

ESBOÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

Contexto global - nível de litosfera/placas litosféricas

NORTE

PLACA DO CARIBE

Transformante El Pilar

Zona de Subducção B

Fossa Perú-Chile

LESTE

Crista Meso-Oceânica

SUL

PLACA SCOTIA (Bacia/Mar Scotia)

Transformante das Malvinas

Zona de Subducção B

OESTE

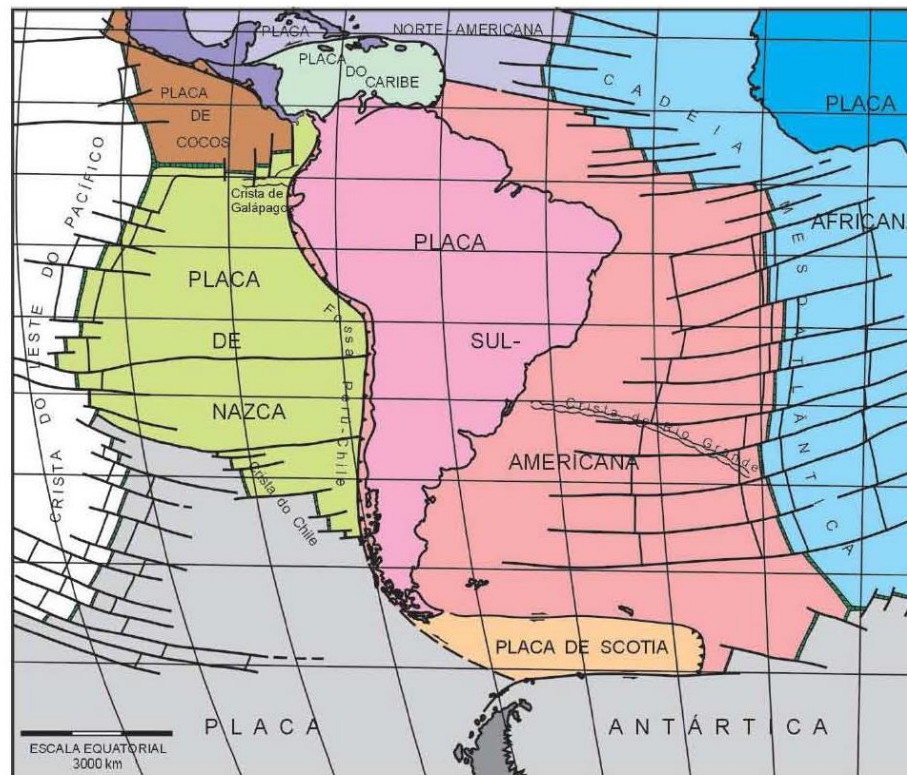
PLACA DE COCOS

Crista de Galápagos

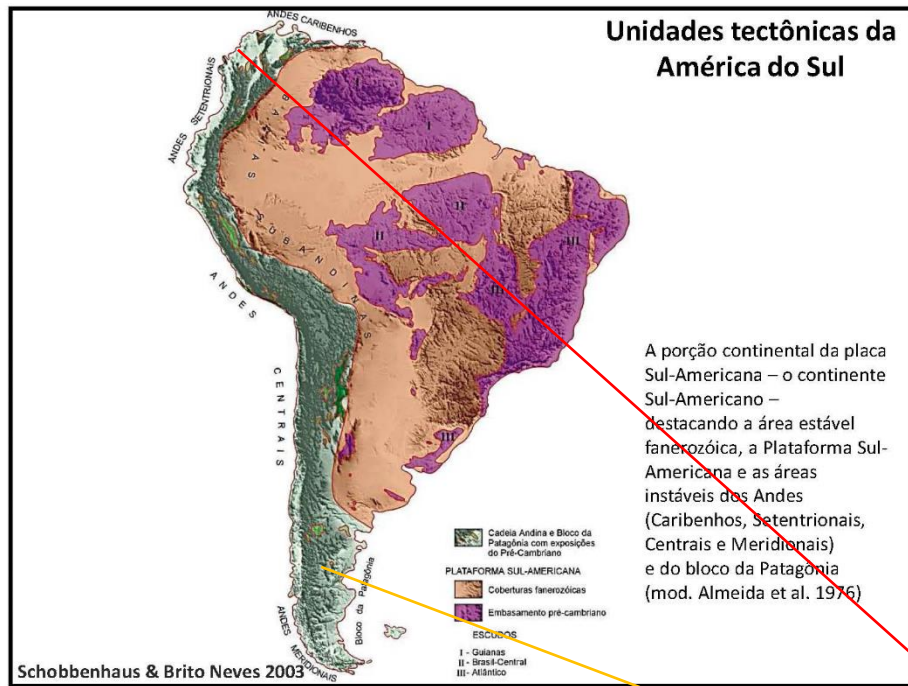
PLACA DE NAZCA

Crista do Chile

PLACA ANTÁRTICA



Porção continental (América do Sul), porção oceânica (Atlântico Sul). Ao norte, a placa do Caribe; a oeste, as placas de Cocos, Nazca e Antártica; ao sul, a placa de Scotia; na extremidade oriental, a cadeia meso-oceânica (mod. Condie, 1989). Schobbenhaus & Brito Neves, 2003



Plataforma Sul-Americana

- Plataforma Sul-Americana corresponde à fração continental da placa que permaneceu **estável e funcionou como antepaís** durante a evolução das **faixas móveis** do Caribe (norte) e Andina (a oeste), ao mesmo tempo em que se processavam a abertura e o desenvolvimento do Atlântico Sul, no Meso-Cenozóico.

Antepaís – área rígida, numa região de dobramento intenso, para a qual se orientam as dobras recumbentes (dobras deitadas) e os acavalamientos.

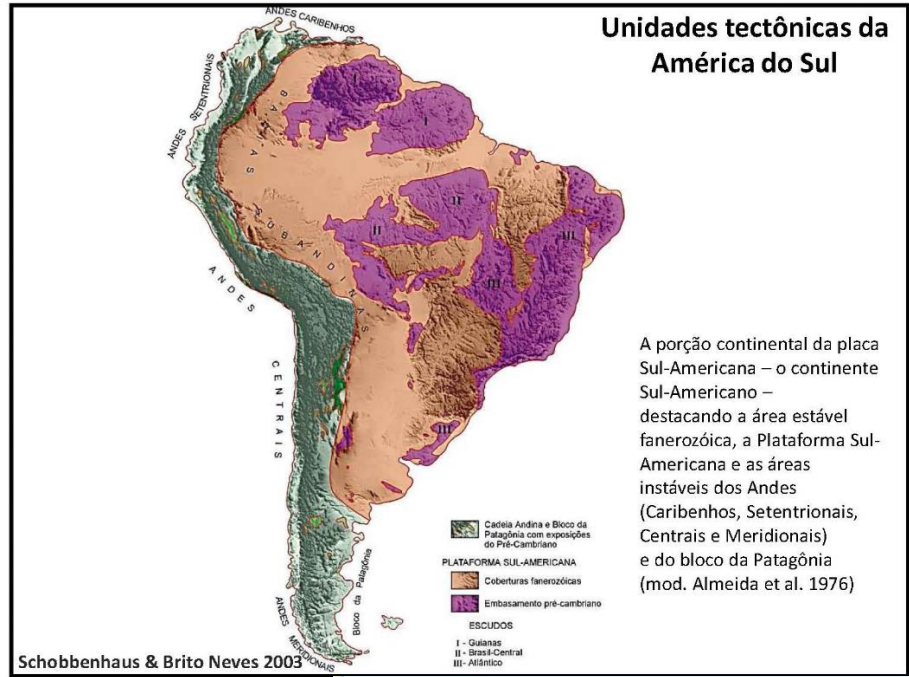
Schobbenhaus e Brito Neves 2003

A Plataforma Sul-Americana

- ✓ A cadeia andina s. l. (Sistema Montanhoso do Caribe + Andes Setentrionais + Andes Centrais + Andes Meridionais) juntamente com o bloco da Patagônia constituem a **contraparte instável** (áreas móveis, não-plataformais) do continente;
- ✓ **O embasamento da fração continental estável** – a Plataforma Sul-Americana – se expõe de forma mais ou menos contínua na sua porção norte – Escudo das Guianas – e na parte centro-ocidental do Brasil e parte da Bolívia – Escudo Brasil Central e por fim o Escudo Atlântico.

ESCALA DO TEMPO GEOLÓGICO				
Éon	Era	Período	Época	Idade (Ma)
Fanerozóico	Cenozóico	Quaternário	Holoceno	2.6
			Pleistoceno	
		Neógeno	Plioceno	
			Mioceno	
			Oligoceno	
		Paleógeno	Eoceno	
			Paleoceno	
			66	
		Mesozóico	Cretáceo	
	Jurássico			
	Triássico			
	Paleozóico	Permiano	541	
		Carbonífero		
		Devoniano		
		Siluriano		
		Ordoviciano		
		Cambriano		
	Proterozóico	Neo-proterozóico	2500	
Meso-proterozóico				
Paleo-proterozóico				
Arqueano	Neo-arqueano	4000		
	Meso-arqueano			
	Paleo-arqueano			
Hadeano				

"Pré-cambriano"

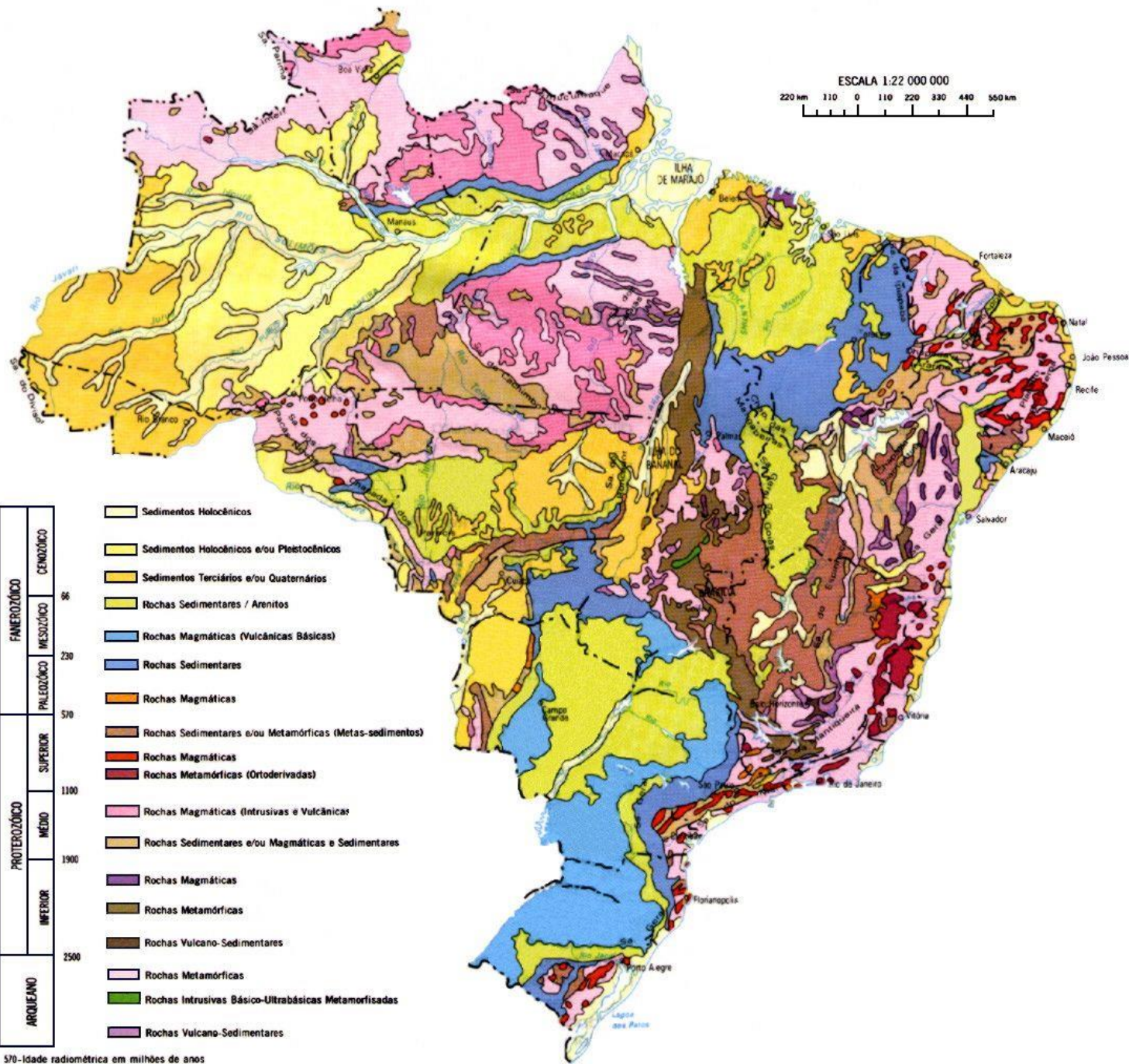


A Plataforma Sul-Americana

✓ Tem composição complexa e variada, cuja esquemática atual está retratando história policíclica de seu embasamento, do Paleoarqueano (ca. 3,5 Ga) ao Eo-Ordoviciano (ca. 0,50–0,48 Ga), onde estão registradas litologias, estruturas e outras feições importantes de grandes colagens orogênicas de caráter mundial-potenciais condicionadoras da fusão/aglutinação de supercontinentes – e dos eventos de tafrogênese e fissão subsequentes a todas elas.

