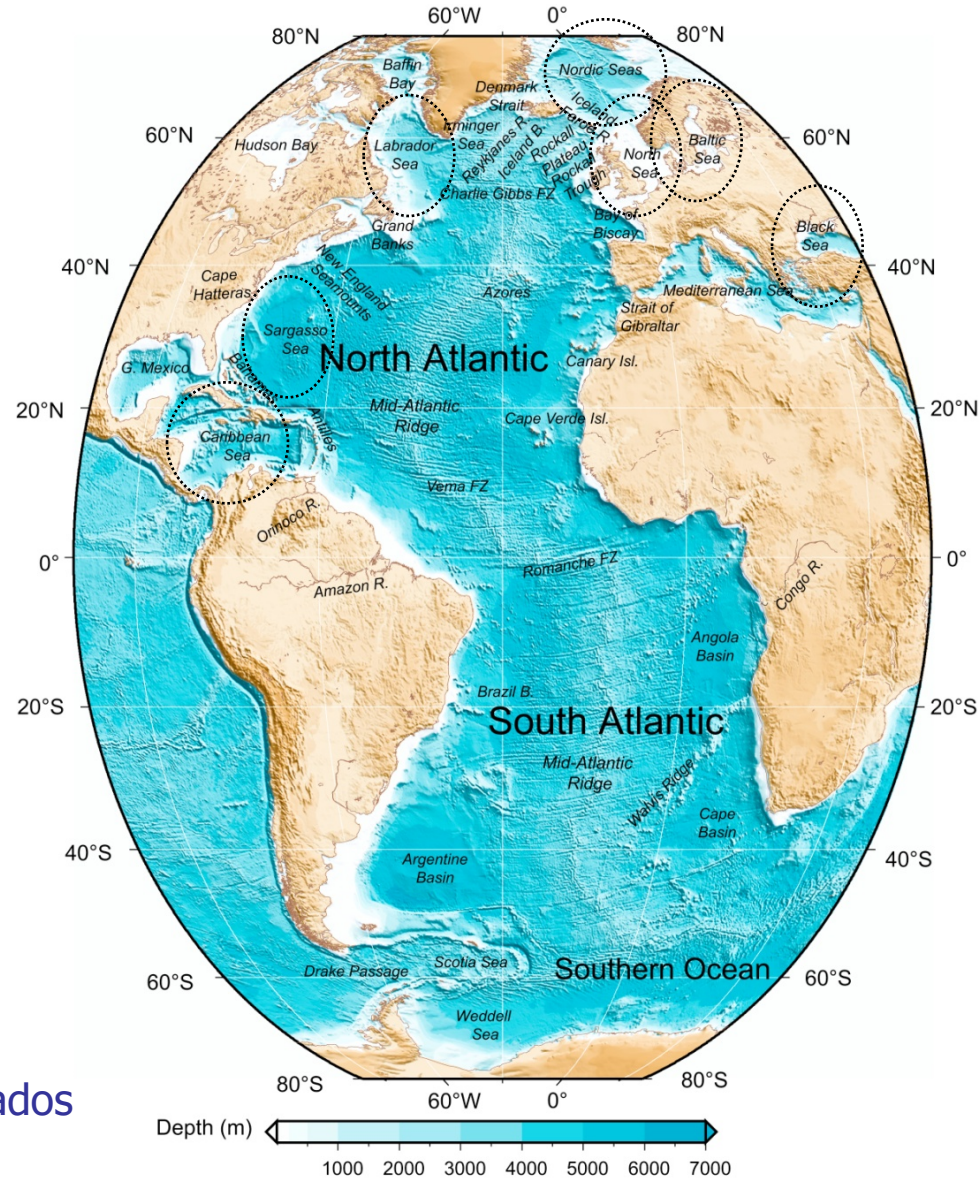
- Apresenta a maior quantidade de ilhas
- Apresenta vários mares marginais



Batimetria do Oceano Pacífico, baseado nos dados do ETOPO2 obtidos da NOAA NGDC (2008).

