

# GEOLOGIA ESTRUTURAL

Aulas 7

FALHAS: TRANSCORRENTES

Prof. Eduardo Salamuni

(Arte: Acadêmica Marcela Fregatto)

# FALHAS TRANSCORRENTES

## Sistemas Direcionais

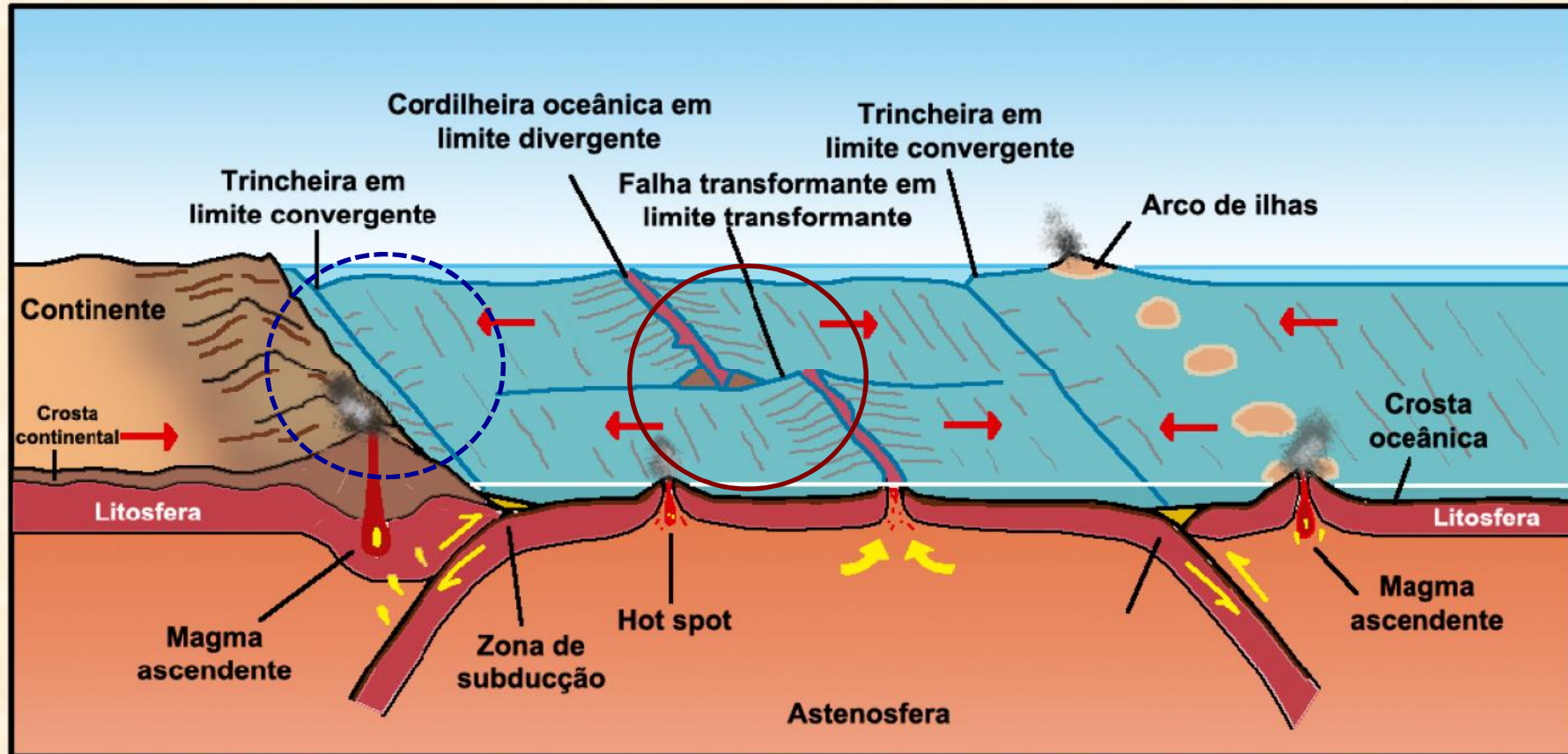
---

### Introdução

#### Definições

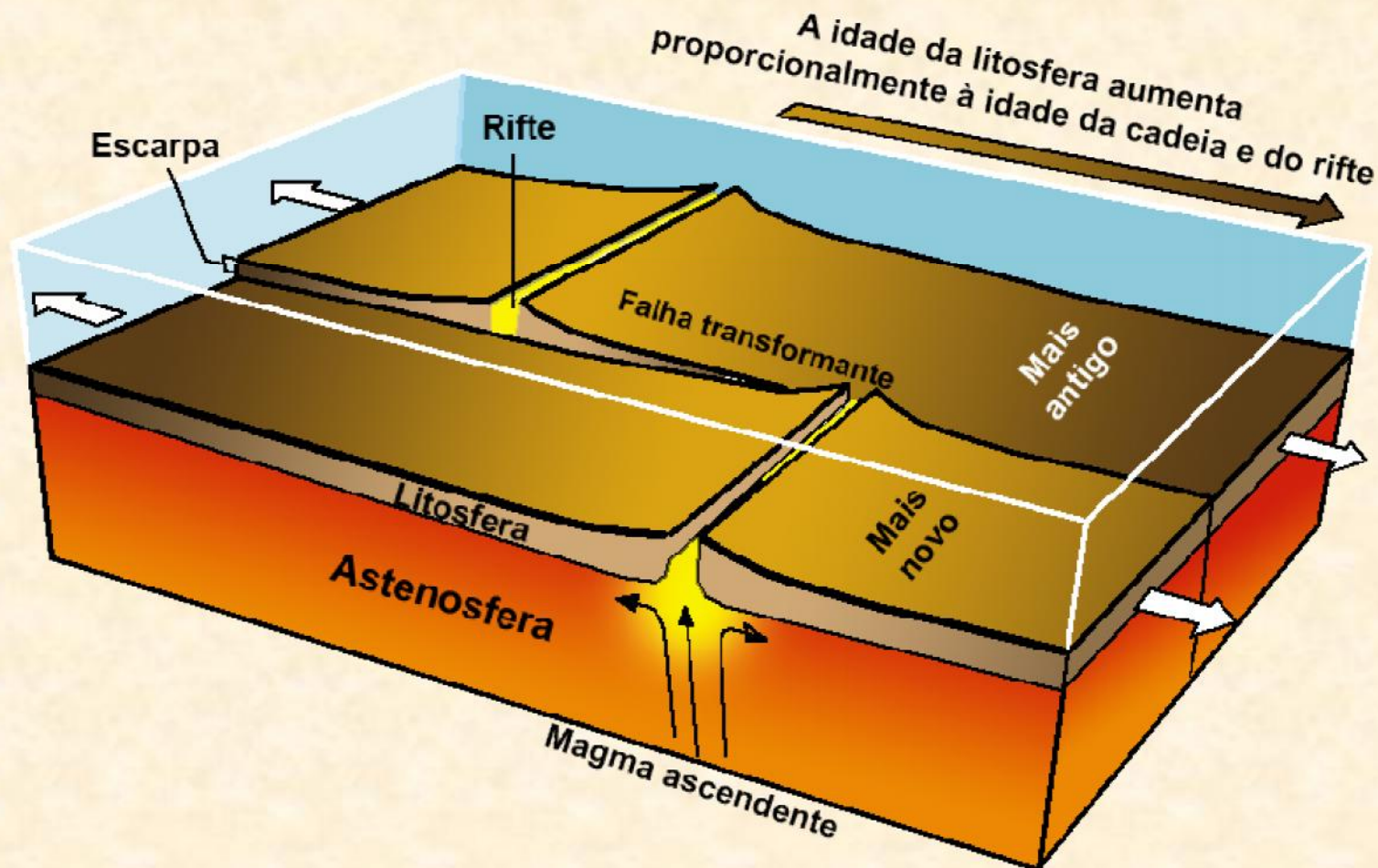
- Falhas transcorrentes (direcionais ou de rasgamento) (strike slipe fault ou wrench fault): são movimentos direcionais provocados por eixos de maior compressão (tensão) e maior alívio (tração) na horizontal. Na região da falha predomina o cisalhamento simples.
- Normalmente apresentam zonas com traços lineares, formas planares verticais e movimentos horizontais. Porém isso não é regra e, dependendo dos litotipos envolvidos, podem mostrar traços com inflexões, descontinuidades curvilineares, atitudes de médios ângulos de mergulho.
- O estilo transcorrente é marcado regionalmente por feições de encurtamento e estiramento, desnivelamento de blocos, rápida sedimentação, fraco metamorfismo e magmatismo indireto (relacionado à granitogênese, por exemplo).

## Sítios de ocorrência de movimento direcional

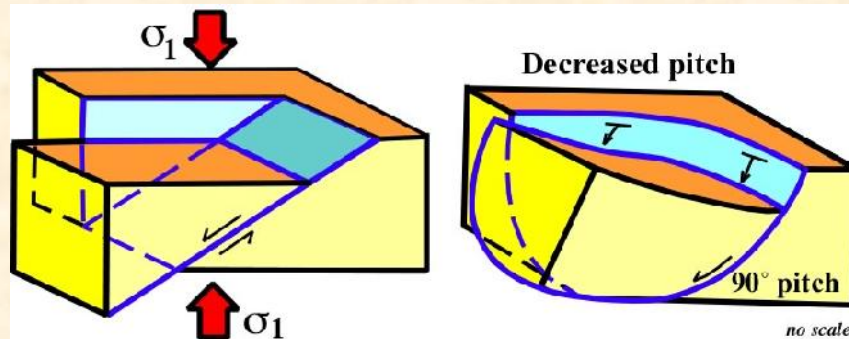


## Falhas transformantes x falhas transcorrentes

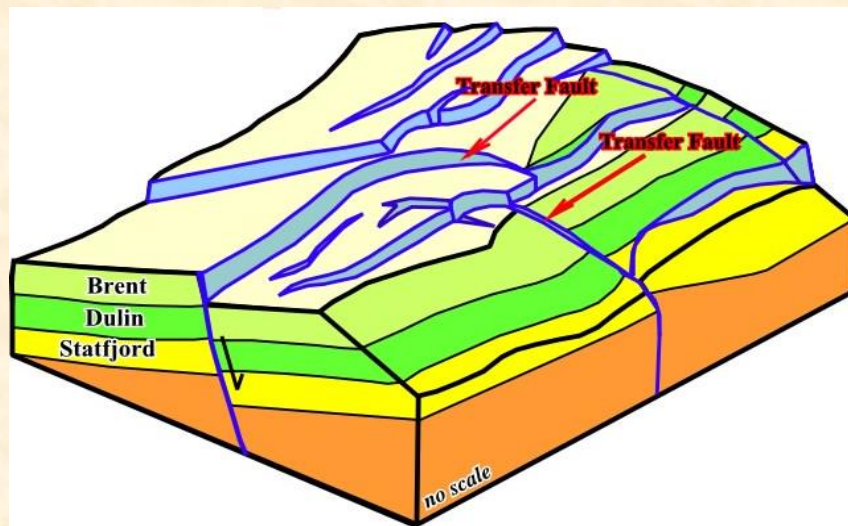
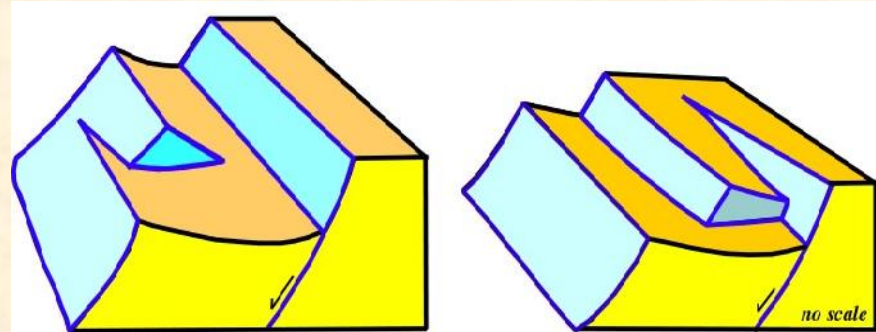
- Falhas transformantes são observadas, salvo raras exceções, em crosta oceânica, e as falhas transcorrentes são típicas de crosta continental.