Tafrogênese – termo geral para a formação de um fenômeno de rifte, caracterizado por falhamento normal de alto ângulo e associado a subsidência.

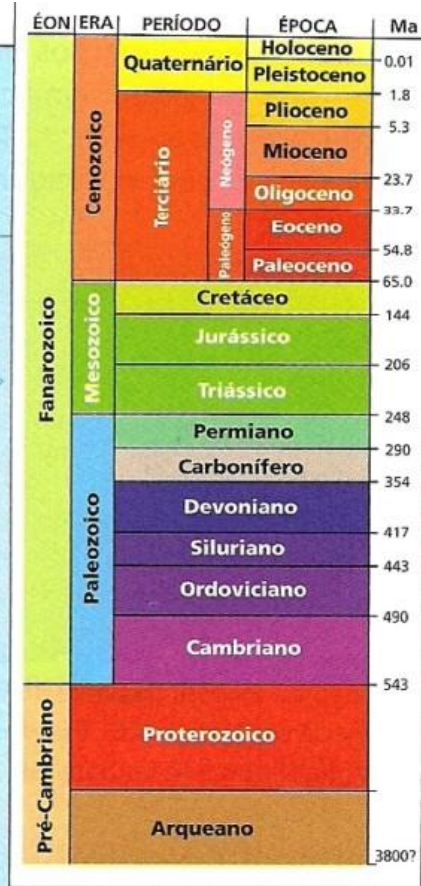
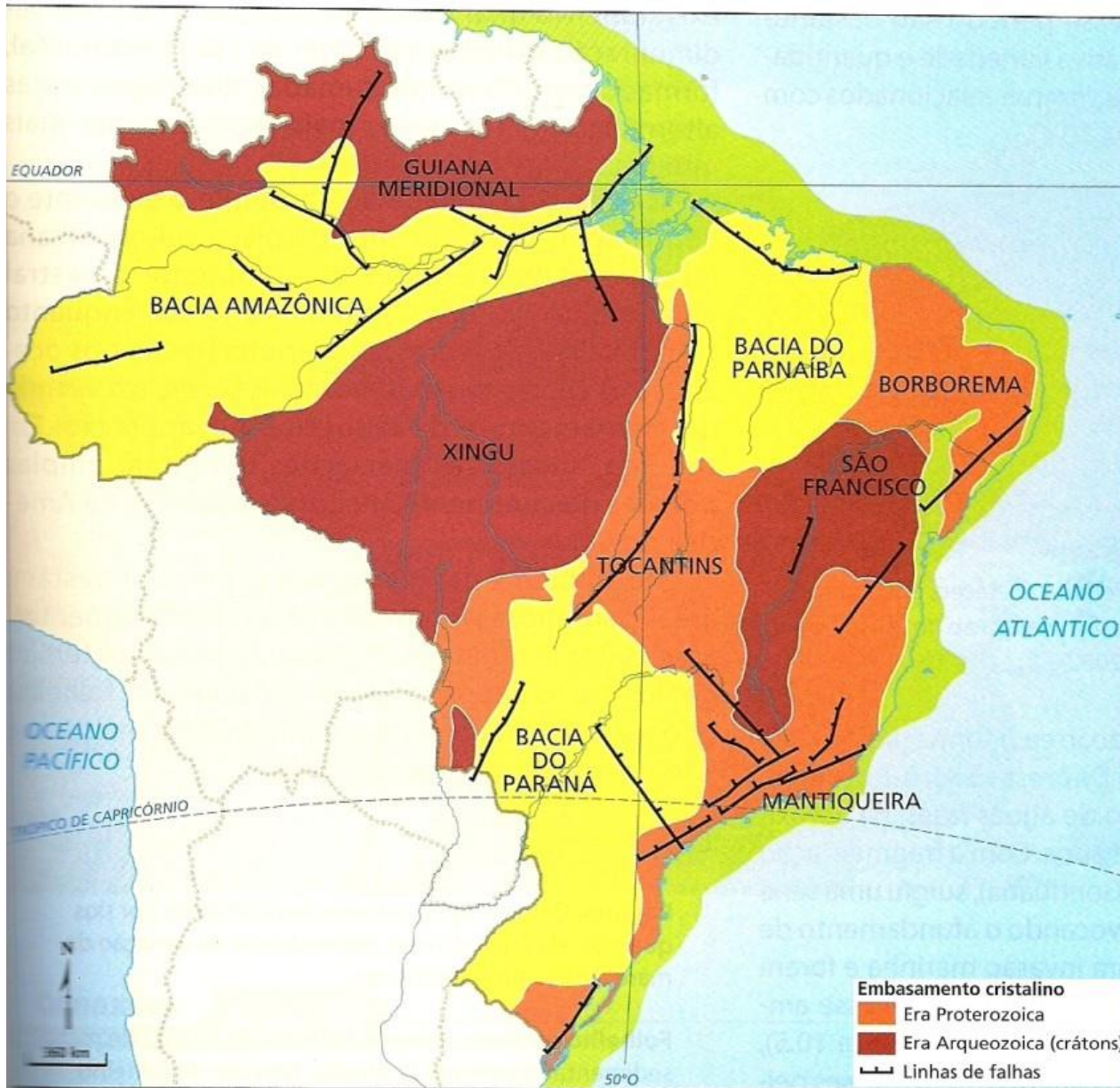




EVOLUÇÃO TECTÔNICA DA PLATAFORMA BRASILEIRA

A distribuição geográfica dos diferentes tipos de rochas no território brasileiro é conseqüência de processos tectônicos que agiram na crosta terrestre, desde os primórdios da história geológica da Terra, no Arqueano, até o Presente.

Assim, a evolução tectônica se iniciou com a consolidação de antigas massas ou núcleos crustais, que foram se aglutinando, através de sucessivas colisões, até formar um único megacontinente, ainda no Arqueano (há cerca de 2.bilhões de anos).



Escala geológica do tempo, mostrando as principais subdivisões da história da Terra (Ma = idade em milhões de anos)

Embasamento cristalino
 Era Proterozoica
 Era Arqueozoica (crátons)
 Linhas de falhas

Bacias sedimentares
 Bacias costeiras e margem continental

EVOLUÇÃO TECTÔNICA DA PLATAFORMA BRASILEIRA

Como consequência dos processos de colisão e fissão que perduram até hoje, as rochas pré-cambrianas do embasamento cristalino consolidaram-se, servindo de substrato para a acumulação e deposição das rochas fanerozoicas nas bacias sedimentares.

Assim temos duas unidades fundamentais constituindo o território brasileiro:

- o **Embasamento Cristalino** ou Pré-Cambriano e
- as **Bacias Sedimentares**, estas últimas ocupando mais de 50% do território nacional.



Bacias sedimentares:

Amazonas

Paranaíba

Paraná

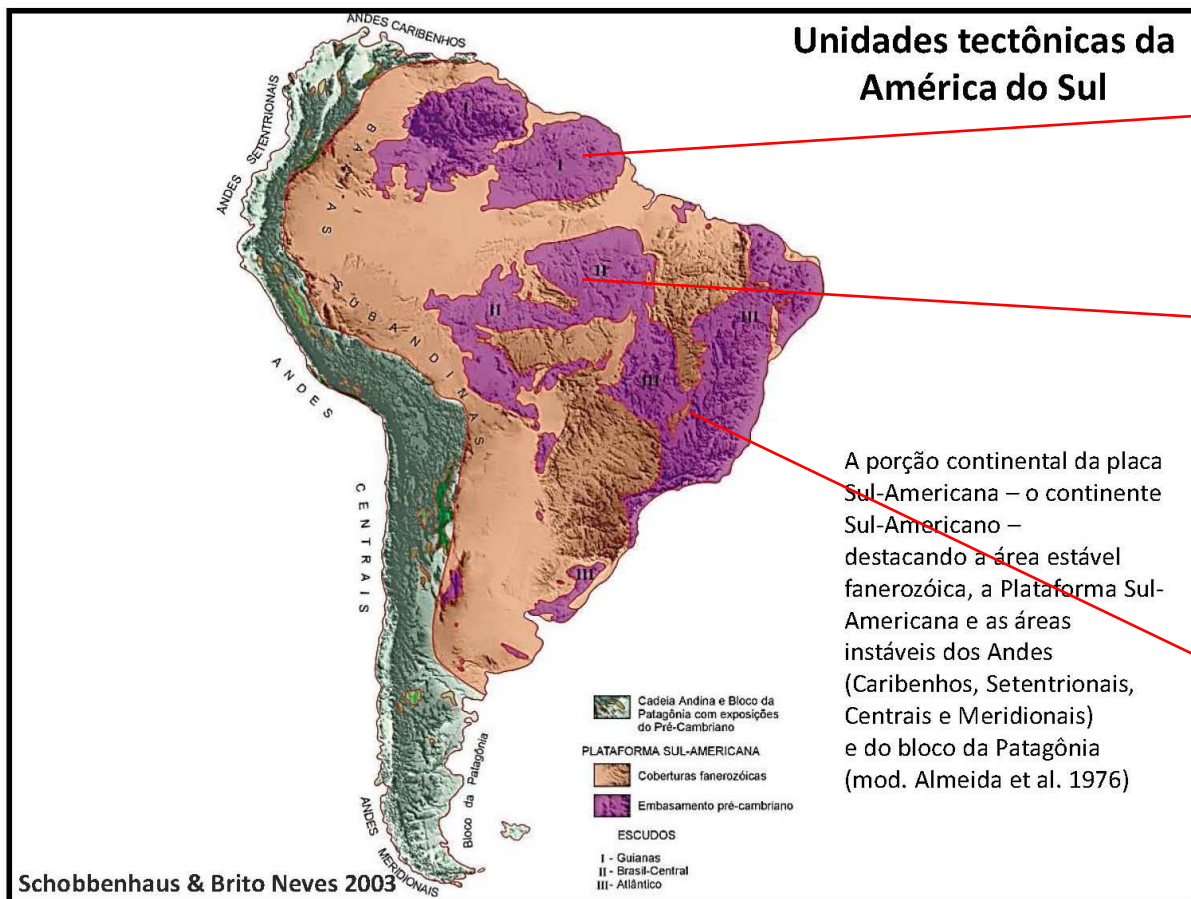
Alto Tapajós

Parecis-Alto Xingu

Recôncavo, Tucano e Bacias Costeiras

Embasamento cristalino – compreende, sobretudo, rochas deformadas tectonicamente (dobradas e metamorfizadas).

Principais rochas:



Gnaisses, quartzitos e granitos

Gnaisses, granodioritos, migmatitos, quartzitos, filitos, xistos, mármore e granitos

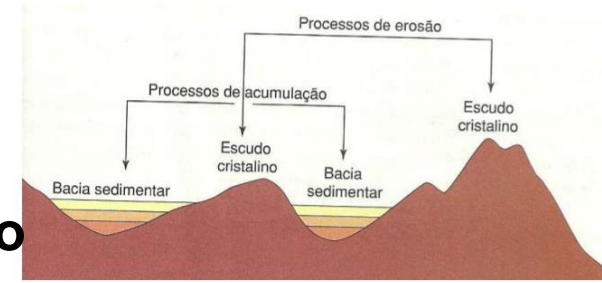
Xistos, filitos, mármore

As idades das rochas do embasamento cristalino vão desde 3,5 bilhões de anos até 450 milhões de anos

Bacias Sedimentares

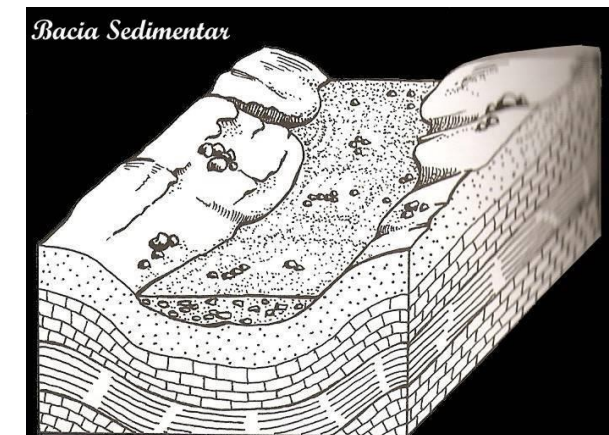
Bacias formadas no interior do craton (bacias intracratônicas). Resultam de subsidências da crosta em áreas tectonicamente estáveis.