As bacias oceânicas (Oceano Atlântico)

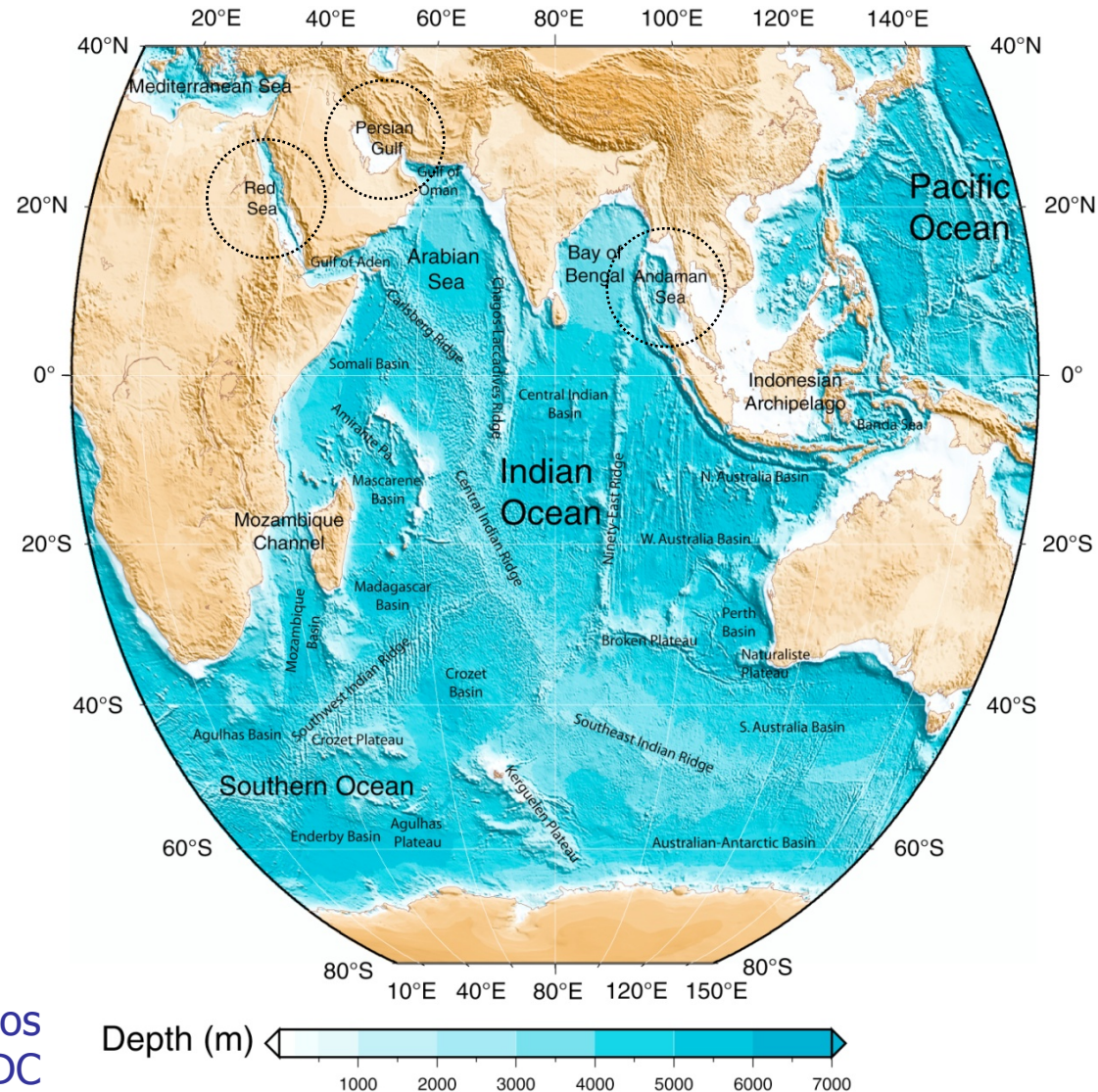
- Está conectado à vários mares marginais como: os Mares Nórdicos (Mar da Noruega, Mar da Groenlândia e Mar da Islândia), o Mar do Norte, o Mar Báltico, o Mar Negro, o Mar do Labrador, o Mar de Sargasso e o Mar do Caribe
- 3 importantes rios desaguam no OA, o Rio Amazonas, o Rio Orinoco e o Rio Congo, o que afeta a distribuição de salinidade