## Falhas de transferência x falhas transcorrentes



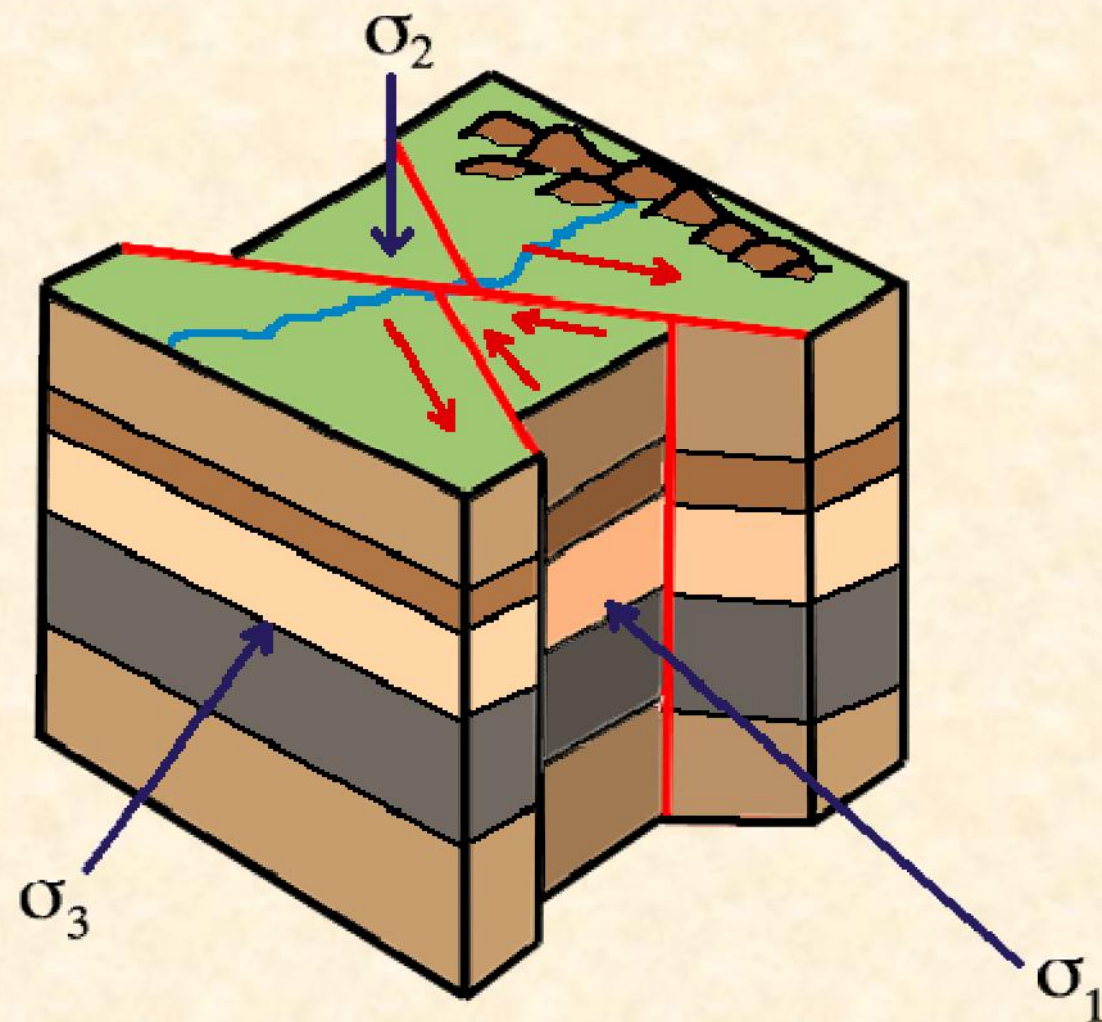
Fonte: C.C. Ramez (Universidade Fernando Pessoa – Portugal)



Modelo aplicado para o Mar do Norte. Fonte: C.C. Ramez (Universidade Fernando Pessoa – Portugal)

- Falhas de transferência são comuns em bacia sedimentares submetidas à tração, ou seja, no processo de distensão por falhas normais o processo de deformação da bacia admite a formação de falhas direcionais (pequenas transcorrentes) para a acomodação da tensão à qual a bacia está submetida

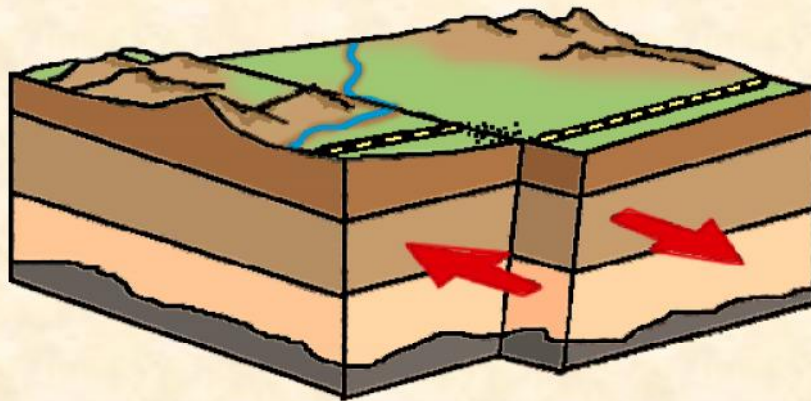
## Posição dos tensores em falha transcorrente



---

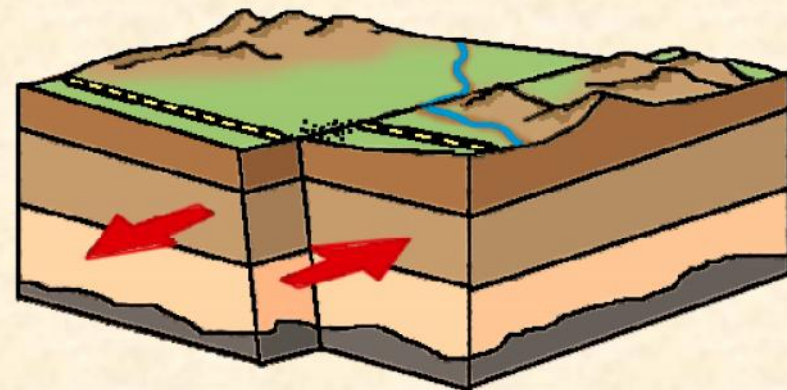
## Regime cinemático

Movimento direcional (ou rejeito direcional)

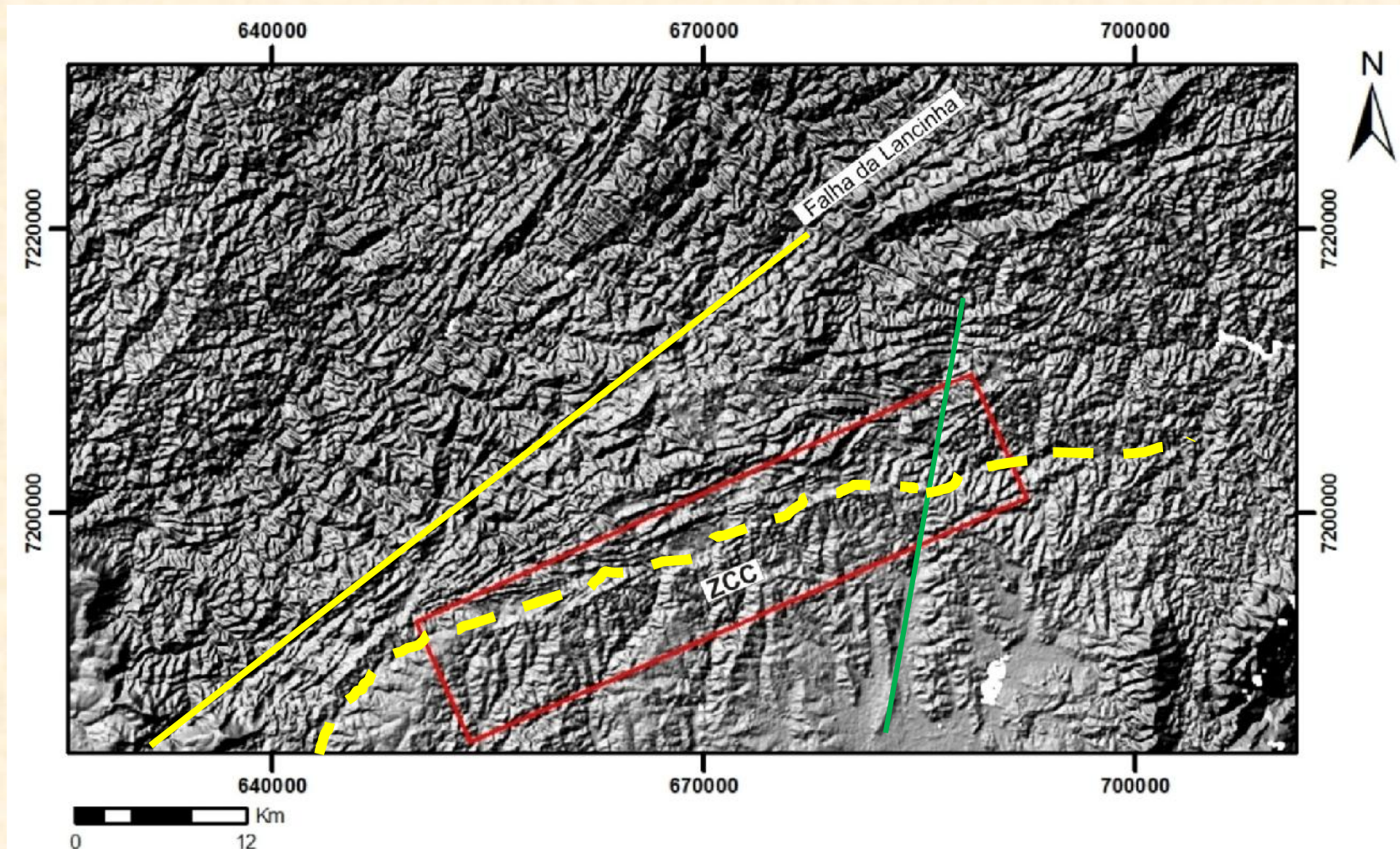


Lateral direita  
(dextrógiro ou  
horário)

Lateral esquerda  
(sinistrógiro ou  
anti-horário)



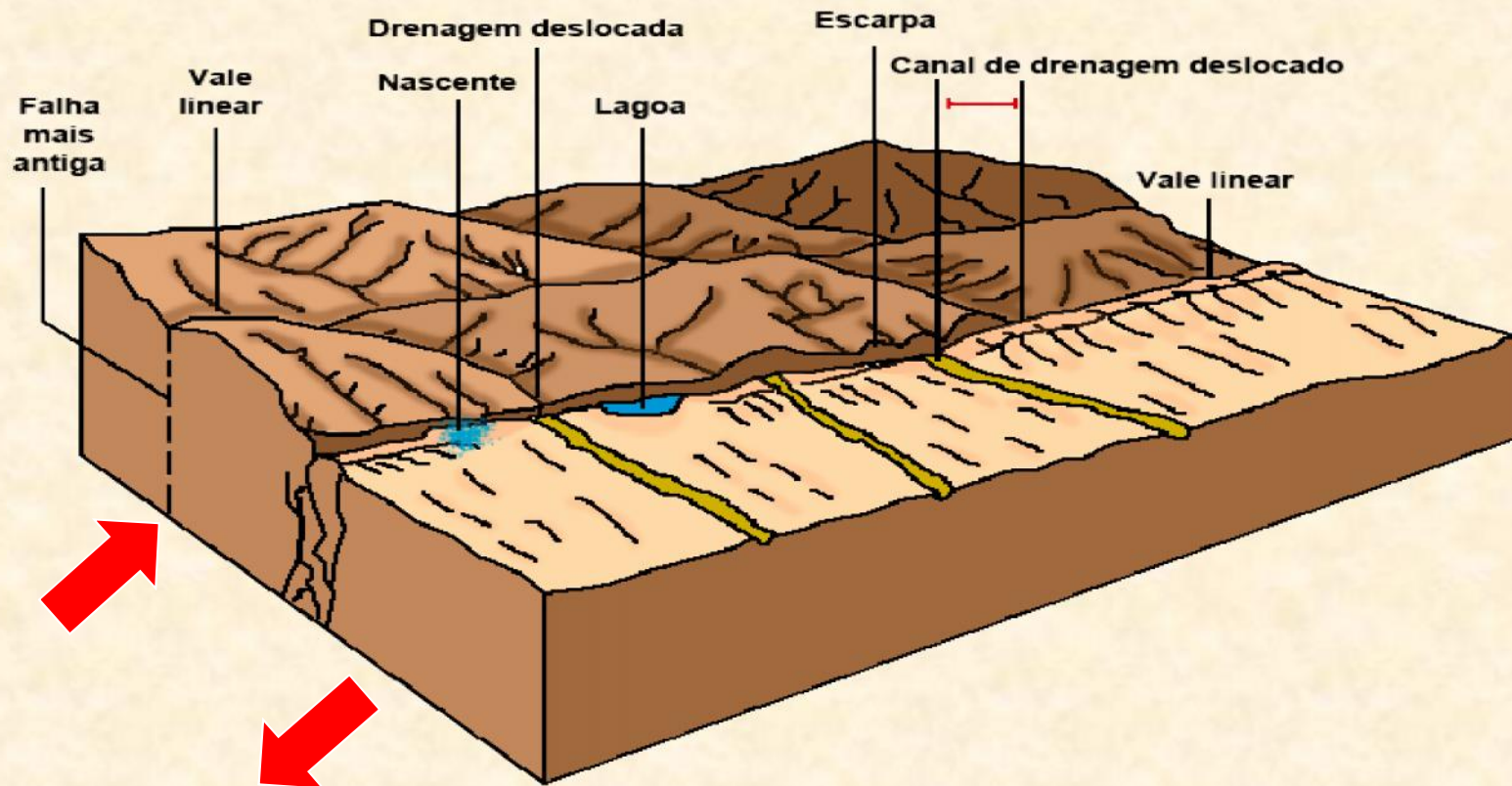
## Expressão morfoestrutural de falha transcorrente