Formação de Bacias Sedimentares



Estrutura – levemente circulares ou ovaladas, dimensões de dezenas a milhares de km² de diâmetro e profundidade < 5.000 m. Os estratos das rochas sedimentares apresentam pequenas inclinações, diminuindo da base para o topo

Tectônica – pouco afetada por tectônica plástica (dobramentos irrelevantes) e tectônica rígida mais comum (falhamentos na bacia do Paraná)



- ✓ As bacias sedimentares intracratônicas desenvolveram-se durante a maior estabilidade da plataforma Sul-Americana final do Ordoviciano (~440Ma).
- ✓ No Ordoviciano superior o mar (vindo da região andina) invadiu a Plataforma Sul Americana
- ✓ Sedimentação quase exclusivamente marinha no Ordoviciano (485-444Ma), Siluriano (444-419Ma) e Devoniano (419-359Ma)
- ✓ Sedimentação de caráter misto (marinho e continental) no Carbonífero (359-299Ma) – Permiano (299-252Ma)
- ✓ Sedimentação de caráter continental a partir do Triássico (252-201Ma)

- Os intervalos de idades citados correspondem a versão 2015 da International Chronostratigraphic Chart – www.stratigraphy.org

** Cordilheira dos Andes - idade terciária (66-2,5Ma)



ESCALA DO TEMPO GEOLÓGICO					
Eon	Era	Período	Época	Idade (Ma)	
Fanerozóico	Cenozóico	Quaternário	Holoceno	2.6	
			Pleistoceno		
		Neógeno	Plioceno		
			Mioceno		
		Paleógeno	Oligoceno		23
			Eoceno		
	Mesozóico	Paleozóico	Paleoceno	66	
			Cretáceo		
			Jurássico		
			Triássico		
Paleozóico	Paleozóico	Permiano	252		
		Carbonífero			
		Devoniano			
		Siluriano			
		Ordoviciano			
		Cambriano			
Proterozóico	Proterozóico	Neoproterozóico	541		
		Mesoproterozóico			
		Paleoproterozóico			
		Arqueano			
Arqueano	Arqueano	Neoarqueano	2500		
		Mesoarqueano			
		Paleoarqueano			
		Eoarqueano			
Eon	Eon	Eon	Pré-cambriano	4000	

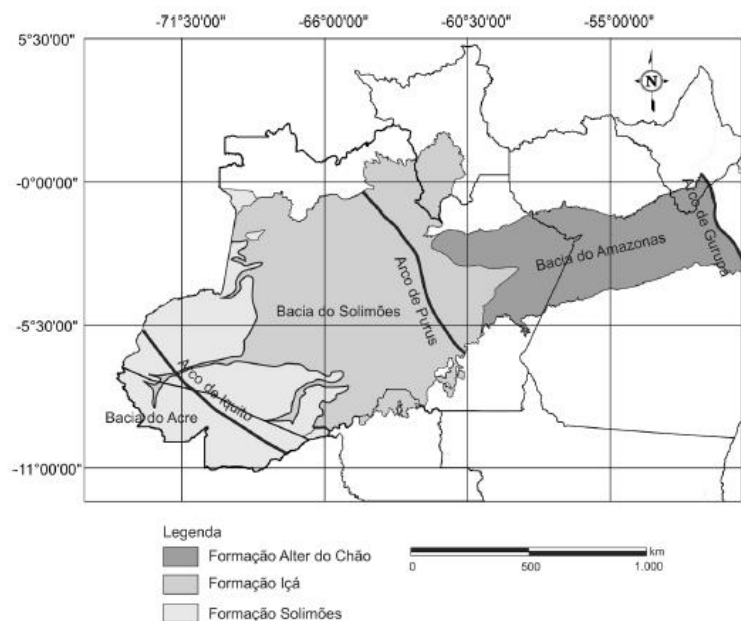


Figura 1. Áreas de afloramento das formações Içá, Solimões e Alter do Chão, nas bacias sedimentares do Solimões e do Amazonas.

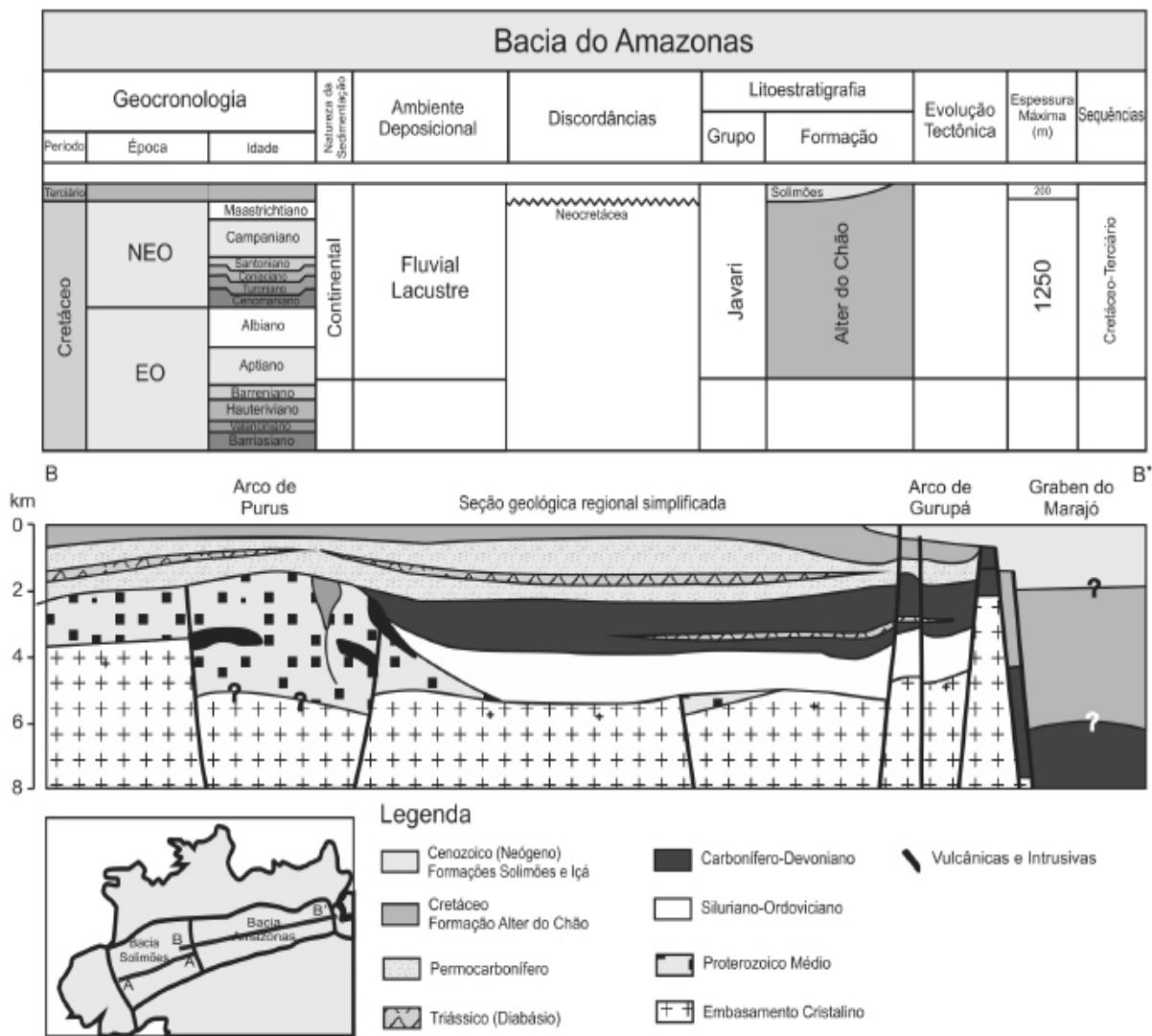
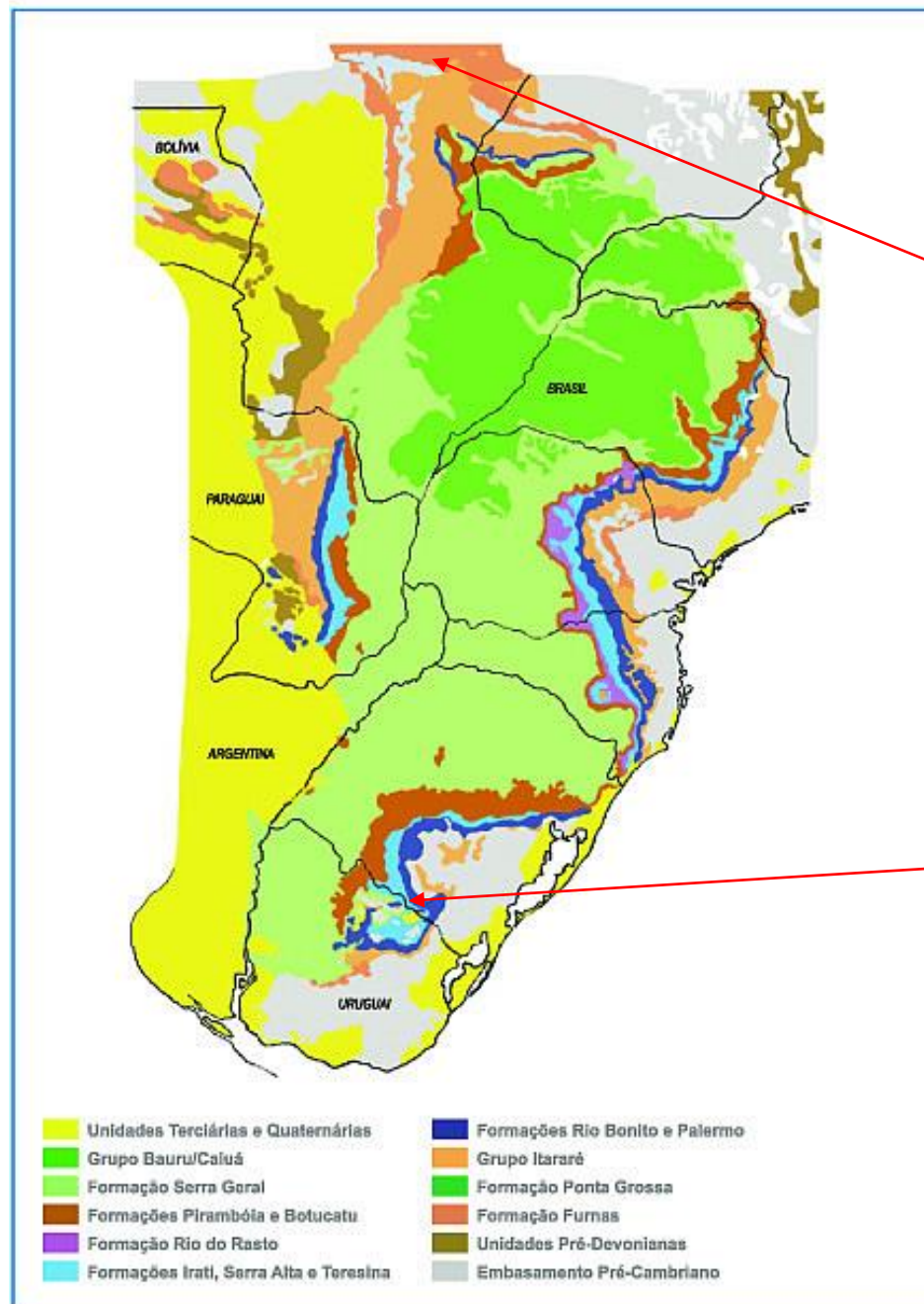


Figura 2. Colunas estratigráficas das bacias do Solimões (modificado de Eiras et al., 1994) e do Amazonas e suas respectivas seções geológicas regionais simplificadas (modificadas de Eiras, 1998; Wanderley Filho, Travassos, Alves, 2005).



MAPA 2.3 - MAPA GEOLÓGICO SIMPLIFICADO DA BACIA DO PARANÁ

FONTE: Modificado de Paulipetro, 1981

Bacia do Amazonas

✓ mar penetrou no **Ordoviciano**, retirou-se no Siluriano, voltou no Devoniano, retirou-se no início do Carbonífero, voltou pela última vez no fim do Carbonífero início do Permiano.