Batimetria do Oceano Atlântico, baseado nos dados do ETOPO2 obtidos da NOAA NGDC (2008).

As bacias oceânicas (Oceano Índico)

- É fechado por continentes ao norte da região tropical
- A topografia do OI é muito variável, em função das elevações formadas após a criação dos Himalaias
- A porção equatorial no lado leste é conectada com o OP através da Passagem da Indonésia
- Os mares marginais incluem: o Mar de Andaman, o Mar Vermelho e o Golfo Pérsico



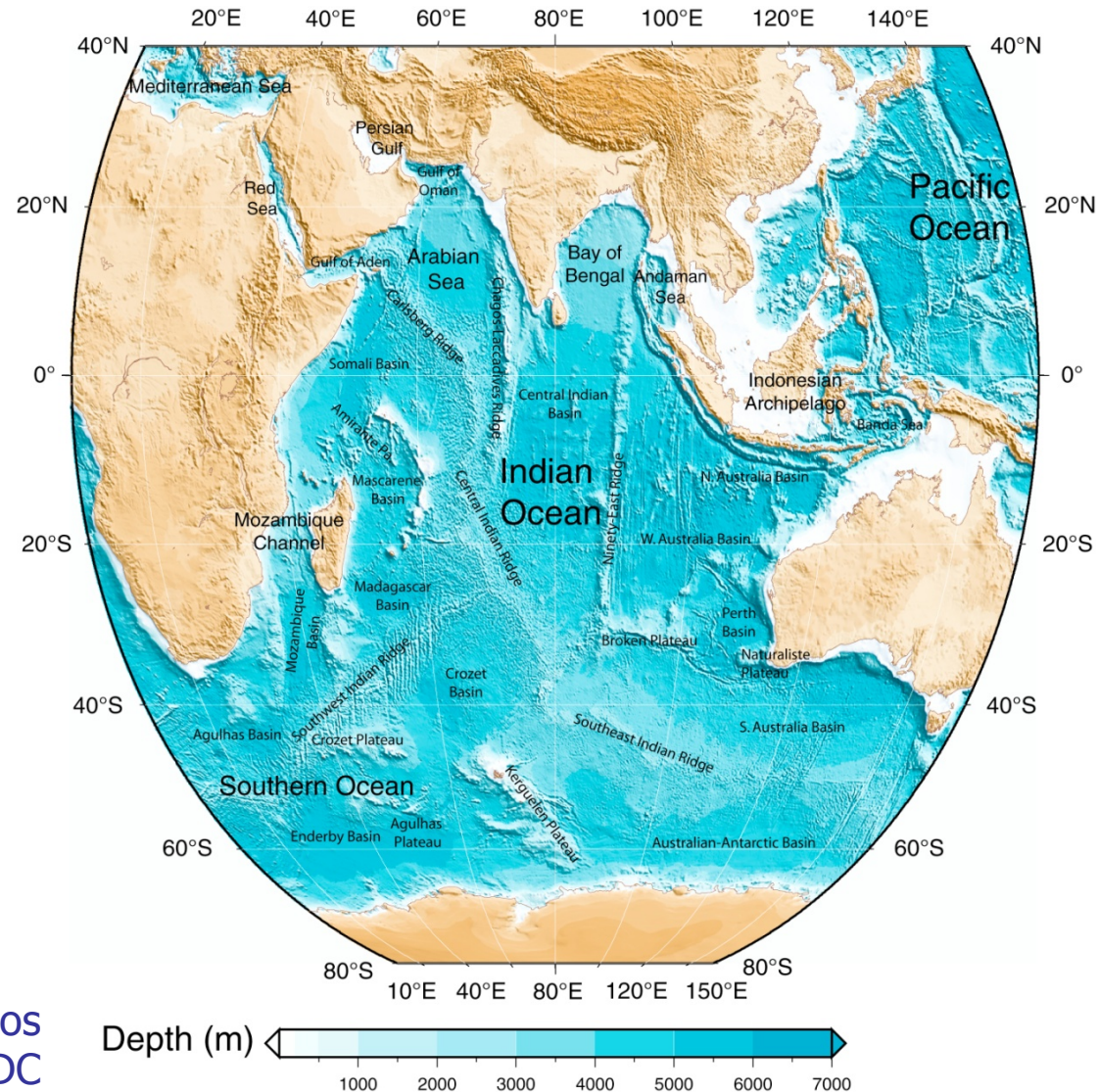
Batimetria do Oceano Índico, baseado nos dados do ETOPO2 obtidos da NOAA NGDC (2008).