Zona da Falha da Lancinha – Rio Branco do Sul (PR). Fonte: SRTM



Em falhas transcorrentes, a partir de eventos sísmicos, a deformação é instantânea mas havendo vários episódios cíclicos, a deformação pode ser incremental, ampliando a escala da morfoestrutura correspondente à falha (ou zona de falha).



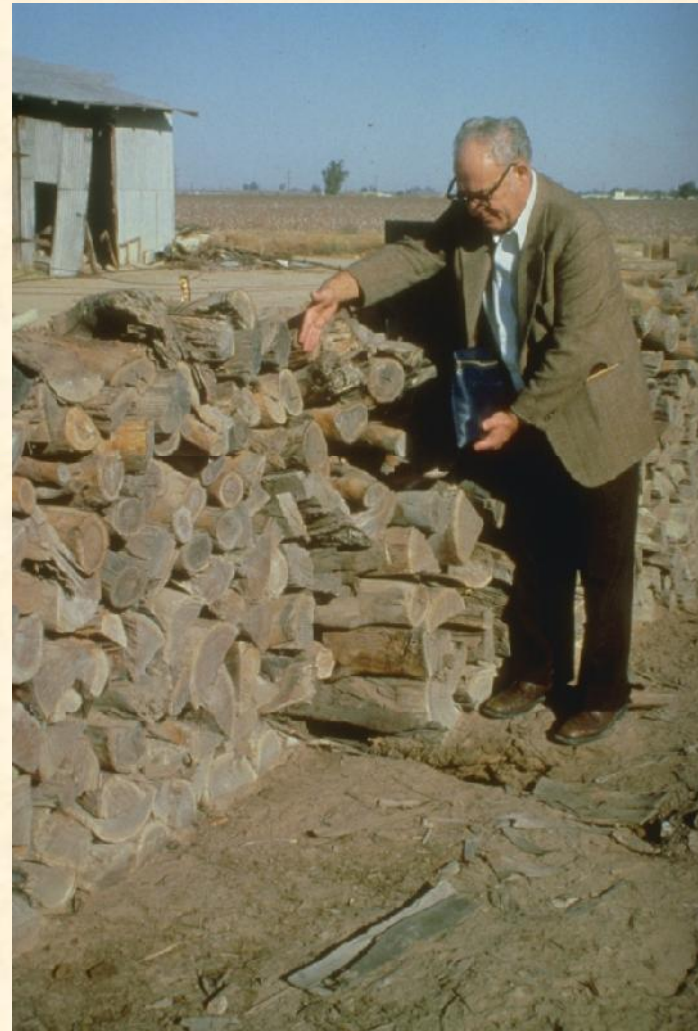
Falha de San Andreas (USA). Fonte: Wesson et al. (1975)

---

Expressão geomórfica de falhas transcorrentes a partir de sismos: deformação instantânea



Zona da falha de San Andreas.  
Fonte: USGS



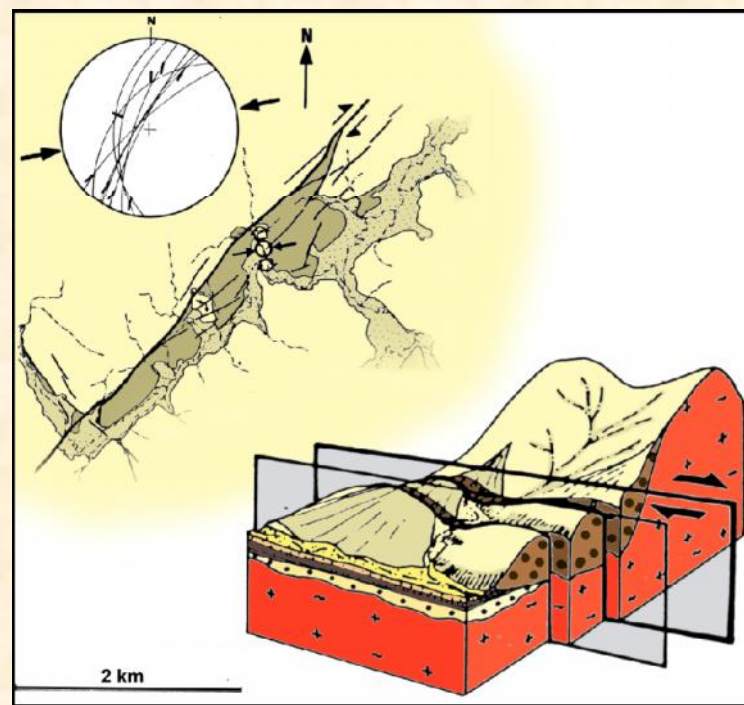
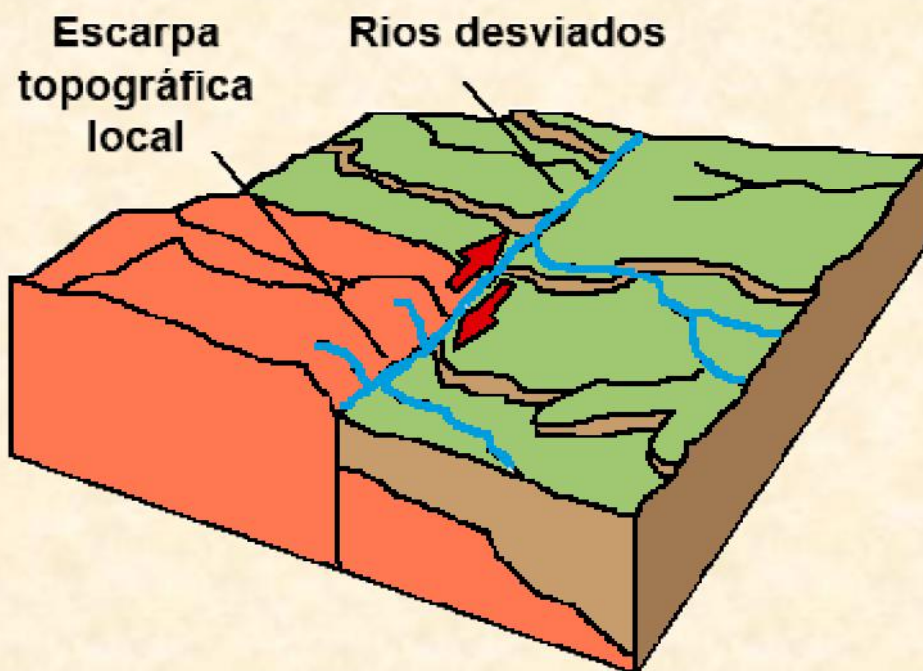
Falha desconhecida. Fonte: USGS

---

A deformação a partir do Neógeno até o presente é denominada de Neotectônica e em geral é o resultado de falhas transcorrentes



Presença de escarpas é uma expressão muito comum em falhas transcorrentes e é frequente o encaixe de rios nesses locais. Mesmo as falhas mais antigas propiciam a existência de uma zona de fraqueza reológica, passível de haver erosão local.



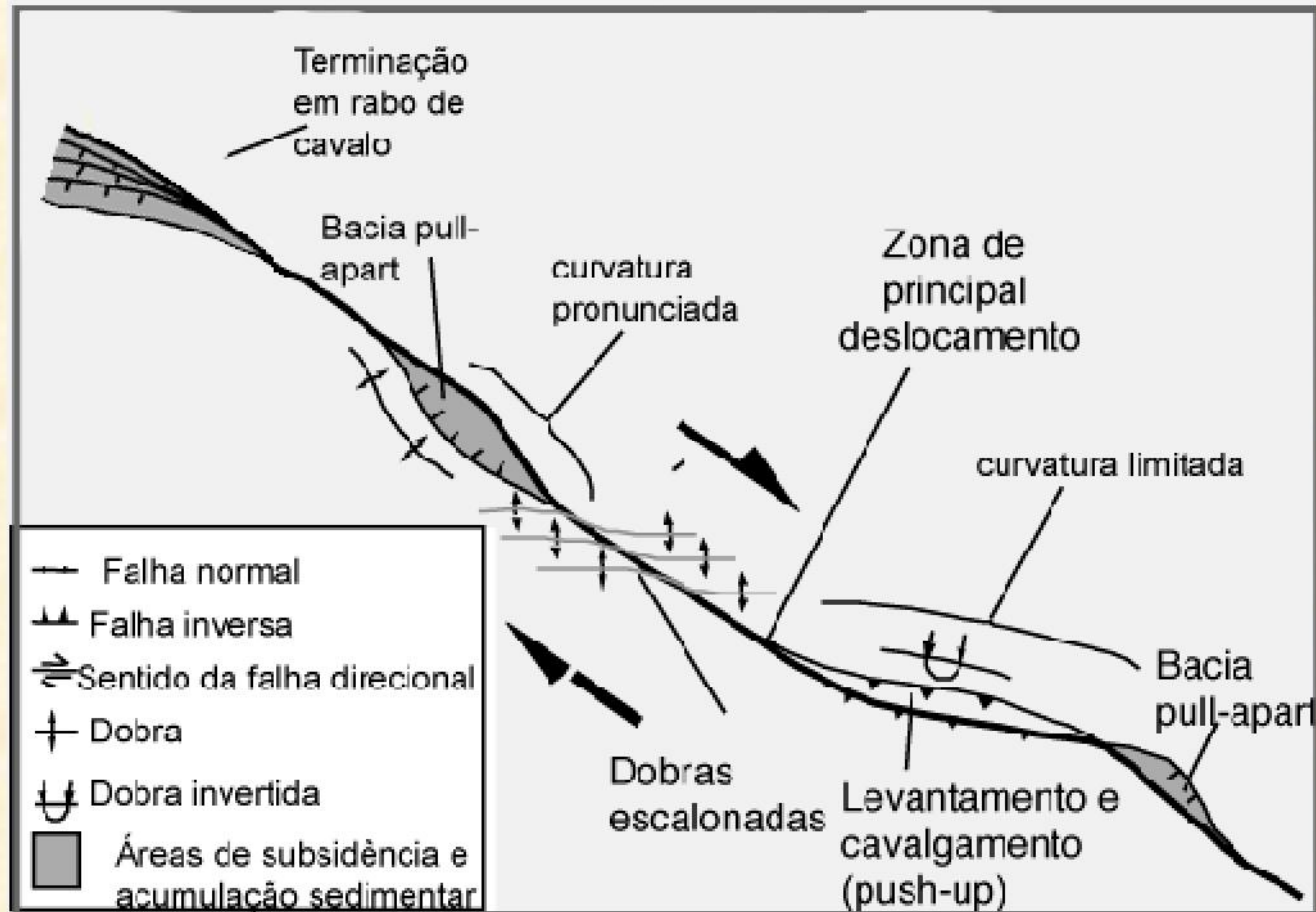
Falha no interior de Minas Gerais (BR)

---

## Regime transcorrente, zonas transpressionais e transtracionais

- O traçado de uma zona de transcorrente pode ser planar ou curvilinear. Esta geometria pode gerar duplexes transcorrentes verticais, estruturas de ejeção ou push-up (transpressão); estruturas de abatimento ou depressões e bacias ou pull-apart basin (transtração)
- Próximo à superfície os sistemas transcorrentes apresentam uma estruturação típica de estruturas em flor, ou ramificadas em vários planos de fratura. Quando as estruturas apresentam um embaciamento as estruturas em flor são negativas, quando há ejeção são chamadas de estruturas em flor positivas.