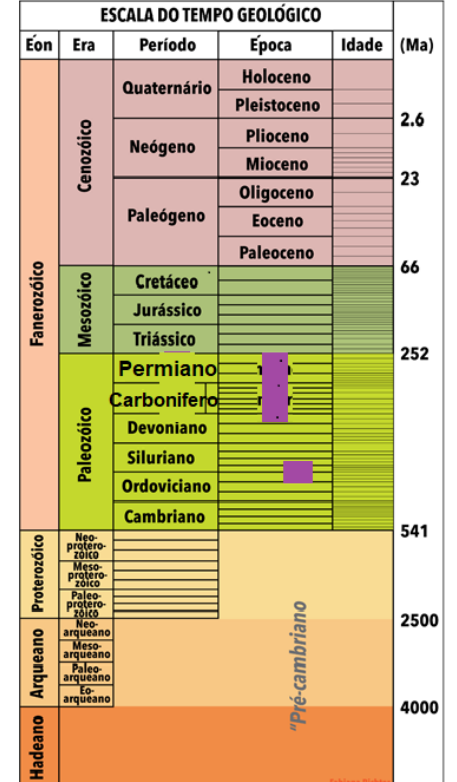
(aberto a origem do mar – fósseis diferem dos contemporâneos andinos, somente durante o Devoniano são semelhantes)

Formação Trombetas (arenitos, siltitos e folhelhos) – fósseis marinhos

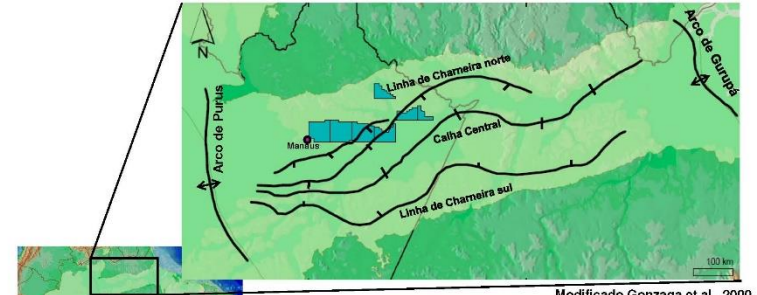
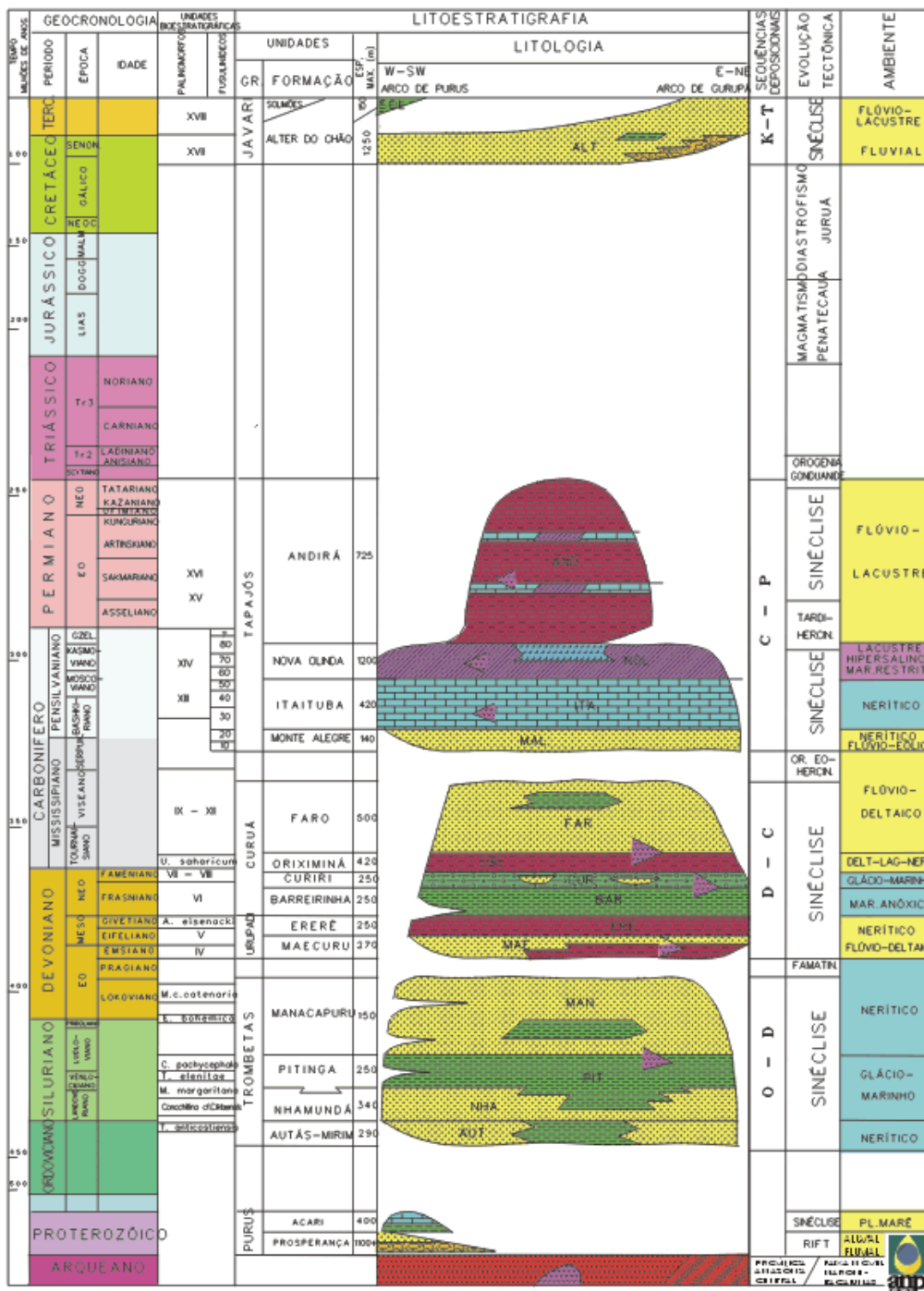


Ordoviciano – braquiópodo *Orthis callactis*

Siluriano (fóssil-índice) – graptozoário *Climacograptus innotatus*



- As rochas do Devoniano ocorrem também nas bacias do Parnaíba, Paraná e Parecis-Alto Xingu (no auge da transgressão marinha devoniana os mares devem ter ultrapassado os limites das bacias intracratônicas unindo-as num corpo único).
- Ordoviciano (485-444Ma), Siluriano (444-419Ma), Devoniano (419-359Ma), Carbonífero (359-299Ma), Permiano (299-252Ma)



Modificado Gonzaga et al., 2000

Área total 606.234 km²

Bacia paleozóica intracratônica
Cobertura Cretácea - Terciária

Sedimentos continentais

Sedimentos mistos marinhos-continentais (arenitos, folhelhos e siltitos, calcário, evaporitos) – (fósseis, calcário e evaporitos indicam mares quentes)

Sedimentos marinhos (arenitos, siltitos e folhelhos, sem sedimento químico, exceção de concreções calcárias) – condições climáticas intermediárias

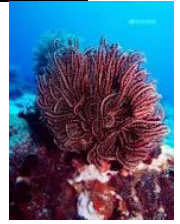
braquiópodo



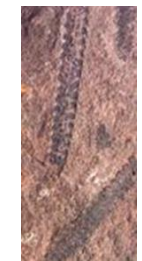
briozoário



crinóide



braquiópodo



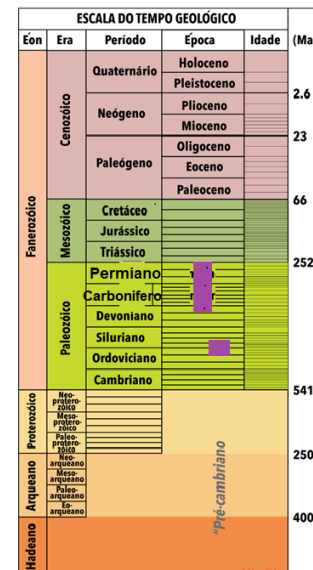
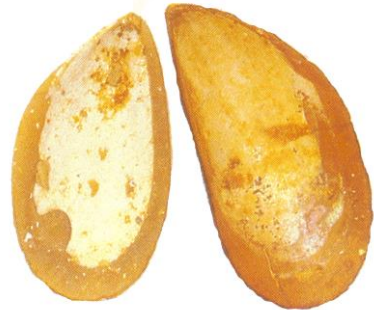
graptozoário



De maneira geral, considerando os tipos de **rochas e fósseis**, o que foi observado na **Bacia do Amazonas** para o período desde o **Ordoviciano** (485-444Ma) até o **Carbonífero** (359-299Ma) valem para a **Bacia do Parnaíba** e do **Paraná**.

Algumas observações que completam informações nas bacias do Parnaíba e Paraná:

- ✓ Na **Bacia do Parnaíba** (Neodevoniano) há indicações que o mar foi muito raso. Nos arenitos de fundo há marcas de ondas e estruturas provavelmente deixadas por metazoários vermiformes. Além dos braquiópodos, aparecem os bivalvíos, trilobitas.



- ✓ Na **Bacia do Paraná** os primeiros sedimentos depositados são considerados siluriano-devoniano (Formação Furnas).

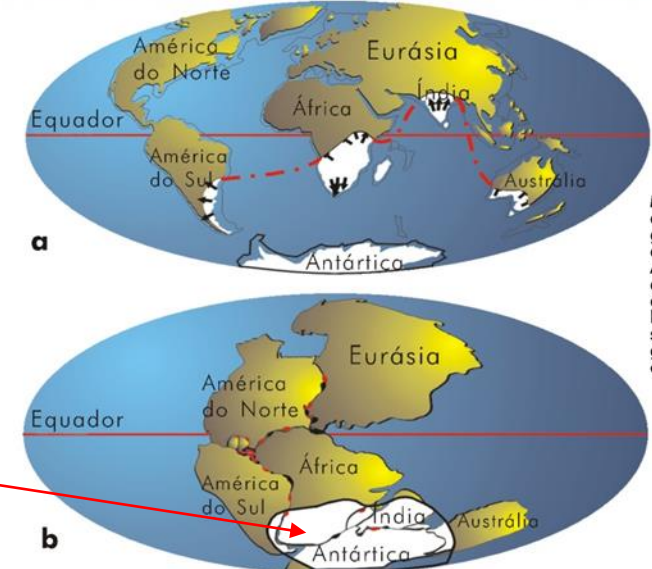
Os folhelhos, arenitos e siltitos da Formação Ponta Grossa são datados com segurança no Devoniano a partir de sua fauna de invertebrados (vamos ver com mais detalhe a Bacia do Paraná).

✓ A partir do Carbonífero (359-299Ma), com a regressão marinha, as bacias sedimentares do Amazonas, Parnaíba e Paraná, evoluem em ambientes de sedimentação mais contrastantes e como consequência as rochas são diferentes.

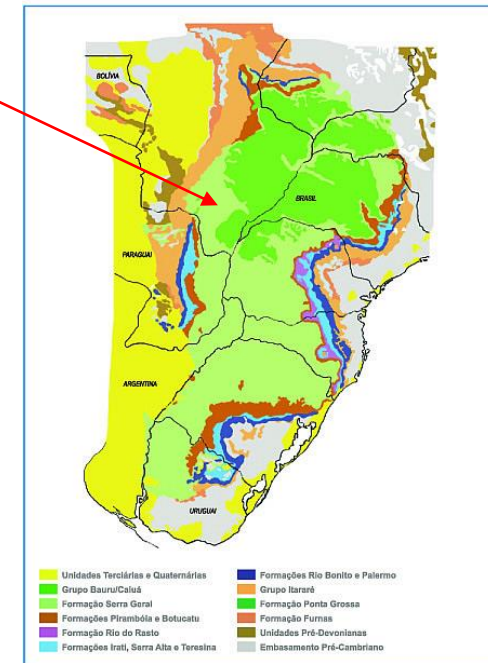
✓ Por exemplo, rochas glaciais são observadas somente na Bacia do Paraná, pois a glaciação afetou esta parte da placa Sul-Americana.

✓ Outro exemplo, não são observadas as rochas básicas relacionadas ao evento da abertura do Atlântico nas bacias do Amazonas e Parnaíba, que afetou grandemente a Bacia do Paraná.

✓ Os sedimentos cenozoicos da Formação Alter do Chão (Bacia Amazônica) depositaram-se em ambiente (fluvio-lacustre e fluvial) diferente dos sedimentos de mesma idade depositados na Bacia do Paraná (eólico, fluvial e aluvial) e apresentam características diferentes.