As bacias oceânicas (Oceano Índico)

- O aquecimento diferenciando entre oceano e continente na região tropical da origem ao **sistema de monções**

- Outubro – Maio: monções de NE, ventos secos continentais

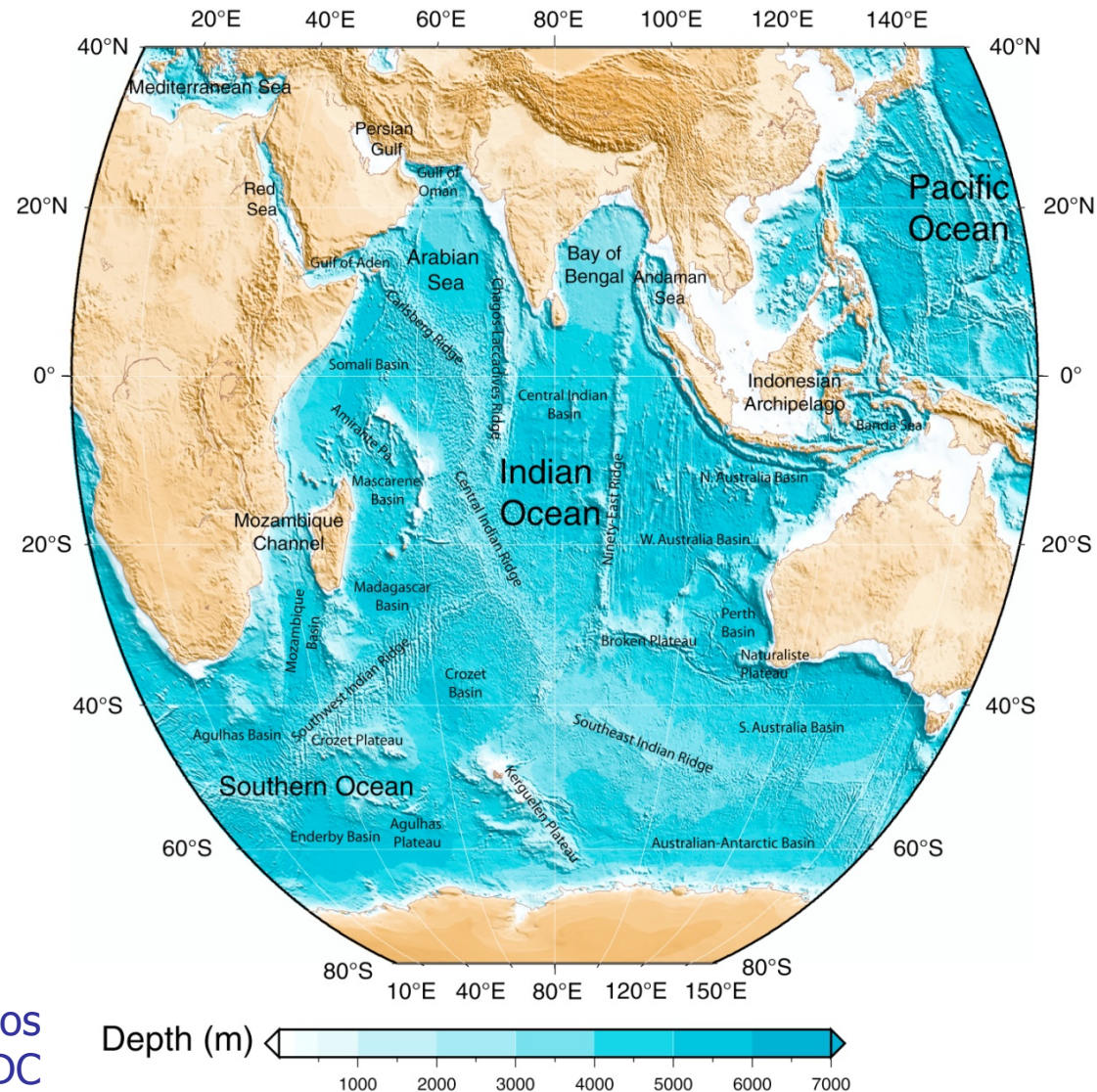
- Junho – Setembro: monções de SW, calor, chuvas