## Estruturas regionais associadas (em mapa ou planta)

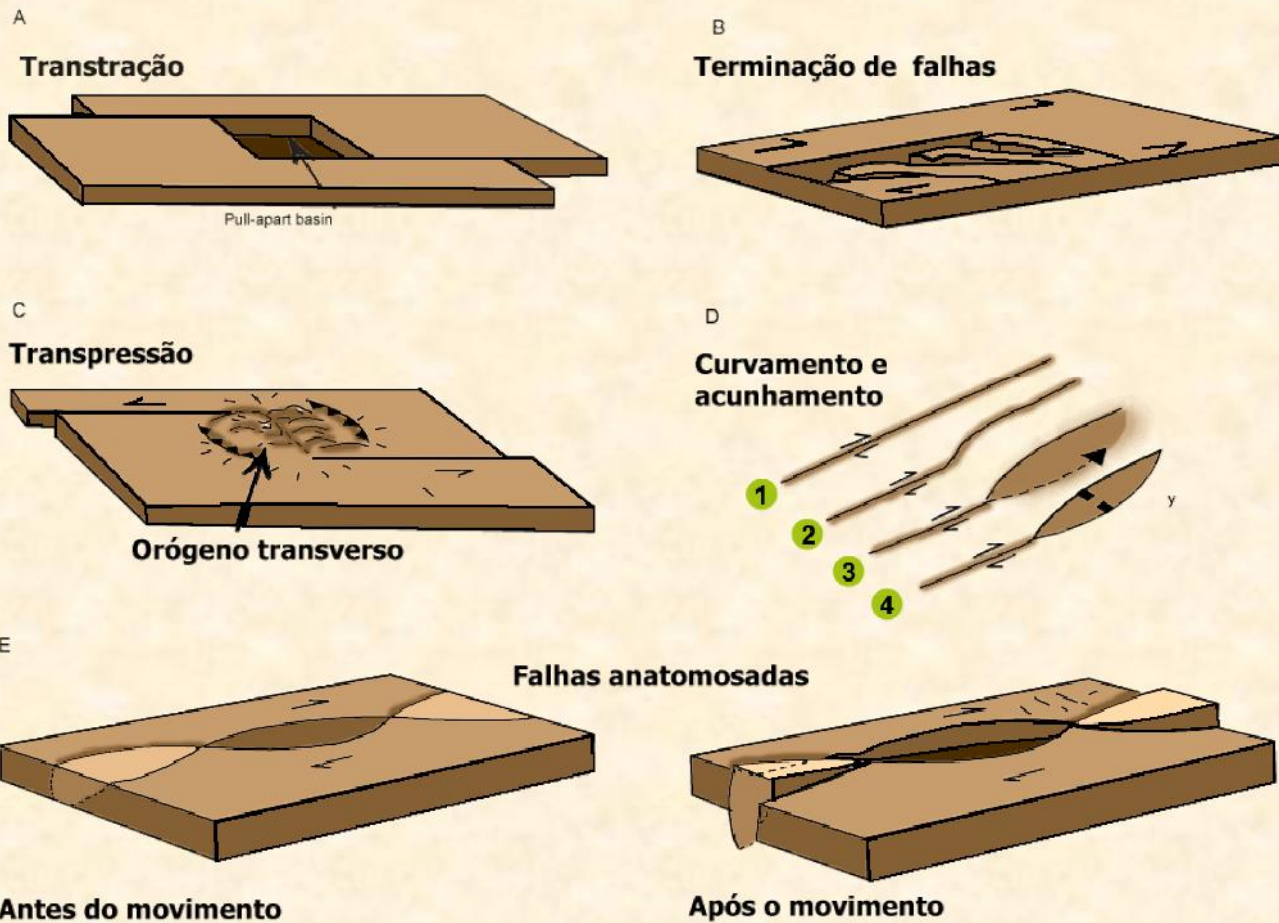


Estruturas em escala regional ao longo de falhas transcorrentes

Modificado de Douglas Burbank and Robert Anderson (2001). This figure may be downloaded and used for teaching purposes only. Blackwell Publishing, UK. Copyright ©

- 
- Os conceitos de transpressão e transtração são relativamente novos na Geologia Estrutural, porém são muito importantes para descrever estruturas deformacionais que foram geradas por regimes mistos de tensão.
  - No primeiro caso, da transpressão, generalizadamente se considera que um regime direcional está associado a um regime compressivo, ou seja, não só falhas direcionais do tipo strike-slip (transcorrente) foram responsáveis pelo processo de ruptura da crosta mas também falhas de cavalgamento. Assim, estrias e steps encontrados em espelhos de falha tendem a ser oblíquos, ou seja, possuem mergulhos com ângulos médios. Nesse caso também são encontradas dobras na zona de deformação.
  - No segundo caso, da transtração (anteriormente denominada de transtensão), o regime direcional está associado a um regime normal, de alívio ou trativo, e igualmente irá se encontrar em espelhos de falha estrias e steps com ângulo médios de mergulho.

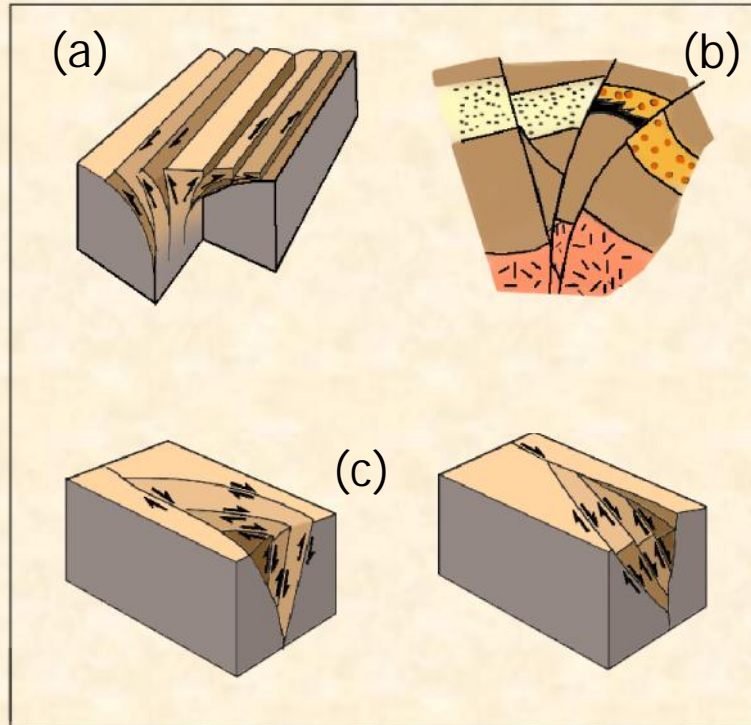
# Elementos transpressionais e transtracionais (como blocos diagramas)



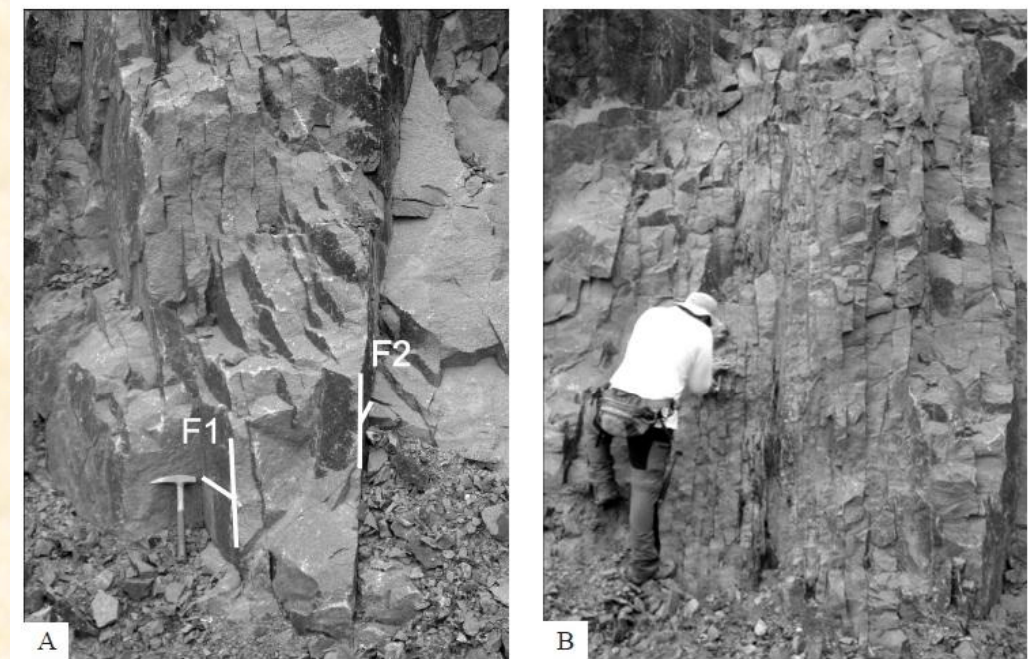
Modificado de Crowell (1974)



As estruturas mais características tanto da transpressão quanto da transtensão são as estruturas em flor que, inclusive, podem gerar o que se denomina de duplex transcorrente

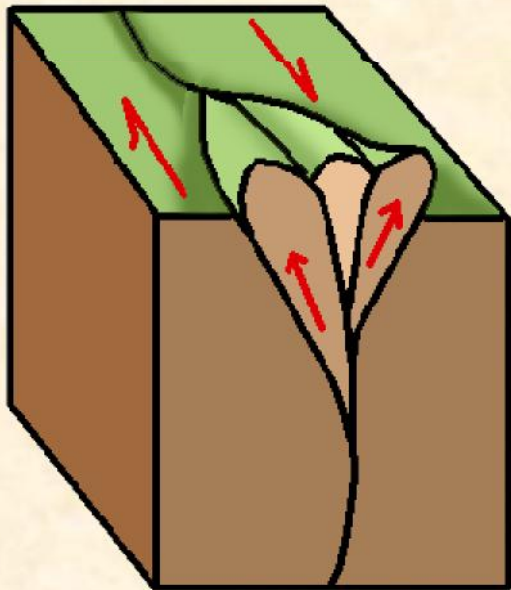
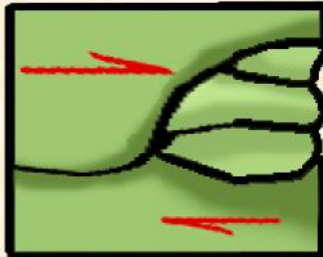


(a) bloco-diagrama de estrutura em flor; (b) perfil de uma estrutura em flor; (c) duplexes transcorrentes. Fontes: (a) Ramsay & Huber (1987, in: Hasui & Mioto, 1993), (b) Christie & Biddle (1985), (c) Twiss and Moores (1992).