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



Vamos ver em maior detalhe a Bacia do Paraná, a partir da Geologia do Estado de São Paulo

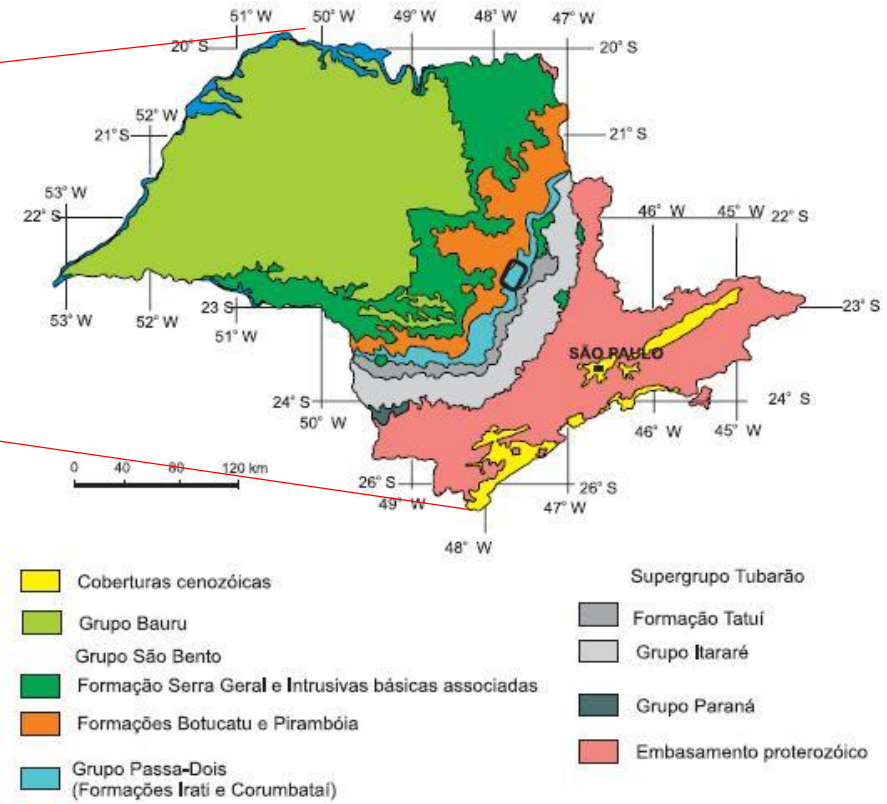
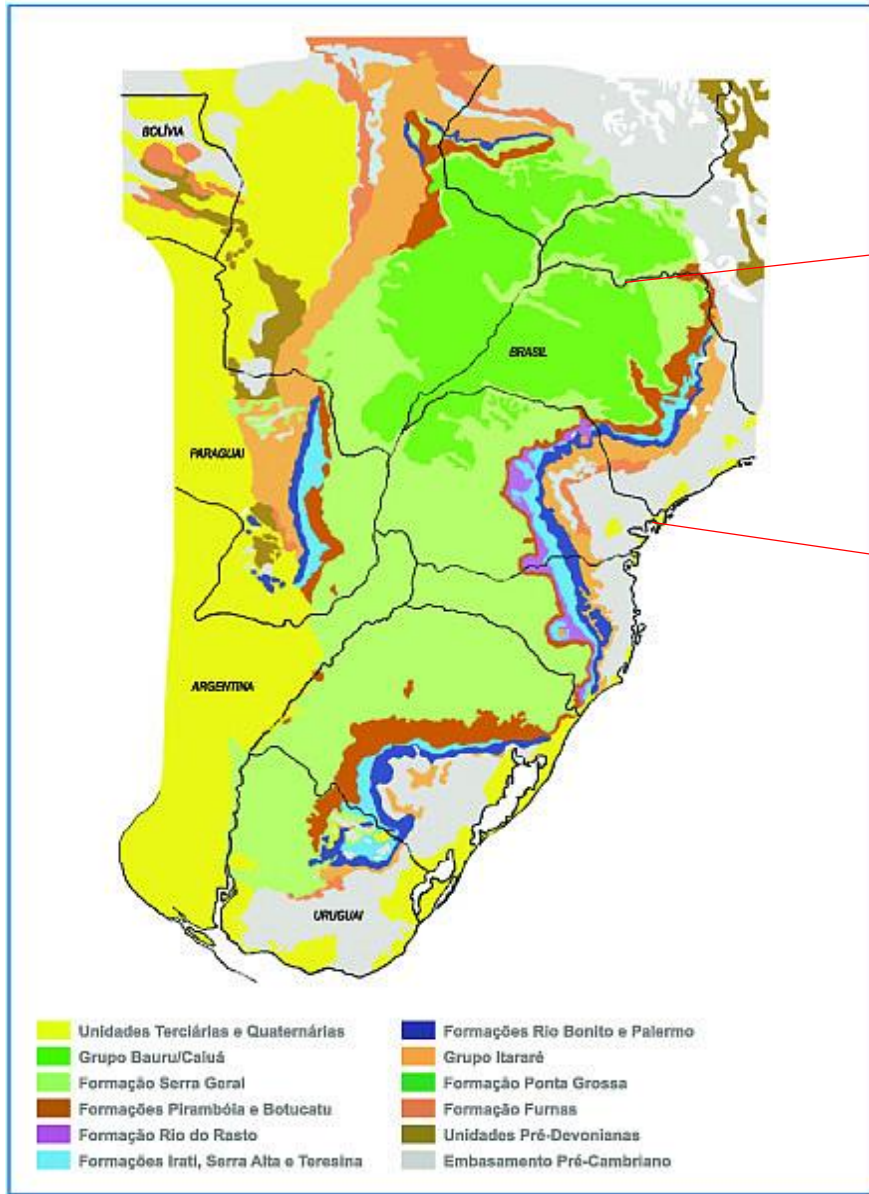


FIGURA 1. Distribuição das unidades litoestratigráficas da Bacia do Paraná no Estado de São Paulo (fonte: IPT, 1981).

Geologia simplificada do Estado de São Paulo

As rochas mais antigas do Estado de São Paulo são do *embasamento cristalino* (rochas ígneas e metamórficas), com idades superiores a 570Ma.

As rochas sedimentares mais antigas pertencem as formações *Furnas* (arenitos) e *Ponta Grossa* (folhelhos ricos em fósseis – trilobitas e braquiópodos). São *sedimentos* de origem *marinha devonianos* (419-359Ma). Estas duas formações compõe o *Grupo Paraná*

braquiópodo



trilobita

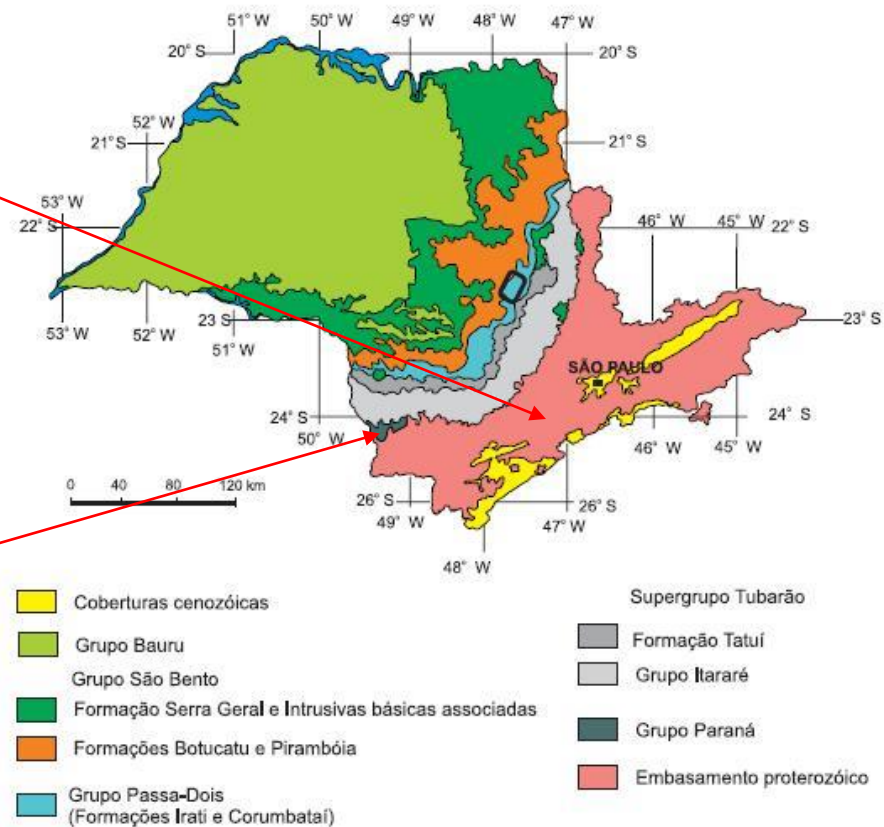


FIGURA 1. Distribuição das unidades litoestratigráficas da Bacia do Paraná no Estado de São Paulo (fonte: IPT, 1981).

Nos períodos **Carbonífero (359-299Ma) – Permiano (299-252Ma)** (*sedimentação* de caráter misto - *marinho e continental*), ocorreu uma glaciação no hemisfério Sul. Esta glaciação está representada pelas rochas do **Grupo Tubarão** (*Grupo Itararé* – sedimentos continentais e marinhos, depositados por geleiras, ex. tilitos, ou sob influência glacial, ex. varvitos. *Formação Tatuí* - arenitos e siltitos marinhos de mar raso).

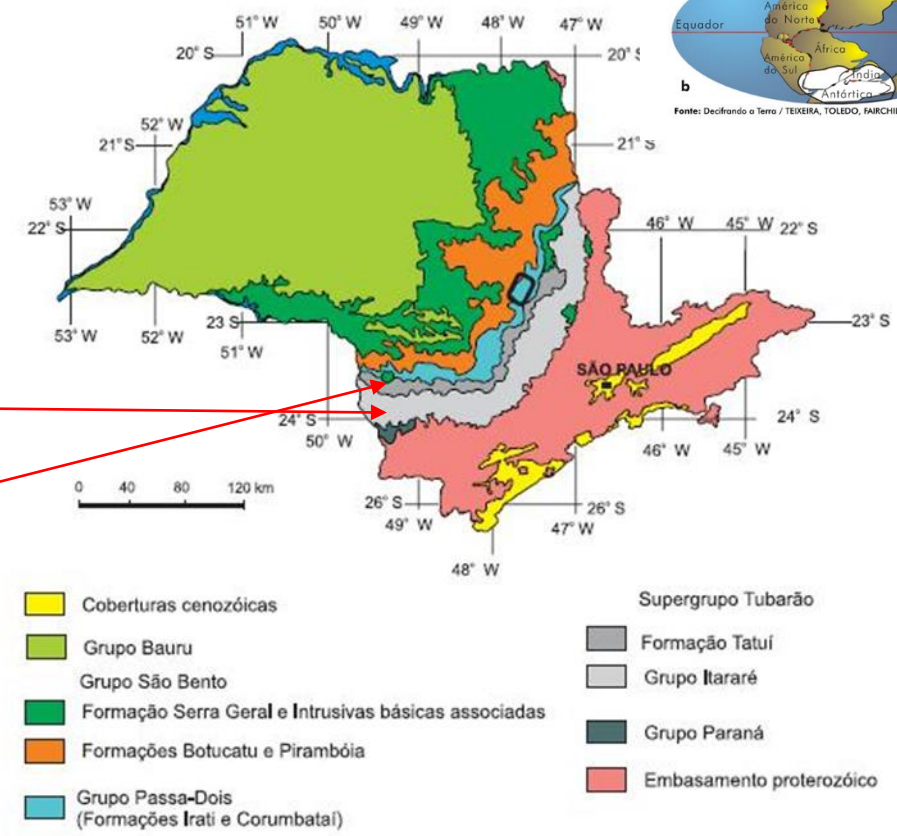
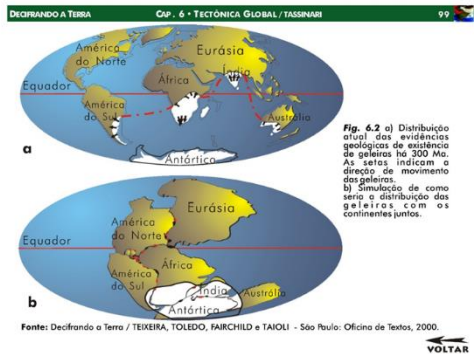
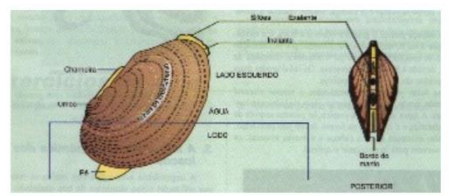


FIGURA 1. Distribuição das unidades litoestratigráficas da Bacia do Paraná no Estado de São Paulo (fonte: IPT, 1981).

Pelecípodes

braquiópodo



Itararé

Após a *regressão do mar* e *final da glaciação* a sedimentação passa a ser, gradualmente, *continental*. As rochas da *Formação Irati* (folhelhos e calcários com fósseis dos répteis *Mesosaurus brasiliensis* e *Stereosternum tumidum*, crustáceos *Paulocaris*, *Liocaris* e *Pygaspis*) *representam a fase de transição continente-mar*.