Batimetria do Oceano Índico, baseado nos dados do ETOPO2 obtidos da NOAA NGDC (2008).

As bacias oceânicas (Oceano Índico)

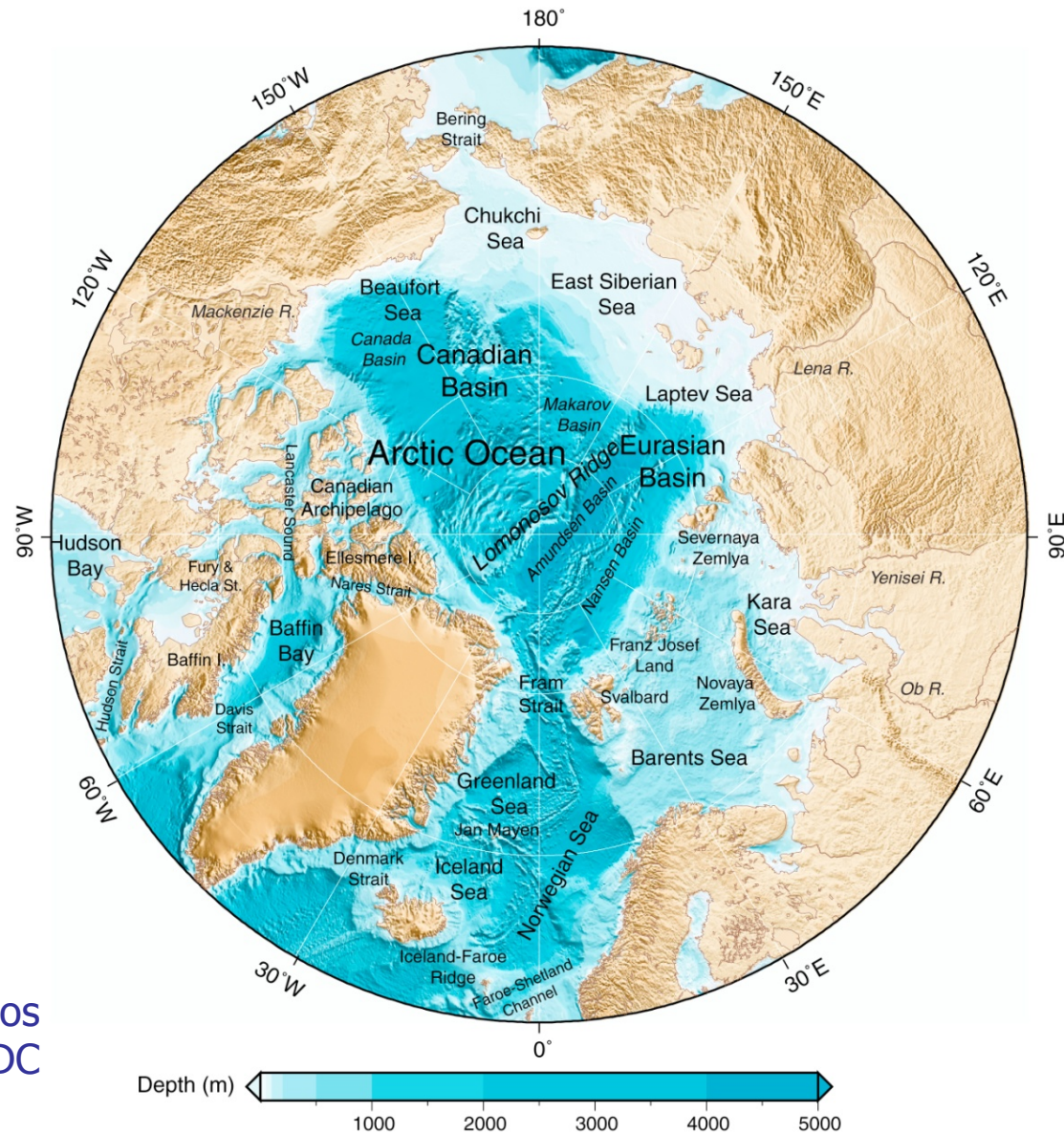
- A maioria da drenagem dos rios ao sul dos Himalaias desagua na Baía de Bengala, que apresenta águas menos salinas
- As regiões a oeste da Índia (Mar da Arábia, Mar Vermelho e Golfo Pérsico) apresentam clima seco e alta evaporação, sendo caracterizadas por águas mais salinas