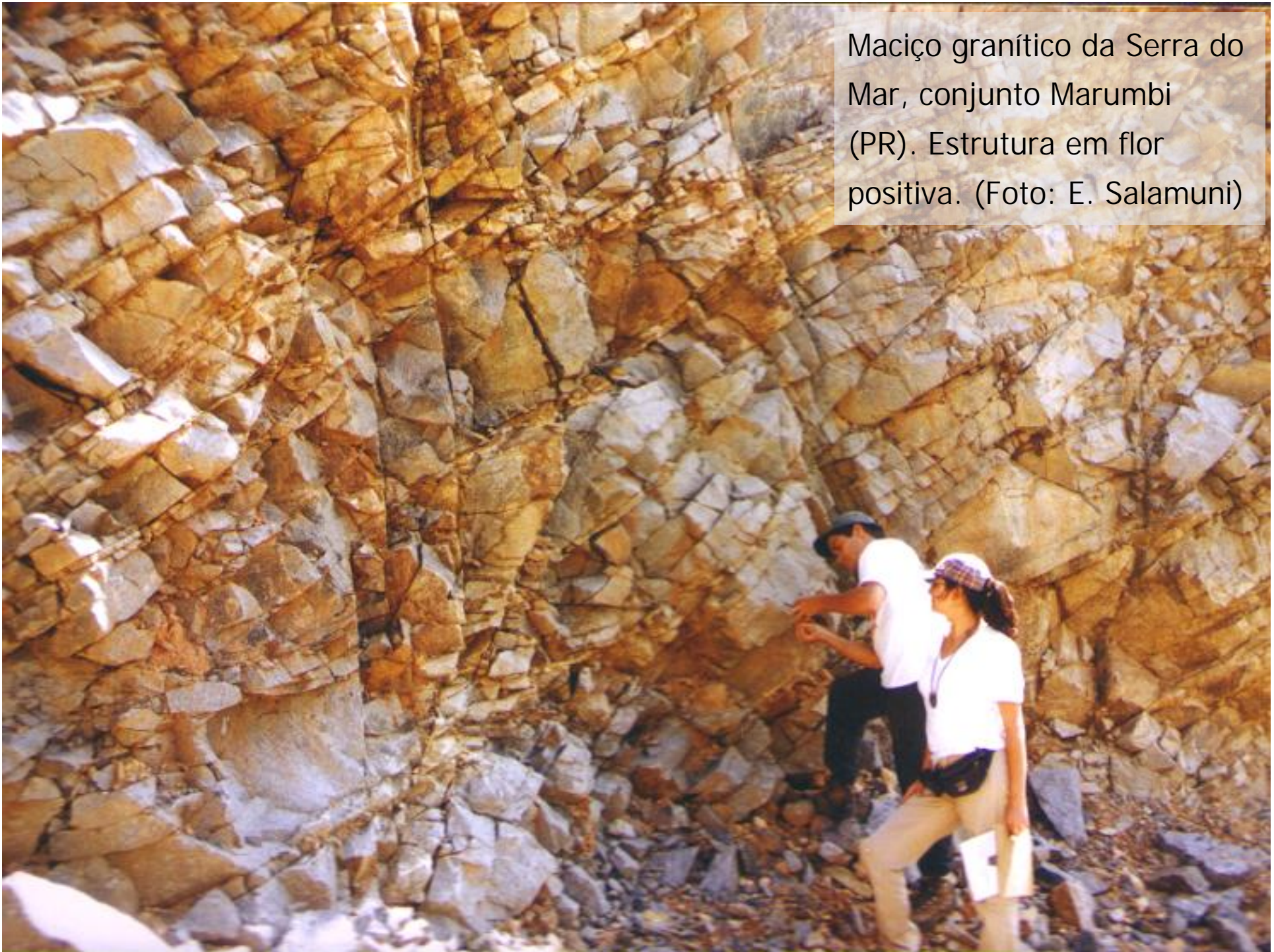
Estruturas geradas em zonas transcorrentes: (A) em flor com planos de fratura F1 e F2 conjugados e (B) juntas de cisalhamento rúptil com intenso brechamento e cataclase. Fonte: Figueira et al. (2012). Fotos: I.F.R.Figueira, Domo de Monte Alegre (PA)

Estruturas em flor positiva, em qualquer escala, são ótimas evidências de estruturas transpressionais – ejeção ou push-up (movimento direcional + movimento inverso)

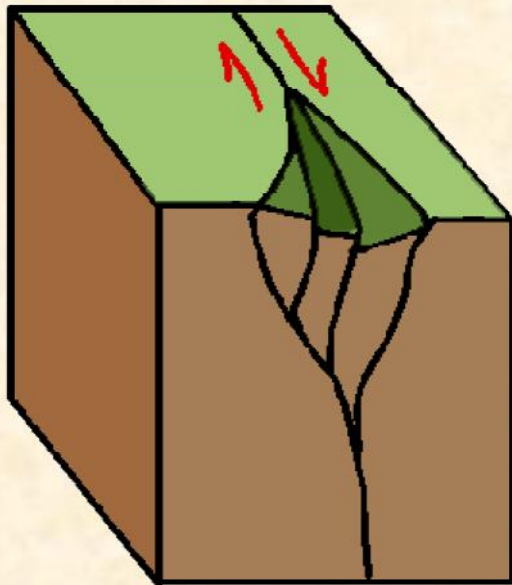
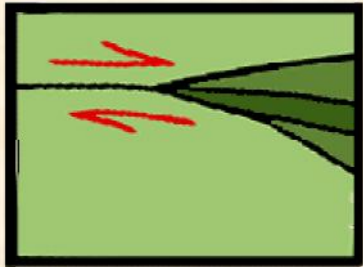


Formação Abapã – Castro (PR). Estrutura em flor positiva em albitos da Faixa Itaicoa. (Foto: E. Salamuni)

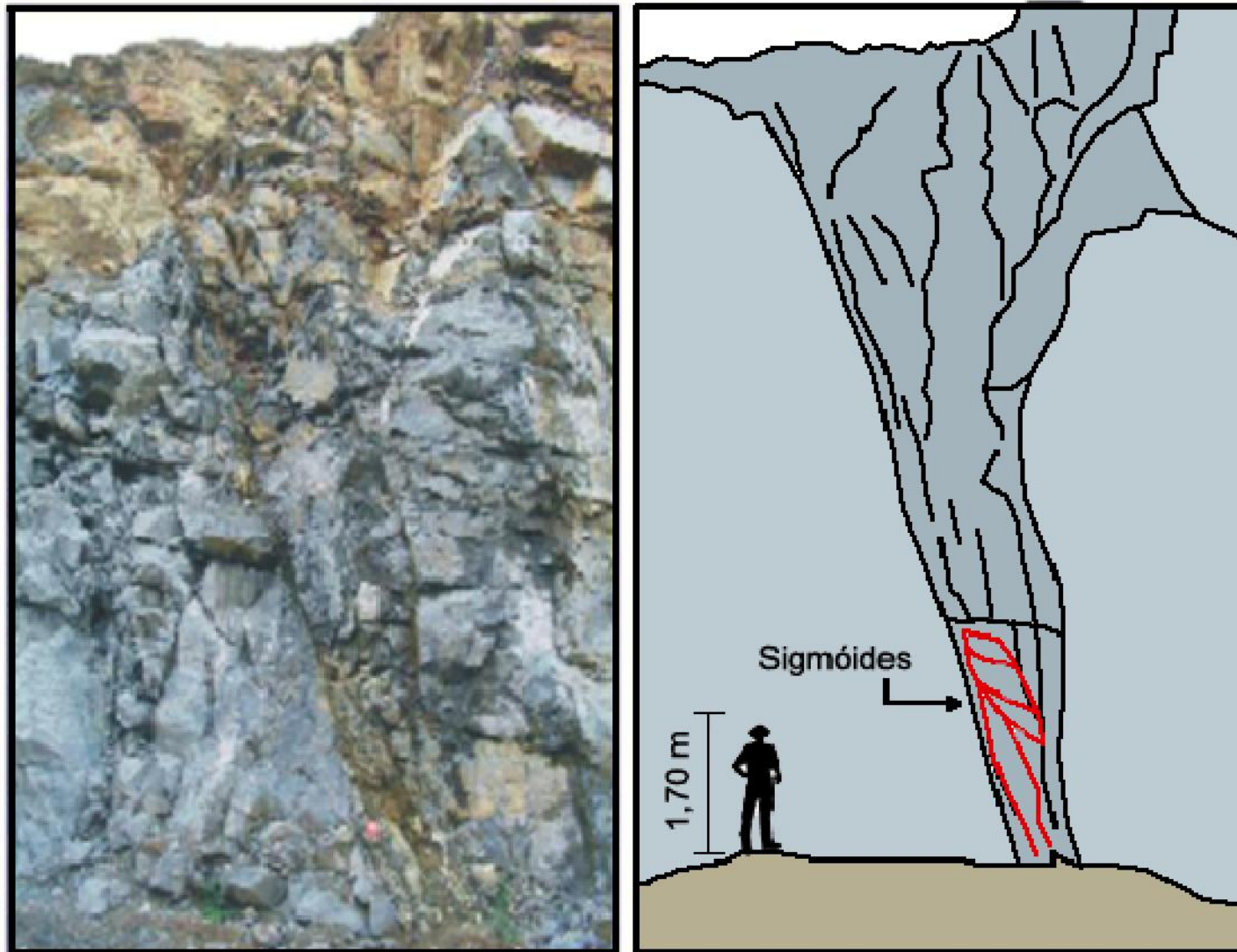
Maciço granítico da Serra do Mar, conjunto Marumbi (PR). Estrutura em flor positiva. (Foto: E. Salamuni)



Estruturas em flor negativa, em qualquer escala, são ótimas evidências de estruturas transtracionais (movimento direcional + movimento normal)

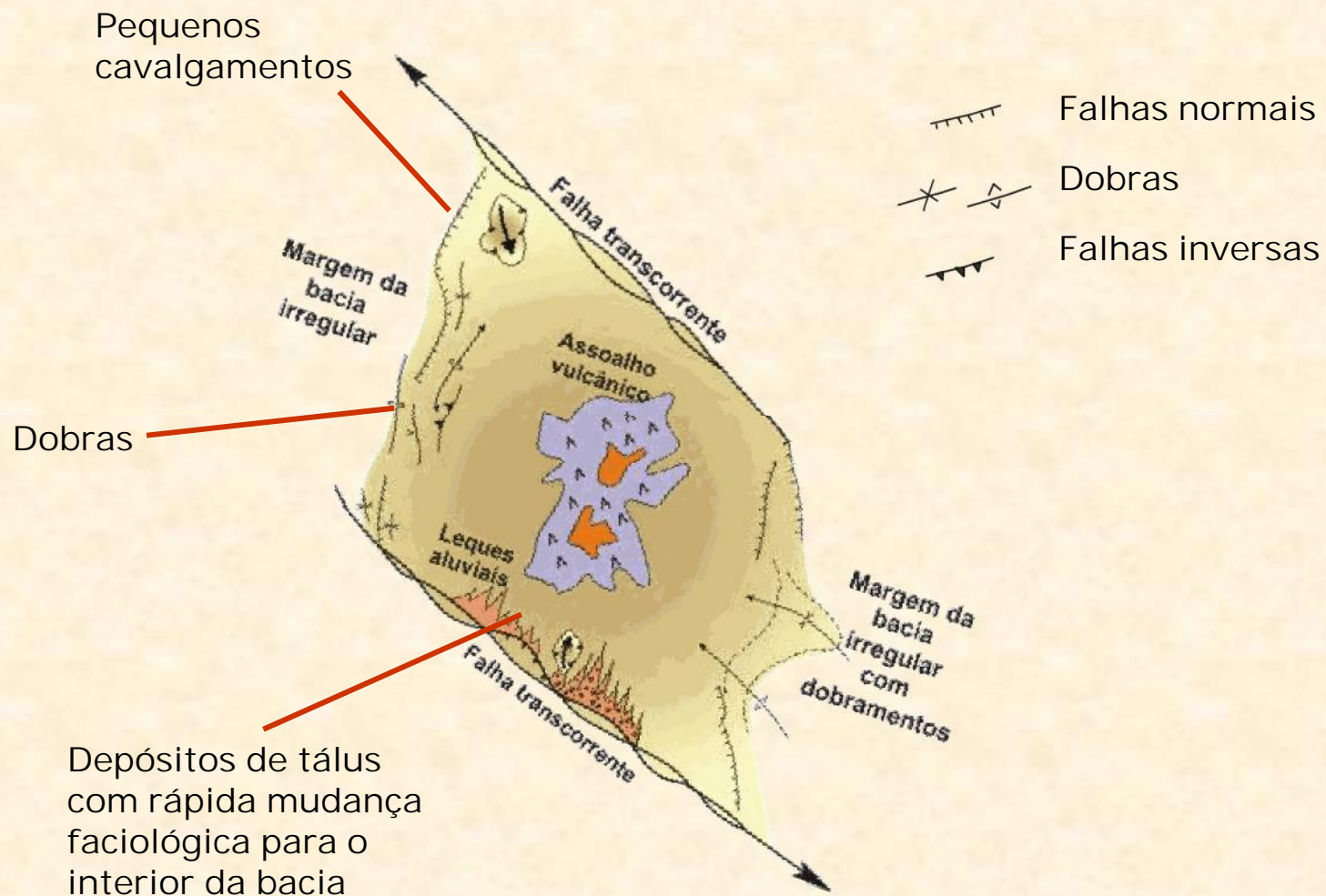


Formação Abapã – Castro (PR). Estrutura em flor negativa em metassedimentos pouco metamorfisados da Faixa Itaicóca. (Fotos: E. Salamuni)