Com *menos influência do mar* e *maior do continente* tem-se as rochas da *Formação Corumbataí* (folhelhos, siltitos, argilitos e calcários de origem fluvial). Sobre as rochas das Formações Irati e Corumbataí ocorreu a *sedimentação continental* formando os arenitos e folhelhos da *Formação Rio do Rastro*. Estas formações são parte do *Grupo Passa Dois* **Permiano (299-252Ma)**

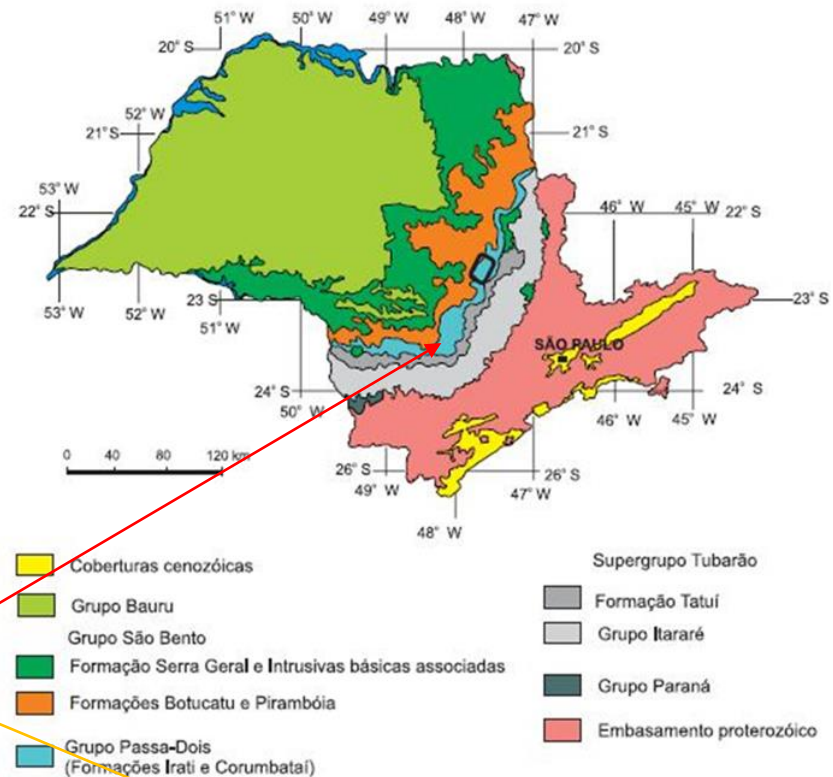
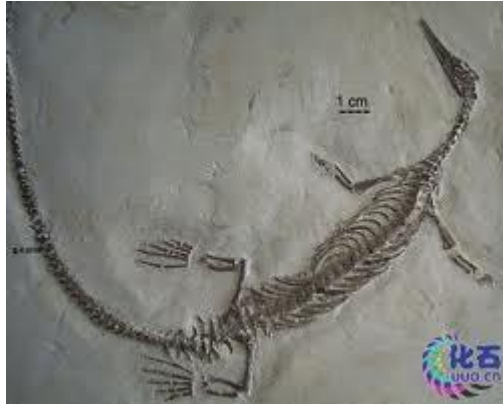


FIGURA 1. Distribuição das unidades litostратográficas da Bacia do Paraná no Estado de São Paulo (fonte: IPT, 1981).



Formação Irati

a fase de transição continente-mar.



Mesosaurus brasiliensis



Stereosternum tumidum



FIGURA 1 – Fósseis em rochas do Subgrupo Irati no interior paulista. A: Exposição típica das rochas da Formação Assistência nas frentes de lavra da região de Rio Claro. O minério (m), que constitui a camada inferior, possui 2 m de espessura média de calcário magnesiano. A porção estéril (e) sobrejacente, composta de ritmitos, possui até 15 m de espessura. B: escamas de peixes (setas). C, D: camada com concentração de fragmentos de ossos de mesossaurídeos (*bonebed*). E: exemplar articulado de mesossaurídeo. F: carapaças de crustáceos.

A partir do (Permiano 299-252Ma) a sedimentação é de *origem continental*. Depositam-se os arenitos de origem *eólica/fluvial* da *Formação Pirambóia* (idade Permo-Triássico. Fósseis conchostráceos, ostracodes e restos vegetais) e sobre ela os *arenitos eólicos* da *Formação Botucatu* (clima desértico, Jurássico (201-145Ma) – Cretáceo Inferior (145-100Ma)).

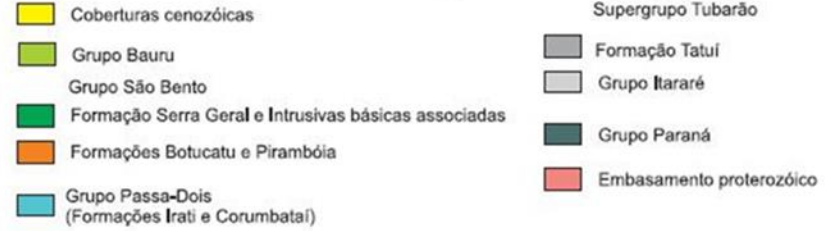
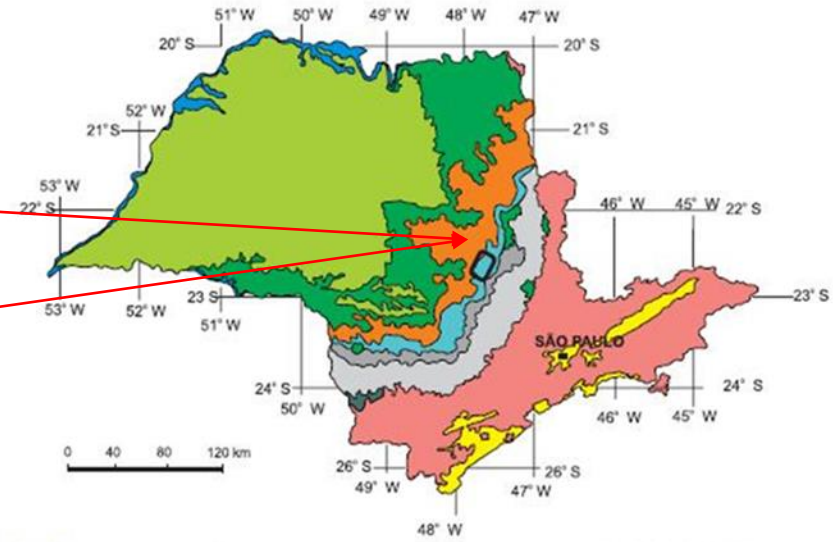
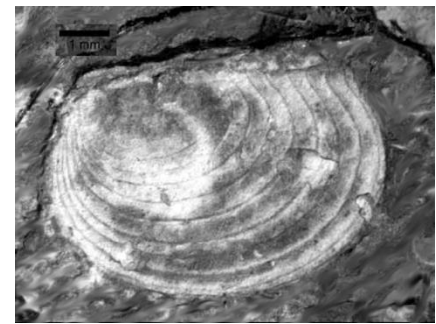
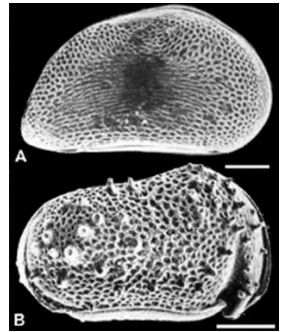


FIGURA 1. Distribuição das unidades litestratigráficas da Bacia do Paraná no Estado de São Paulo (fonte: IPT, 1981).

ESCALA DO TEMPO GEOLÓGICO					
Éon	Era	Período	Época	Idade (Ma)	
Fanerozóico	Cenozóico	Quaternário	Holoceno	2.6	
			Pleistoceno		
		Neógeno	Plioceno		
			Mioceno		
		Paleógeno	Oligoceno		23
			Eoceno		
	Paleoceno				
	Mesozóico	Cretáceo	66		
		Jurássico			
		Triássico			
		Permiano		252	
		Carbonífero			
	Paleozóico	Devoniano	541		
		Siluriano			
		Ordoviciano			
Cambriano					
Pré-cambriano					
Proterozóico	Neo-proterozóico	2500			
	Meso-proterozóico				
	Paleo-proterozóico				
	Arqueano				
Arqueano	Neo-arqueano	4000			
	Meso-arqueano				
	Paleo-arqueano				
	Eo-arqueano				
Hadeano					



conchostráceos



ostracodes

Formação Pirambóia

Aproximadamente em 120-130Ma teve início a *separação da África da América do Sul* e, como consequência da abertura do Oceano Atlântico, ocorreu a intrusão e extrusão das rochas magmáticas da *Formação Serra Geral* (as rochas extrusivas são as básicas – *basaltos*- e as intrusivas são, em sua maioria *básicas*, mas tem também *ácidas* – riolitos, riodacitos).

As formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral formam o **Grupo São Bento**.

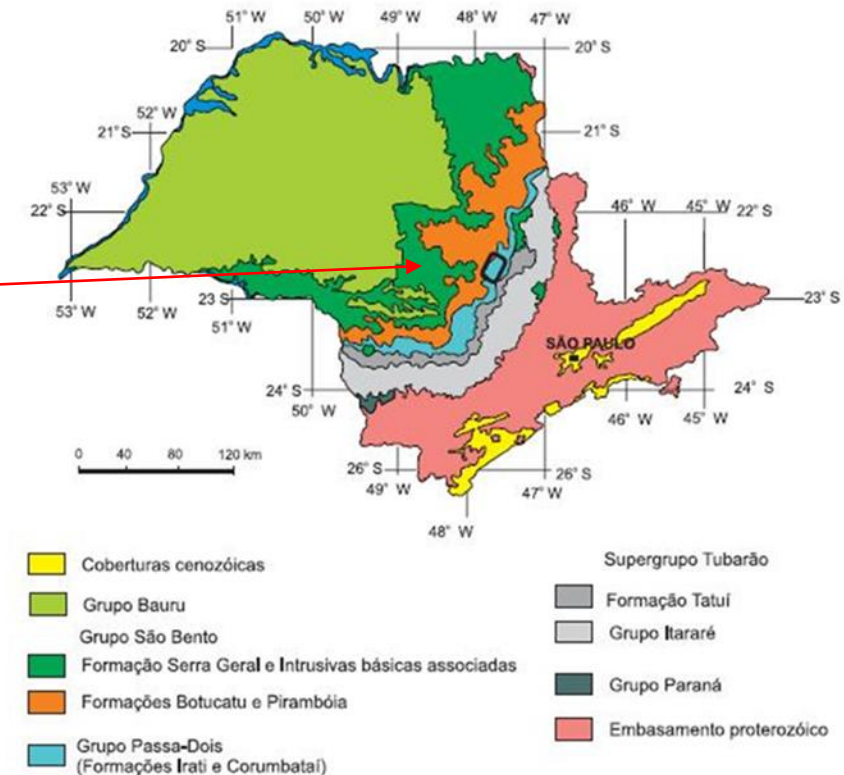


FIGURA 1. Distribuição das unidades litoestratigráficas da Bacia do Paraná no Estado de São Paulo (fonte: IPT, 1981).

Após o evento tectônico relacionado a *abertura do Atlântico*, volta o período de estabilidade da plataforma Sul-Americana e tem-se a deposição dos arenitos continentais do **Grupo Bauru** (Cretáceo Superior). Fósseis crocodilianos, *dinossauros* e quelônios. Este grupo é constituído por várias formações (Marília, Adamantina, Araçatuba, Santo Anastácio Caiuá).

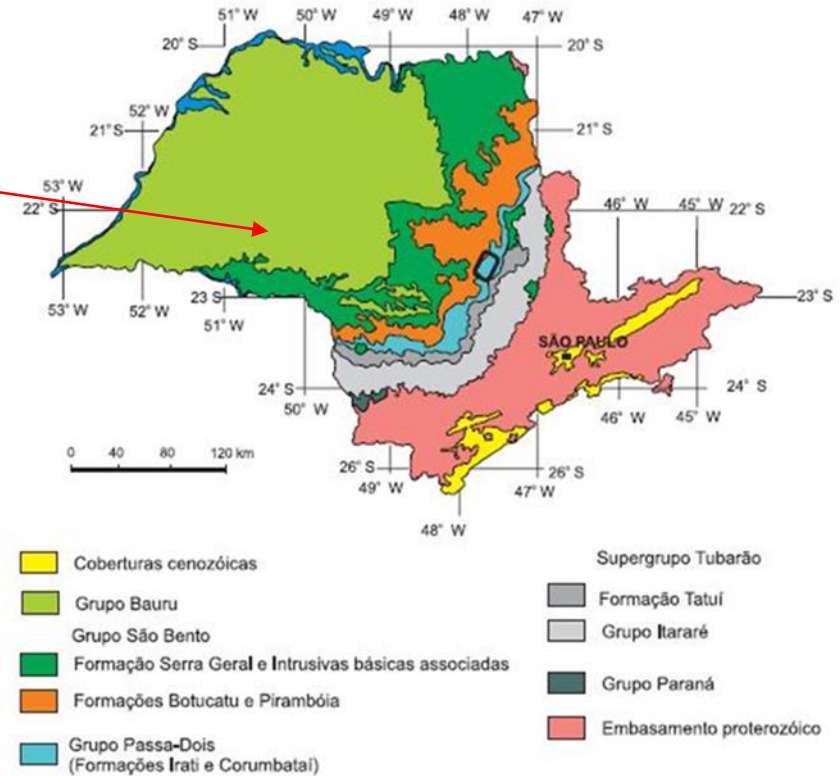


FIGURA 1. Distribuição das unidades litoestratigráficas da Bacia do Paraná no Estado de São Paulo (fonte: IPT, 1981).

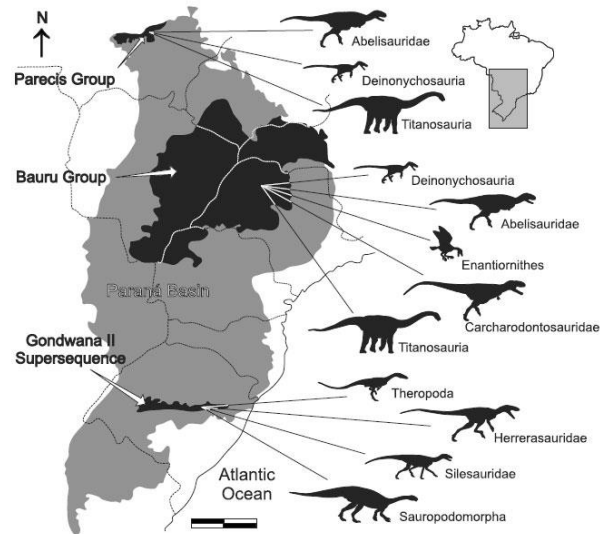


Fig. 1 – Map of south-central Brazil depicting the Paraná Basin (grey), and Gondwana II Supersequence, Bauru and Parecis groups (black). The dinosaur record follows Tables I-II. Modified from Silva et al. (2003) and Milani (2004). Scale = 200 km.