Batimetria do Oceano Índico, baseado nos dados do ETOPO2 obtidos da NOAA NGDC (2008).

As bacias oceânicas (Oceano Ártico)

- O Mar Nórdico é separado do OA por elevações submarinas entre a Groenlândia, a Islândia e o Reino Unido, com barreiras com profundidades máximas da ordem de 620 m. Águas profundas fluem através destas barreiras
- A área central do Oceano Ártico é perenemente coberta de gelo marinho

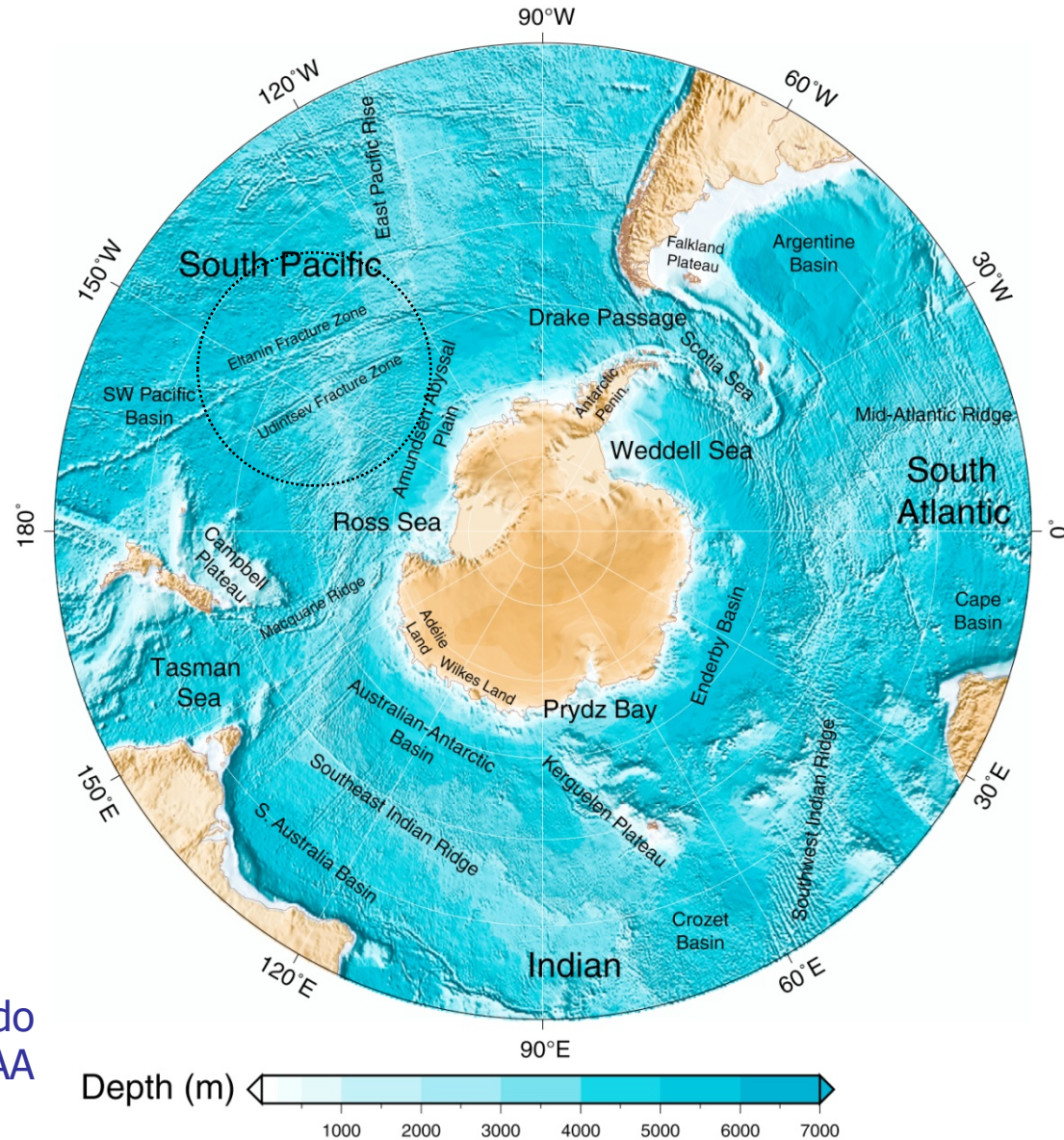


Batimetria do Oceano Ártico, baseado nos dados do ETOPO2 obtidos da NOAA NGDC (2008).

As bacias oceânicas (Oceano Austral)