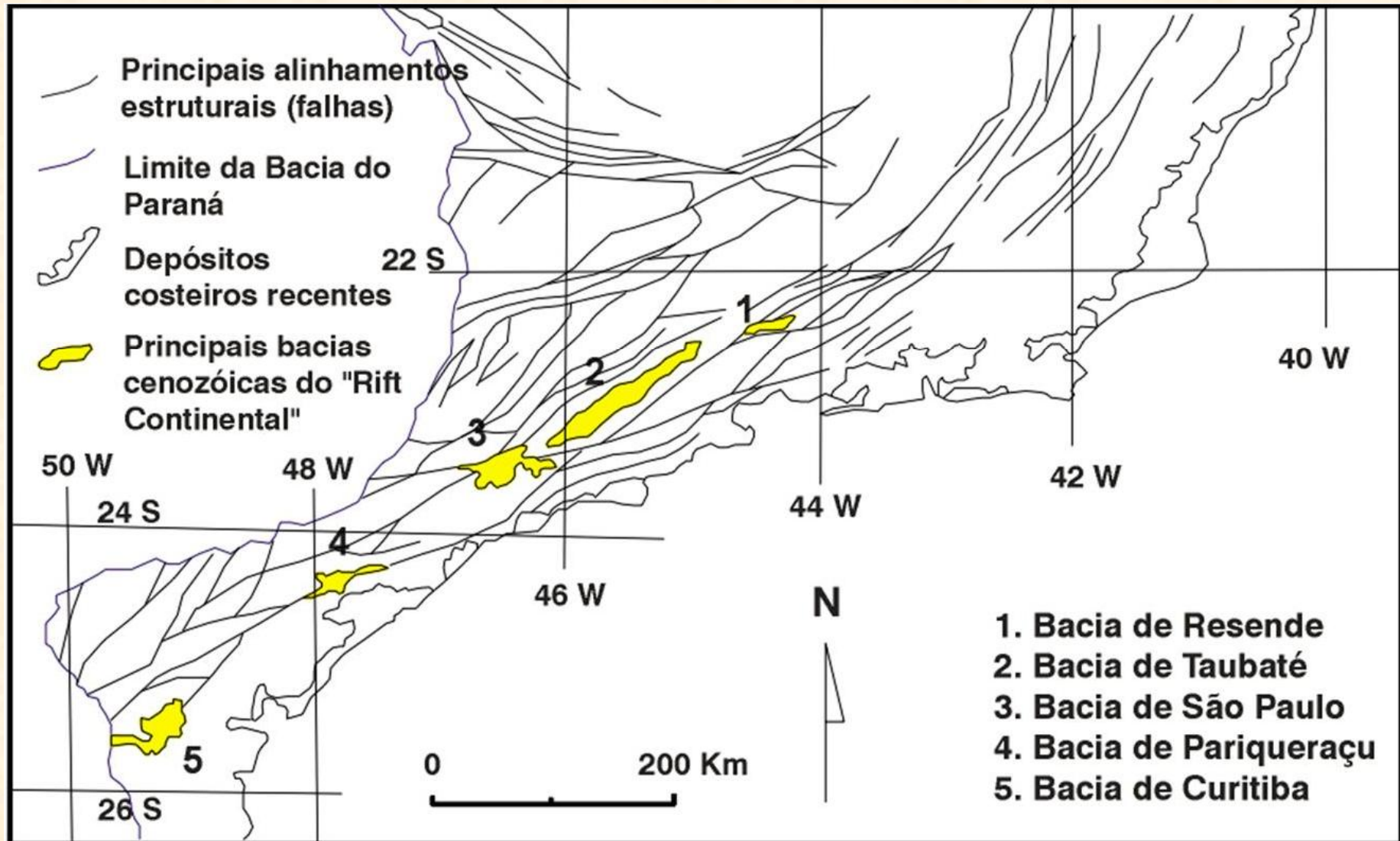
Complexo Atuba – Curitiba (PR). Estrutura em flor negativa em gnaisses (metagranodioritos). Pedreira Maringá (Foto: L. Chavez-Kuz)

## Elementos transpressionais e transtracionais: bacia pull-apart e sua organização teórica



Esquema em planta simplificado para bacias do tipo pull-apart (adaptado de Crowell, 1984)

Bacias transtracionais do sudeste e sul do Brasil – Rifte Serra do Mar  
(modificado de Hasui, 1984 e Schobbenhaus et. al., 1984)

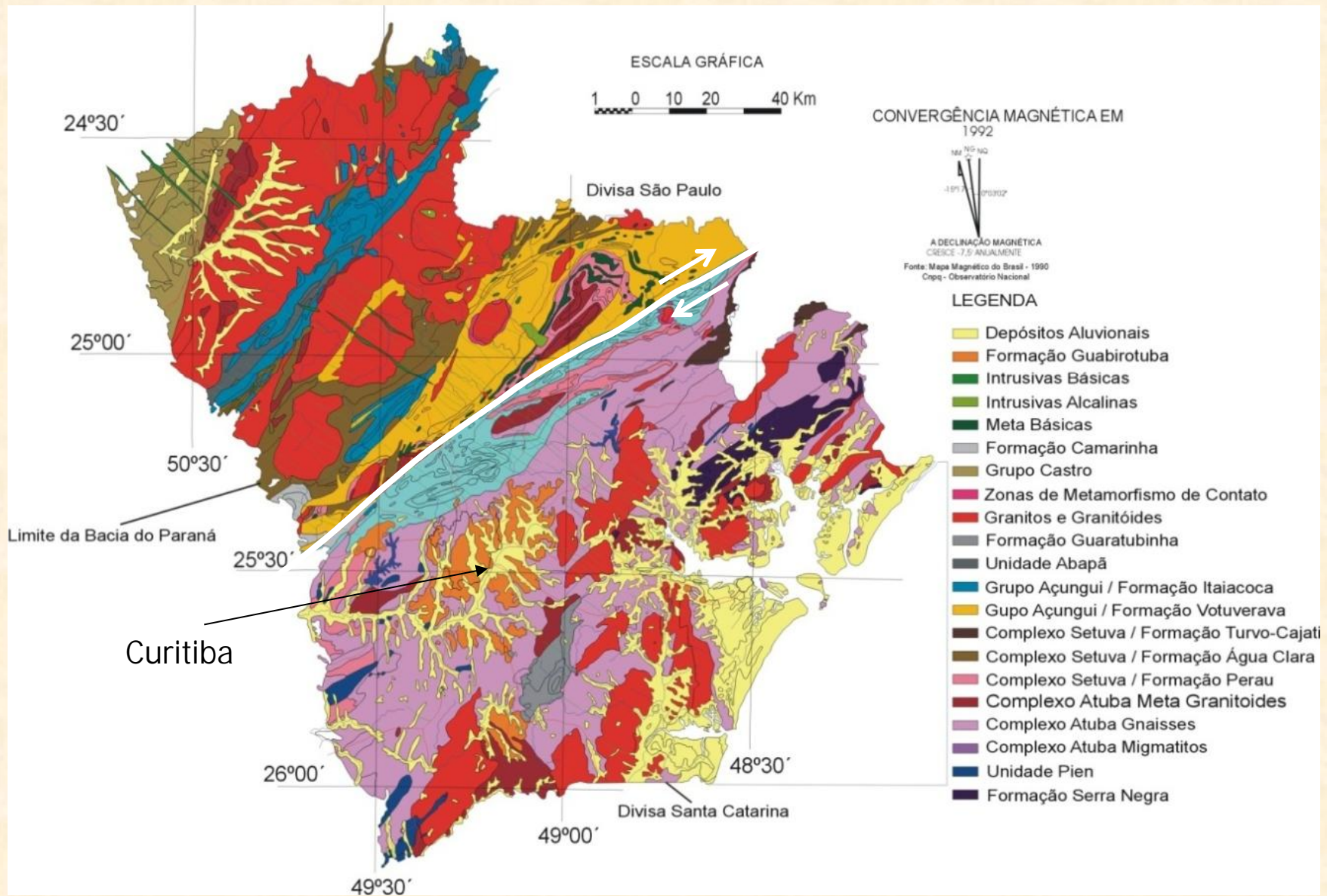


# Exemplos regionais: Falha de Santo André (San Andreas Fault)

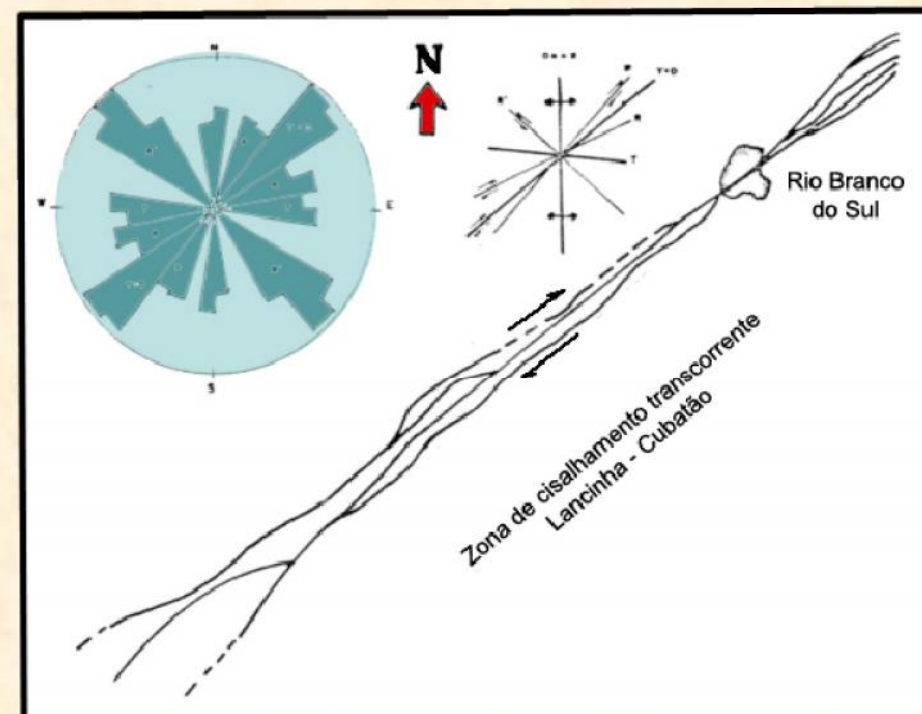
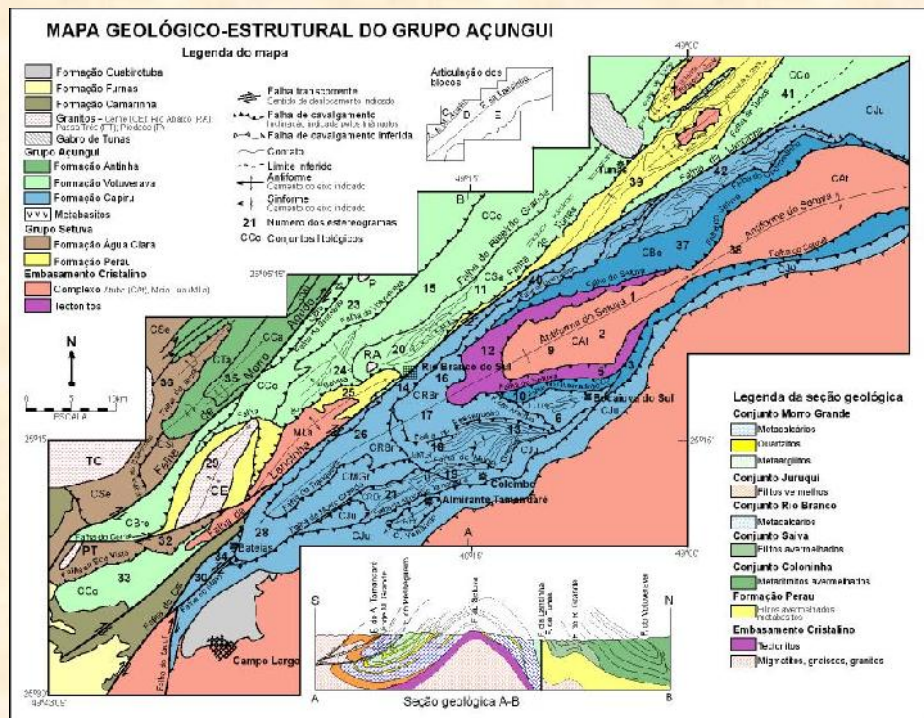




# Falha da Lancinha-Cubatão (zona de cisalhamento transcorrente regional) no leste do estado do Paraná



# Falha da Lancinha-Cubatão com maior detalhe



Esquema Falha da Lancinha na região de Rio Branco do Sul e as estruturas a representação em roseta das estruturas anotadas em campo e que respeitam o modelo de Riedel.