Como **consequência** da **abertura do Oceano Atlântico** outras bacias sedimentares se formaram ao longo da costa como a **Bacia de Santos**.

Ainda como consequência aos movimentos tectônicos relacionados à abertura do Oceano Atlântico, **no continente** ocorreram **soerguimentos** (movimentos de blocos em razão de falhamentos) que levaram a formação da **Serra do Mar e Mantiqueira**.

Também surgem **depressões alinhadas** paralelamente a região costeira que foram preenchidas com sedimentos continentais cenozóicos (66-3Ma) (arenitos, arenitos conglomeráticos, folhelhos, siltitos e argilitos). São as bacias de **Taubaté e São Paulo**.

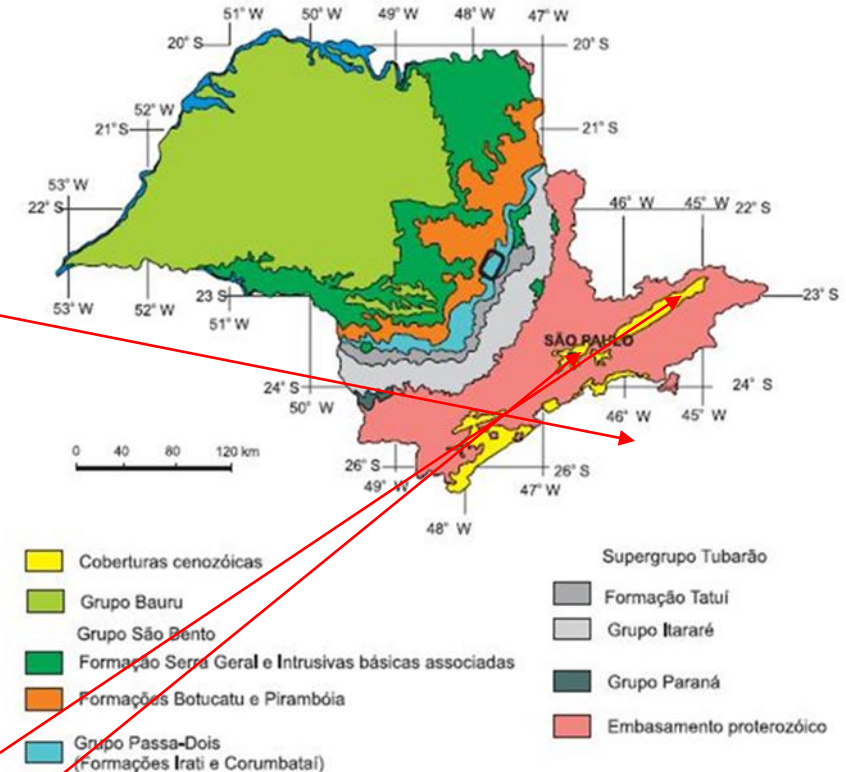


FIGURA 1. Distribuição das unidades litostratigráficas da Bacia do Paraná no Estado de São Paulo (fonte: IPT, 1981).

Os sedimentos que preenchem as pequenas **bacias aluvionares** que se formam ao longo dos rios e os sedimentos litorâneos são recentes, com idades máximas de algumas centenas ou dezenas de milhares de anos (Quaternário).

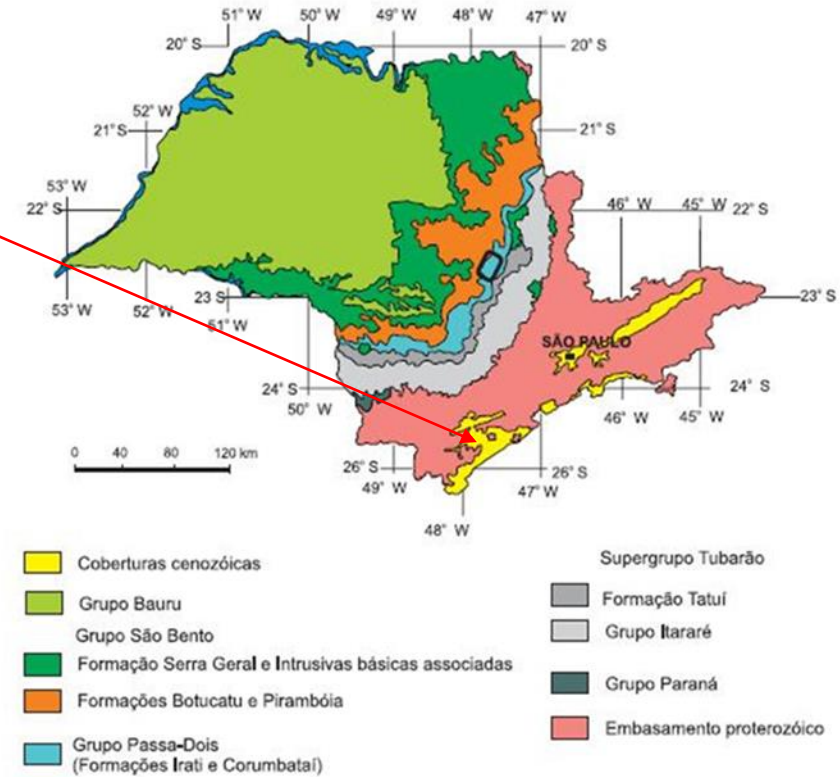
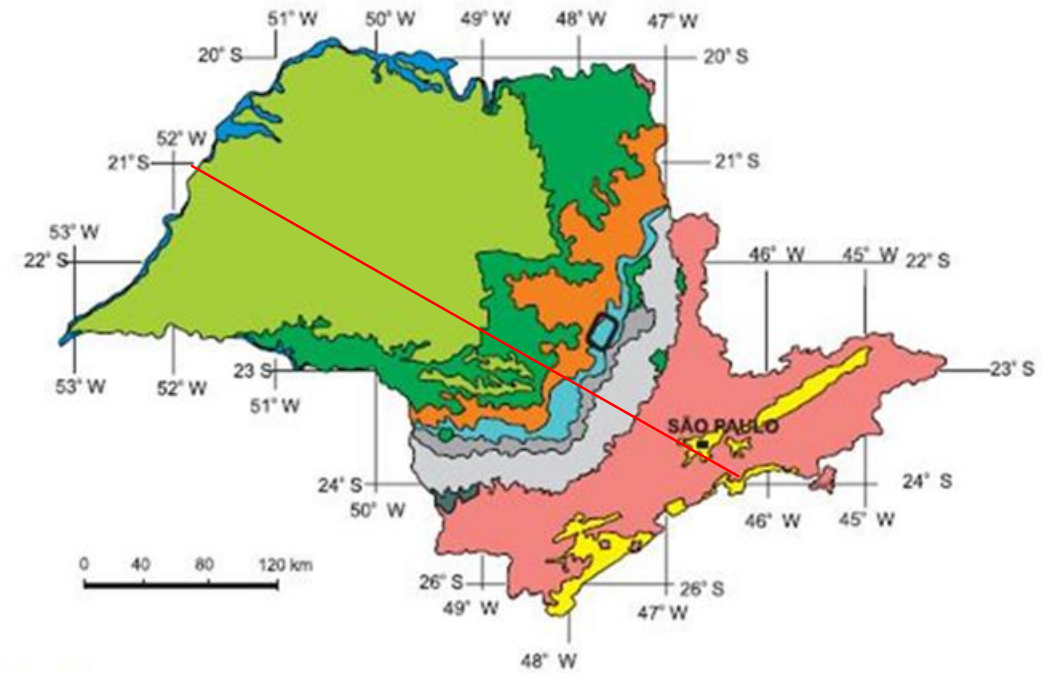
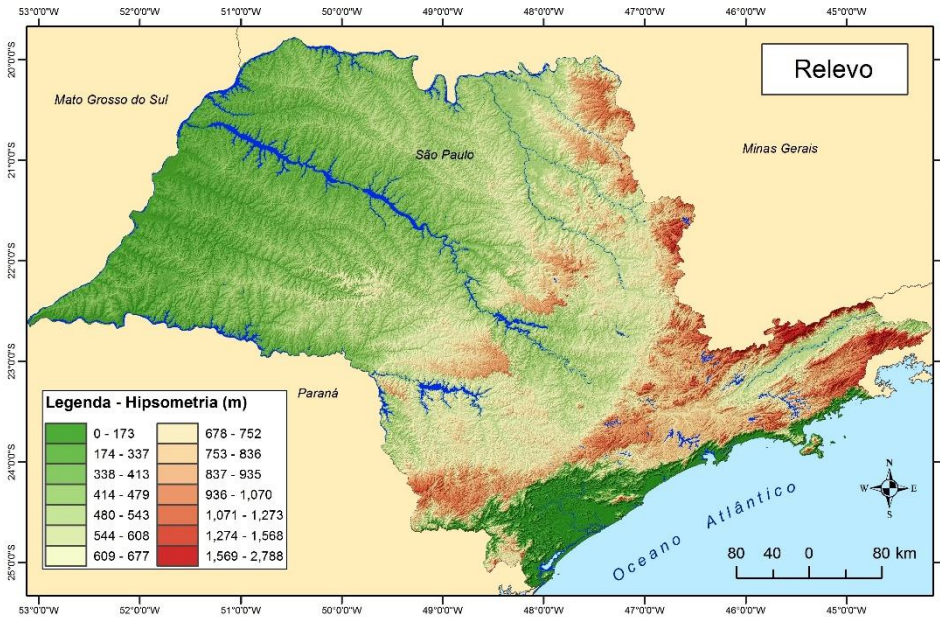
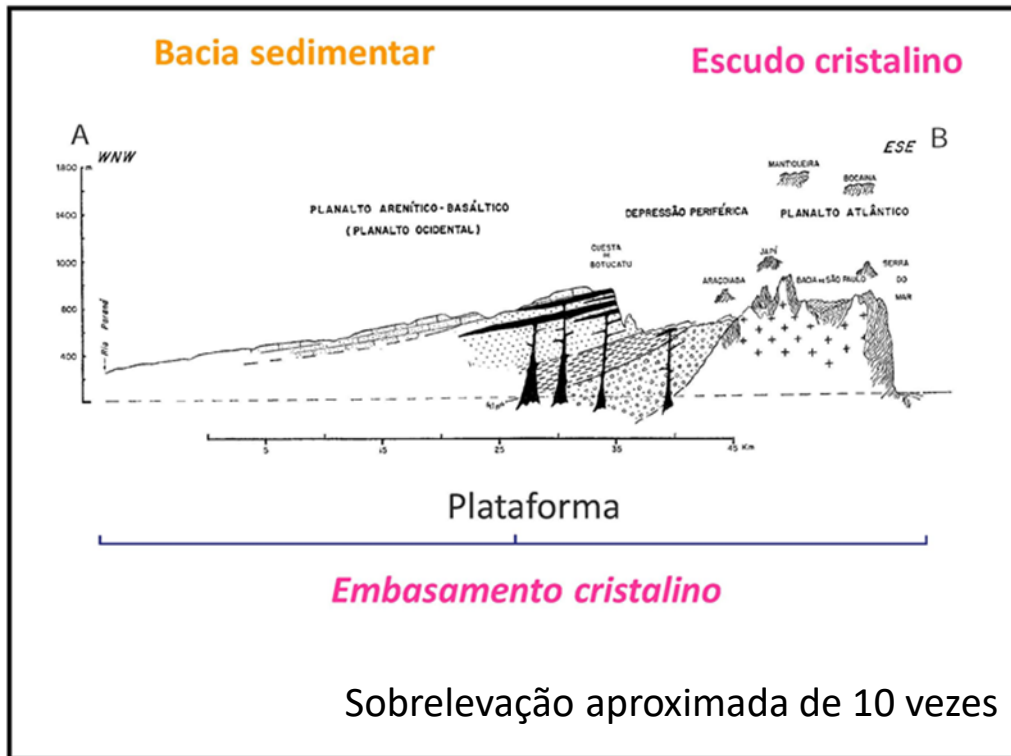