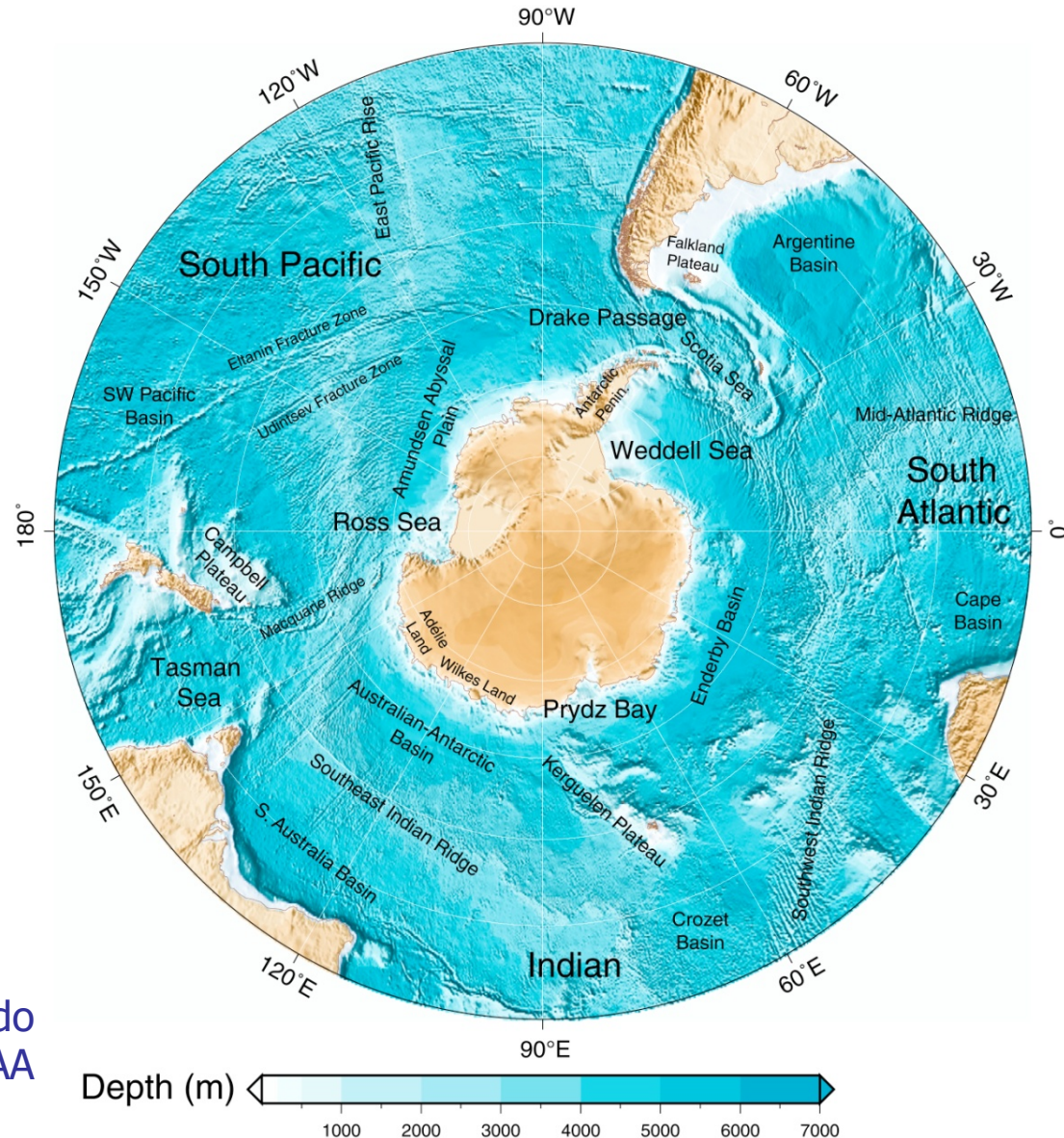
- A Passagem de Drake atua como uma restrição da largura da CCA, que tem que passar integralmente por esta região
- Uma outra restrição topográfica é a elevação entre as placas do Pacífico e da Antártica
- O oceano que cerca a região Antártica inclui tanto plataformas permanentes de gelo com gelo marinho sazonal

Batimetria do Oceano Austral, baseado nos dados do ETOPO2 obtidos da NOAA NGDC (2008).



As bacias oceânicas (Oceano Austral)

- A água de fundo mais densa do mundo é formada nesta região, em locais específicos com o Mar de Ross e Weddell



Batimetria do Oceano Austral, baseado nos dados do ETOPO2 obtidos da NOAA NGDC (2008).



Ferramentas práticas: Atlas dos Oceanos

- Um Atlas dos Oceanos está disponível para as plataformas Mac e Windows no link:

<http://joa.ucsd.edu/joa>

- Exemplos associados aos capítulos do livro de Talley et al (2011) pode ser seguidos através do link:

<http://joa.ucsd.edu/dpo/>



Referências Bibliográficas

Talley et al (2011). *Ocean Dimensions, Shapes and Bottom Materials*. In *Descriptive Physical Oceanography: an introduction*, pp. 7-27.