## ESTRUTURAS LOCAIS ASSOCIADAS

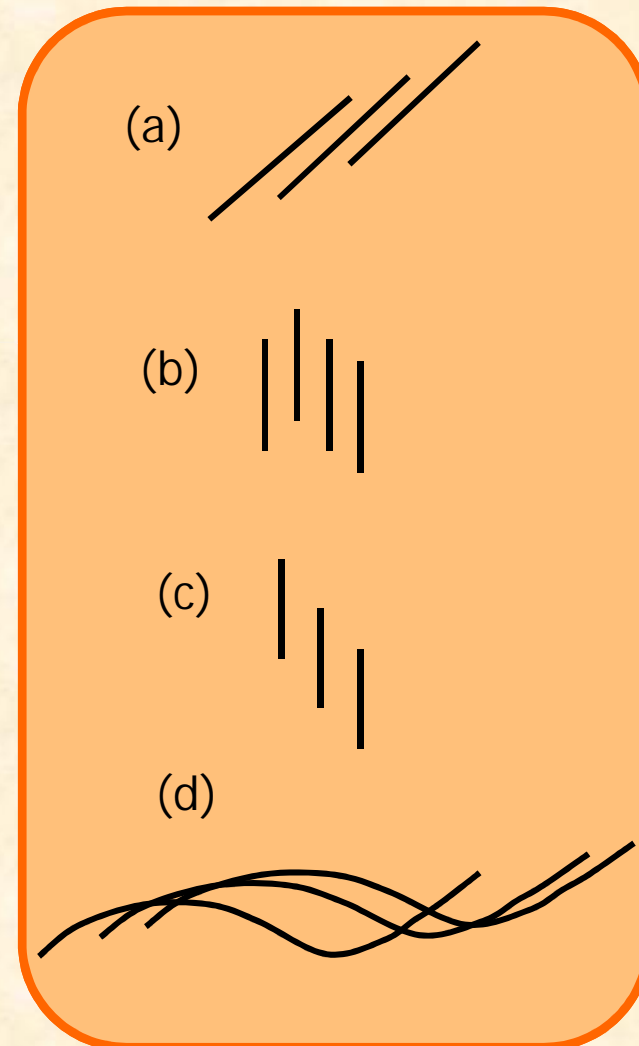
As zonas transcorrentes em geral não aparecem isoladas, mas em sistemas, com geometria variável. As disposições espaciais em planta podem ser:

(a) escalonadas (en échelon)

(b) revezado

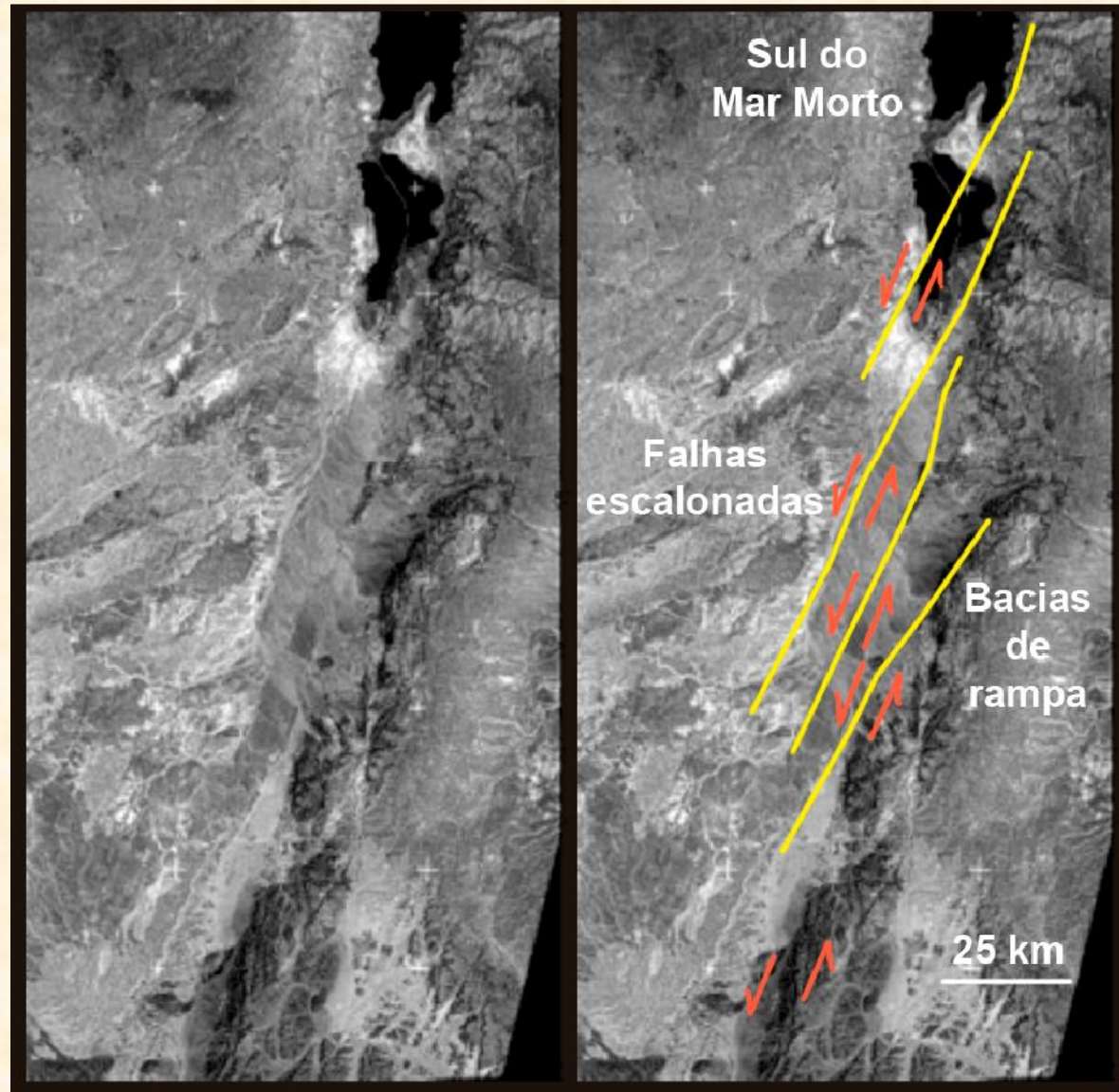
(c) em degraus

(d) anastomosada (braided ou lenticular)



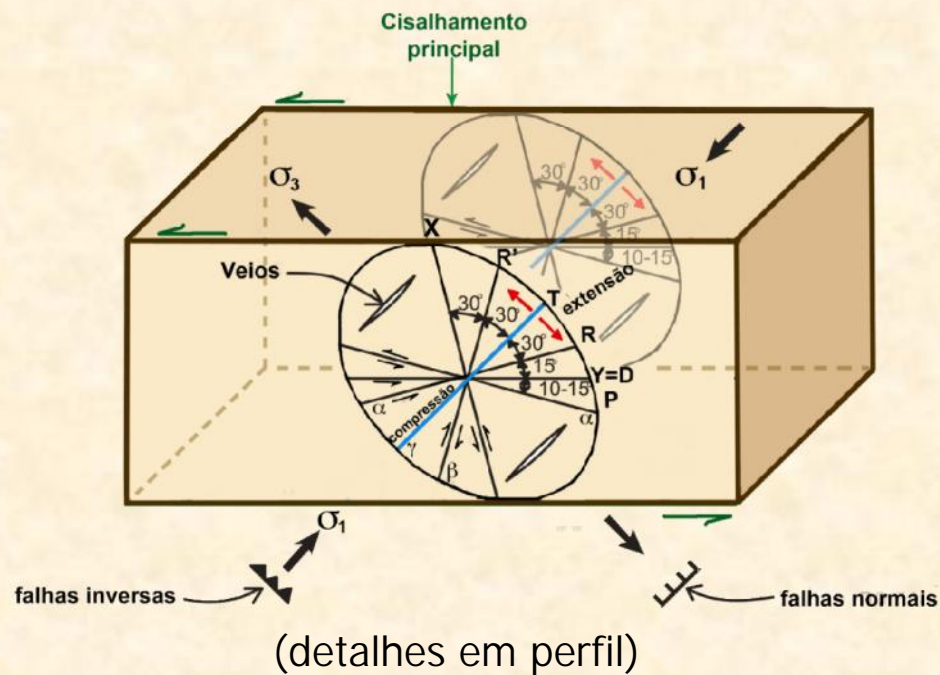
## Falhas “em échelon” (escalonadas)

Sul do Mar Morto:  
zona de falha  
transcorrente

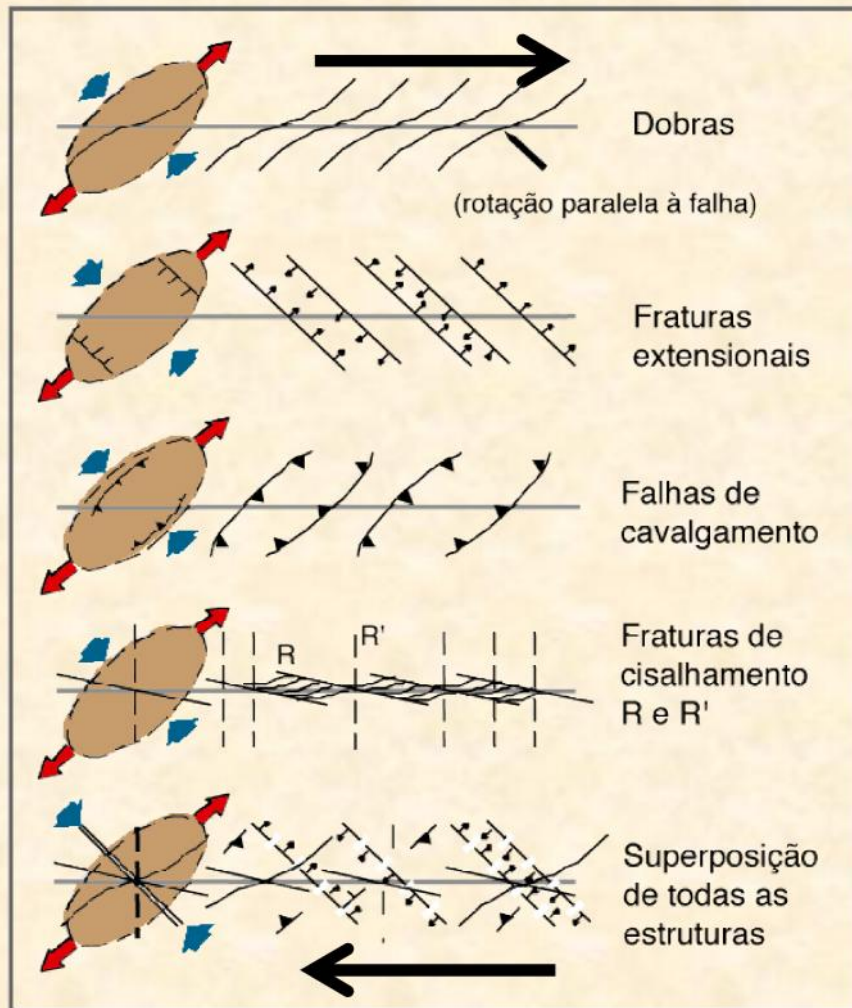


## Sistema de fraturas e/ou falhas com geometria Riedel

As zonas transcorrentes podem ser explicadas ou visualizadas em qualquer escala por modelos de ruptura (fraturas) de Riedel ou de Wilcox. Dependendo do nível estrutural em que estão inseridas produzem fraturas sintéticas, antitéticas e até dobras escalonadas.