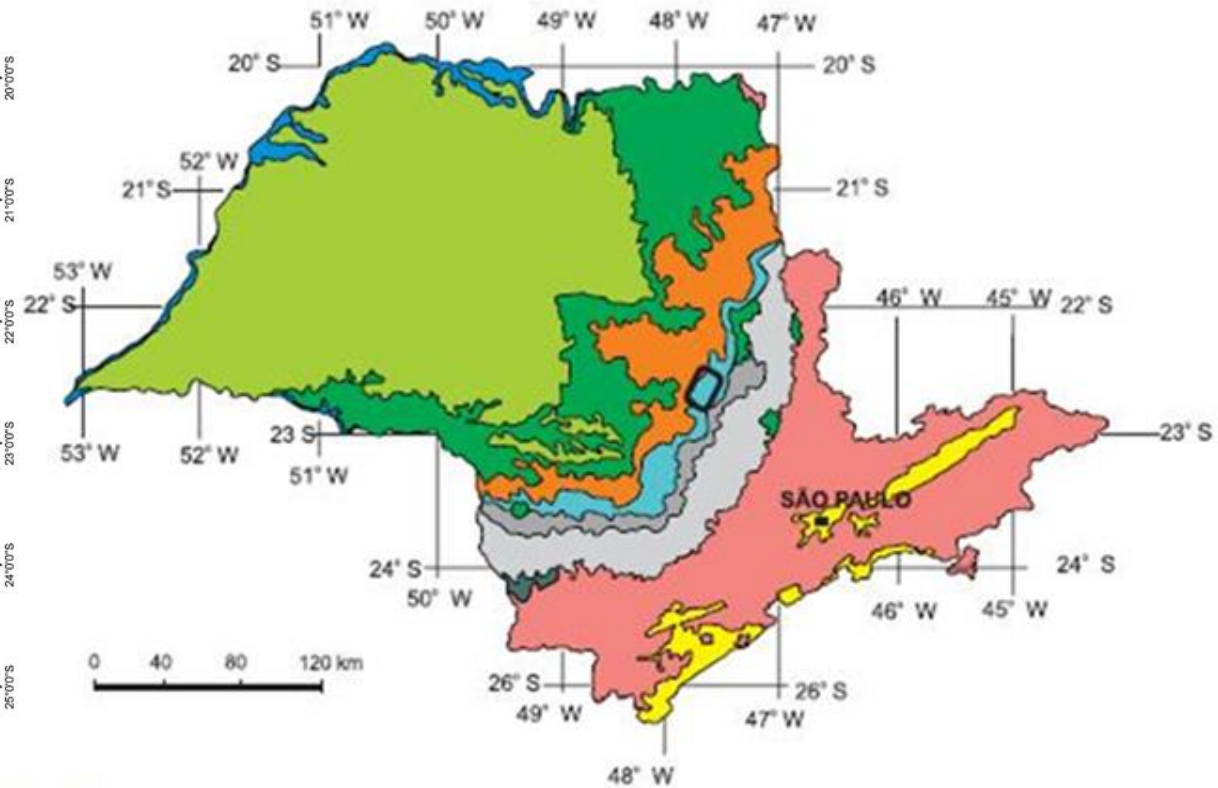
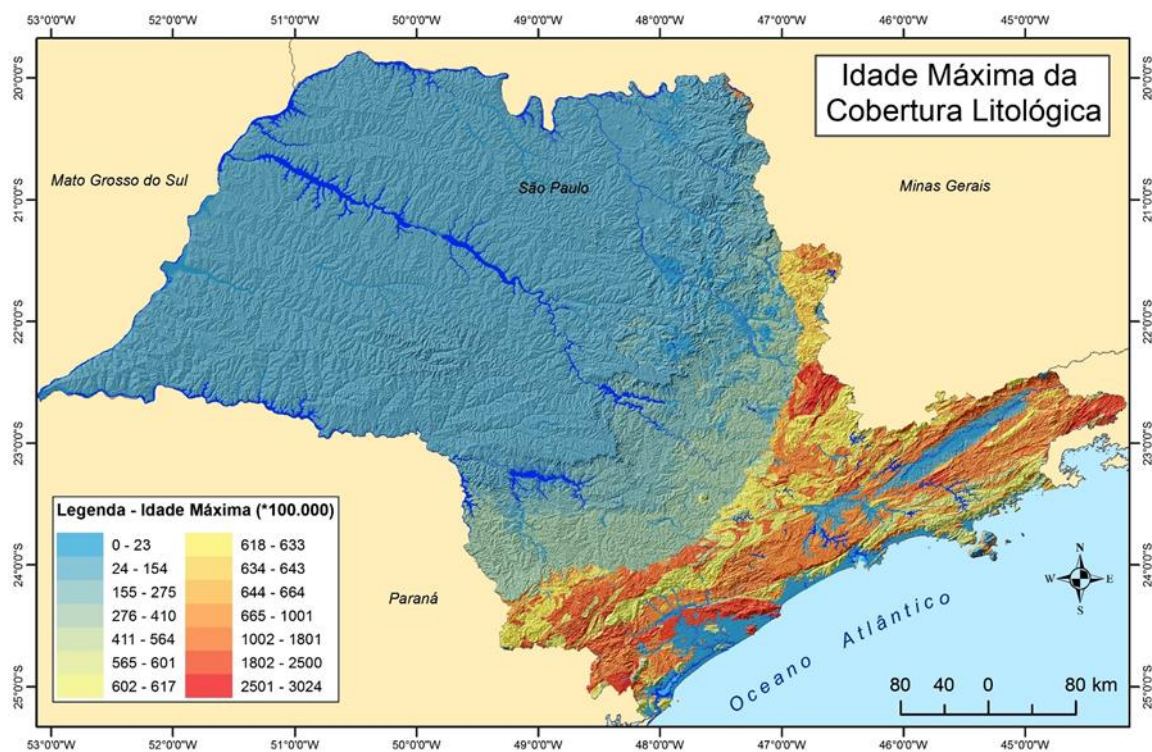
FIGURA 1. Distribuição das unidades litoestratigráficas da Bacia do Paraná no Estado de São Paulo (fonte: IPT, 1981).



- | | |
|--|--------------------------|
| Coberturas cenozóicas | Supergrupo Tubarão |
| Grupo Bauru | Formação Tatuí |
| Grupo São Bento | Grupo Itararé |
| Formação Serra Geral e Intrusivas básicas associadas | Grupo Paraná |
| Formações Botucatu e Pirambóia | Embasamento proterozóico |
| Grupo Passa-Dois (Formações Irati e Corumbataí) | |

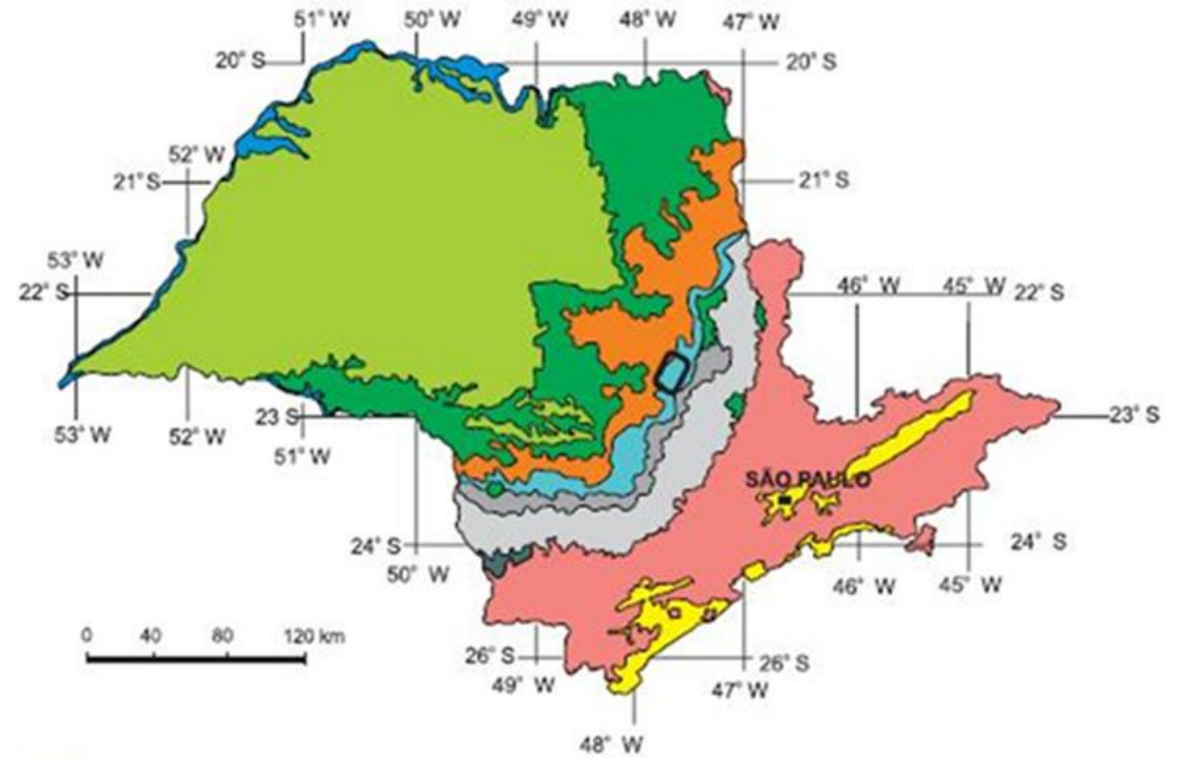
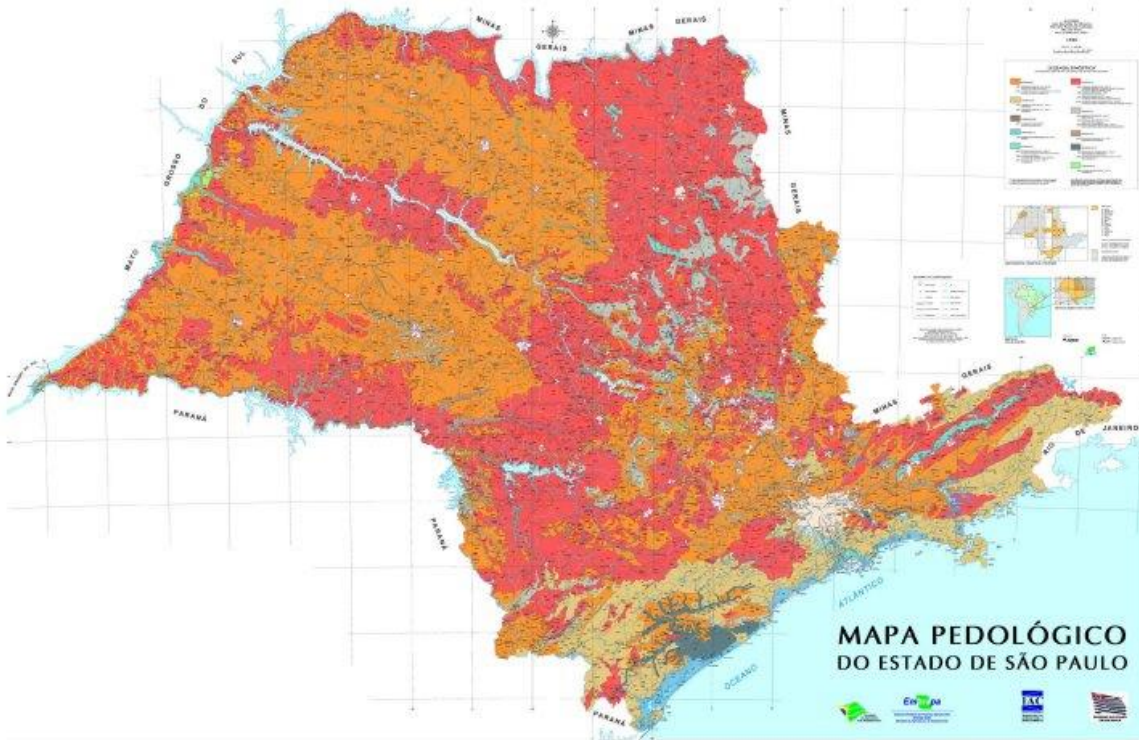
FIGURA 1. Distribuição das unidades litoestratigráficas da Bacia do Paraná no Estado de São Paulo (fonte: IPT, 1981).





- | | |
|--|---|
| Coberturas cenozóicas | Supergrupo Tubarão |
| Grupo Bauru | Formação Tatuí |
| Grupo São Bento | Grupo Itararé |
| Formação Serra Geral e Intrusivas básicas associadas | Grupo Paraná |
| Formações Botucatu e Pirambóia | Embasamento proterozóico |
| Grupo Passa-Dois (Formações Irati e Corumbataí) | |

FIGURA 1. Distribuição das unidades litoestratigráficas da Bacia do Paraná no Estado de São Paulo (fonte: IPT, 1981)



- | | | | | | |
|--|--|--|---------------|--|--------------------------|
| | Coberturas cenozóicas | | Grupo Bauru | | Supergrupo Tubarão |
| | Grupo São Bento | | Grupo Itararé | | Grupo Paraná |
| | Formação Serra Geral e Intrusivas básicas associadas | | Grupo Paraná | | Embasamento proterozóico |
| | Formações Botucatu e Pirambóia | | | | |
| | Grupo Passa-Dois
(Formações Irati e Corumbataí) | | | | |

FIGURA 1. Distribuição das unidades litoestratigráficas da Bacia do Paraná no Estado de São Paulo (fonte: IPT, 1981).