Grupo Castro – Castro (PR). Zona de cisalhamento rúptil (em planta) gerada por falha transcorrente. (Foto: E. Salamuni)



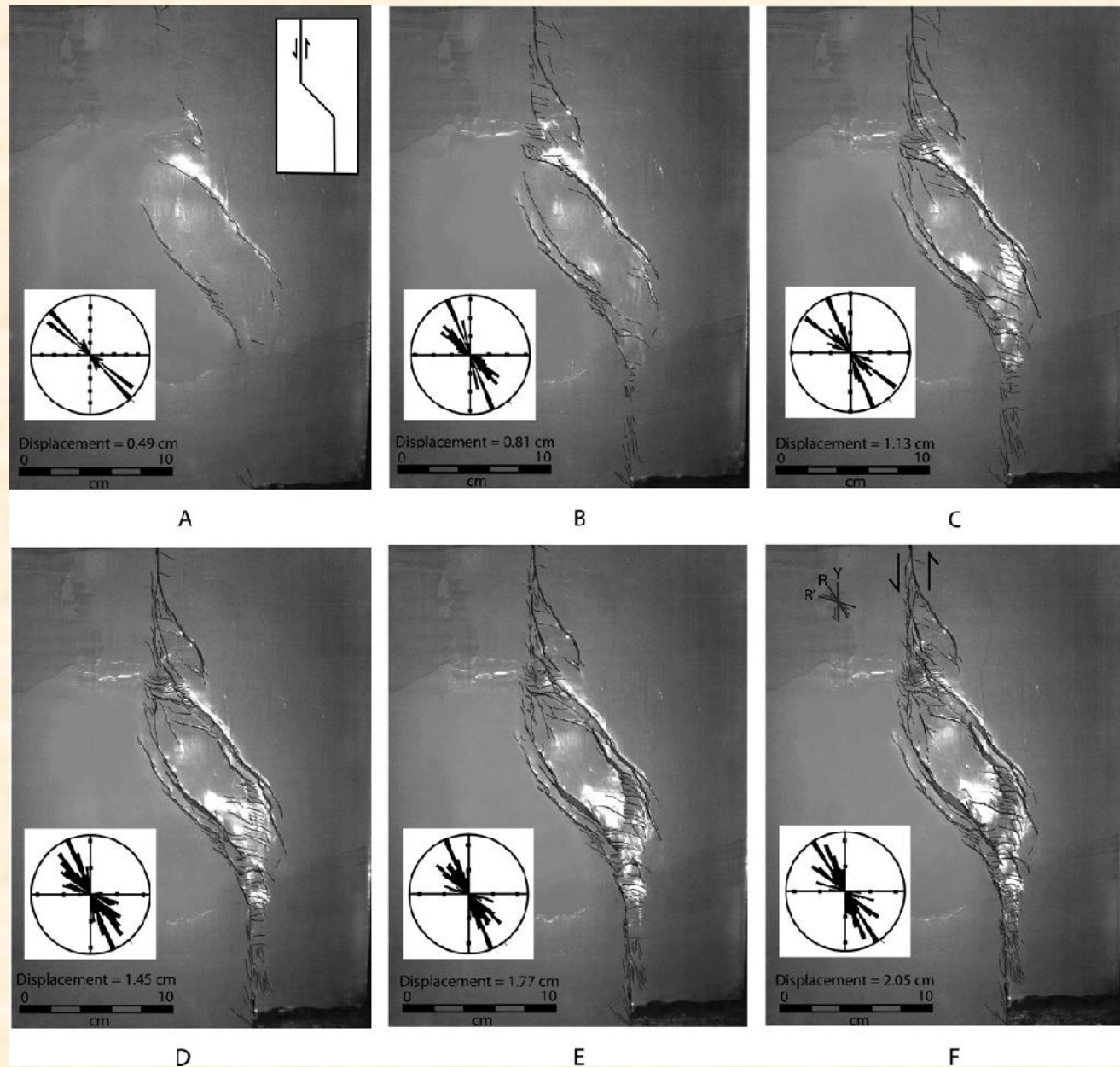
Elementos transpressionais e transtracionais: estruturas deformacionais associadas

Dobras, falhas normais, falhas inversas e escalonadas (en échelon).

Todas as estruturas apresentam ângulo em relação à zona principal de deslocamento

Orientação de feições estruturais em resposta à zona de cisalhamento transcorrente, tendo por base o modelo de fraturas de Riedel. Modificado de Sylvester (1988).

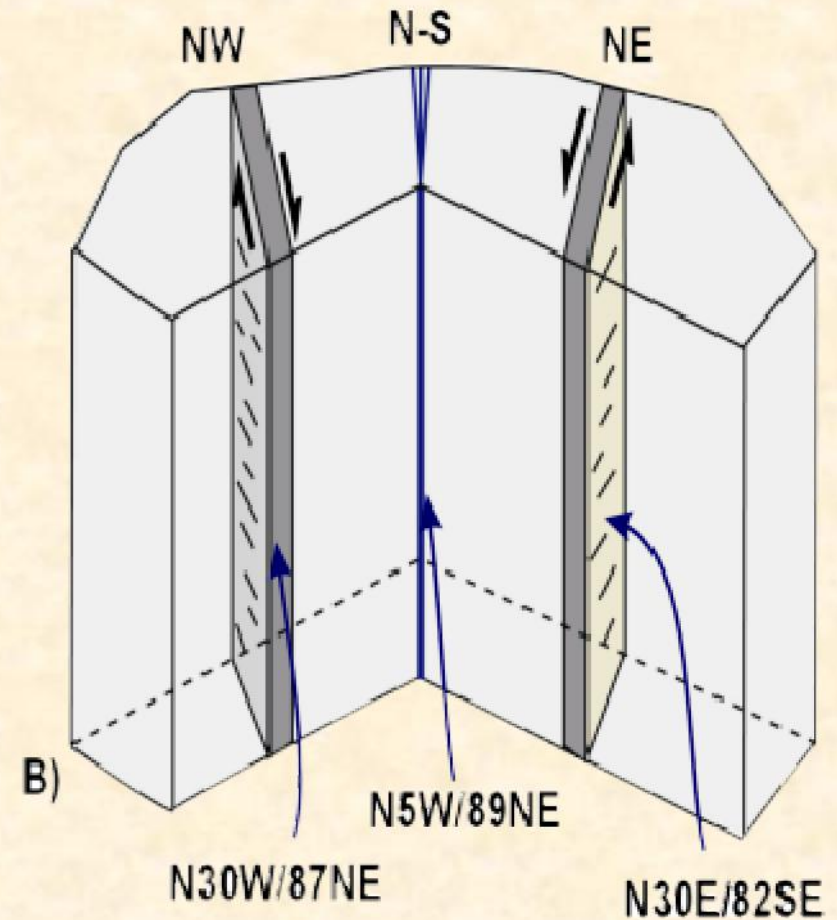
Desenvolvimento experimental de estruturas rúpteis em zona transtrativa.  
Fonte: AAPG



## Falhas conjugadas de Riedel



**Transcorrência dextrógira com deslocamento de dique de lamprófiro.**



Complexo Atuba – Curitiba (PR). Falha transcorrentes em gnaisses da pedreira Central. (Foto: L. Chavez-Kuz)



---

## ESTRUTURAS DE CAMPO ASSOCIADAS A ZONAS TRANSCORRENTES



Juntas de cisalhamento rúptil em zona de falha transcorrente – Almirante Tamandaré (PR). (Foto: E. Salamuni)



Grupo Castro – Castro (PR). Estrutura em flor positiva em ignimbritos. (Foto: E. Salamuni)



Falhas direcionais oblíquas: (a) Granito Cunhaporanga - Castro (PR) e (b) mármore da Fm. Capiru – Itaperussu (PR) (Fotos: E. Salamuni)

Shear-folds em zonas de falhas transcorrentes: (c) Campo Magro (PR) e (d) metassedimentos da Fm. Votuverava. (Fotos: E. Salamuni)

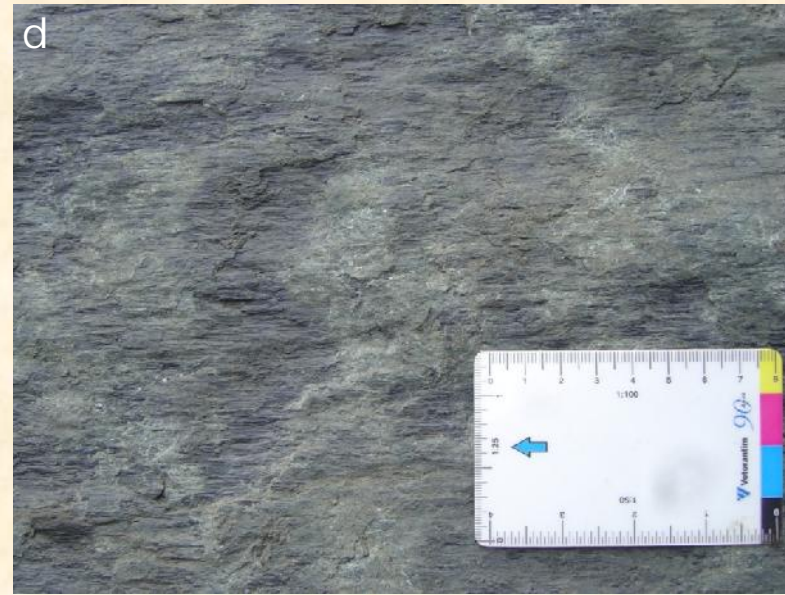
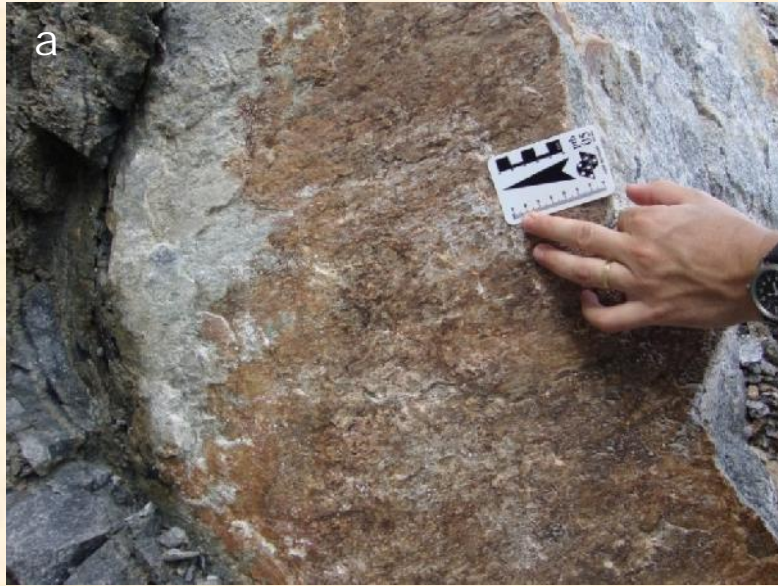
## Espelhos de falhas transcorrentes com indicadores cinemáticos



Riolitos do Grupo Castro com falha transcorrente sinistrógiira com estrias e steps – Castro (PR) (Foto: E. Salamuni)



Basalto da Formação Serra Geral com falha transcorrente sinistrógiira (pequena estrutura em flor representada pelas linhas brancas no plano transversal ao quadro da foto), que corta um espelho de falha anterior com filme de Mn (plano paralelo ao quadro da foto) . (Foto: E. Salamuni)



Espelhos de falhas transcorrentes com estrias e steps, em diques básicos do Mesozoico paranaense: (a) encaixante são granitos da Serra da Prata (Serra do Mar); (b) encaixante sedimentos da Bacia do Paraná; (c) e (d) encaixante são gnaisses do Complexo Atuba. (Fotos: E. Salamuni)



Falha transpressional no Grupo Castro  
(riolitos/ignimbritos) - Castro (PR). (Foto: E. Salamuni)



Estutura em flor em riolito do Grupo Castro – Castro (PR).  
Foto: E. Salamuni



Plano de falha preenchida por caulim em riolito do Grupo Castro – Castro (PR).  
Foto: E. Salamuni