

EXERCÍCIOS DE GEOLOGIA ESTRUTURAL (PROJEÇÕES e ESTRUTURAS EM MAPA)

EXERCÍCIOS BÁSICOS

Exercício 1

Confeccionar o diagrama de roseta com os dados de juntas da tabela abaixo e interpretar quais as direções predominantes da estrutura.

N05W/82NE	N10E/80NW	N02W/78SW	N40W/78NE	N42E/79SE
N38W/83NW	N60E/72SE	N55E/75NE	N45W/80SW	N55E/80SE
N06E/86SE	N48W/62SW	N42W/79SW	N50E/72SE	N40W/76SW
N58E/83SE	N52W/78SW	N06W/86SW	N47E/76SE	N04E/75NW
N40W/60SW	N04W/86SW	N42W/70NE	N48W/85SW	N10W/82SW
N62E/72NW	N38W/30NE	N52W/84NE	N45E/70NW	N65E/80SE
N05E/80SE	N05W/82SW	N54W/70SW	N39W/80SW	N50W/75SW
N03W/86NE	N03E/68NW	N62E/78NW	N43E/72SE	N42W/80NW
N40E/80SE	N40W/76SW	N02E/75SE	N36W/83NE	N70E/75SE

Exercício 2

Atitudes de planos, mergulhos aparentes e

- Represente ciclograficamente os seguintes planos: N50E/40SE; N30E/60NW; N70W/55SW; N57W/80NE; S70W/40NW; S20E/75SW.
- Represente os seguintes planos através de seus polos: N73E/34SE; N45E/52NW; N42W/68SW; N22W/42NE; N38W/65NE.
- Determine a atitude (direção e mergulho) dos planos ciclográficos (grandes círculos) a partir dos respectivos polos: N52/30; N70/78; N95/20; N180/35; N136/60; N00/38; N300/15.
- Determine o ângulo entre planos. (1) Foliação $S_1 = N50E/30SE$ e foliação $S_2 = N62W/40SW$. (2) Xistosidade $S_n = N35E/60NW$ e xistosidade $S_{n+1} = N70W/45NE$.
- Em uma camada com atitude N30E/50NW, quais são os mergulhos aparentes nos rumos (N) e (N50W)?
- Para obtenção do ângulo entre um plano e uma linha, é necessário seguir os seguintes passos: (1) determinar o Plano; (2) determinar a linha (A); (3) determinar o polo do Plano (P_1); (4) unir através de um grande círculo os pontos (A) e (P_1); (5) Marcar o ponto de Interseção entre o plano original e o plano formato por (A) e (P_1) obtendo-se o ponto (I); (6) determinar a atitude entre (I) e (A) obtendo-se o ângulo requerido. Determinar o ângulo entre o plano N48E/60NW e a linha N325/70 e entre o plano N25E/26SE e a linha = N40/68

Exercício 3

Atitudes de linhas/lineações

- Determine o ângulo entre duas linhas, sendo $L_0 = N320/40$ e $L_1 = N230/30$. Neste caso (a) determina-se as duas linhas, (b) traça-se um grande círculo unindo as duas linhas e (c) marca-se o ângulo entre as duas linhas no grande círculo.
- Determinar a bissetriz do ângulo entre duas linhas, sendo $L_0 = N20/60$ e $L_1 = N150/15$; $L_2 = N220/40$ e $L_3 = N345/60$. Neste caso repete-se o procedimento acima e em seguida divide-se o ângulo encontrado entre as duas linhas, em duas partes marcando-se o ponto de divisão no grande círculo, que representará a linha bissetriz.
- Determine o ângulo entre a lineação de atrito (*slickenside*) = $N300/40$ e uma lineação de estiramento mineral (L_a) = $N240/65$;
- Represente as seguintes lineações de atrito (estrias em planos de falha) ou *slickensides* $N230/80$; $N60/45$; $N235/10$; $N148/28$.

Exercício 4

Atitudes de linhas resultantes de intersecções. Seguir os seguintes passos: (1) determinar os polos dos planos; (2) obter um plano (P') formado pelos dois polos; (3) obter o polo do plano (P') que será a projeção da linha de intersecção; (4) determinar a atitude deste polo.

- Determine a atitude da linha de intersecção de dois planos. Acamamento $S_0 = N70E/50NW$ e xistosidade $S_1 = N40E/30NW$. Acamamento $S_n = N25E/65NW$ e $S_{n+1} = N38W/62SW$;
- Dois veios A e B, com respectivas atitudes $N60E/60NW$ e $NS/70E$, foram truncados por uma falha $N60W/30NE$. Determinar as intersecções dos veios com a falha e o ângulo entre estas linhas de intersecção.

Exercício 5

Rake

O ângulo entre uma linha qualquer sobre um plano e a direção desse plano (ou camada) trata-se de sua obliquidade (da linha em relação à direção do plano). A obliquidade é chamada de *rake* ou *pitch*.

- Determine o *rake* (ou *pitch*) se L_0 , cuja atitude é $N324/34$, está contida no plano $P_0 = N24W/70SW$ e L_1 , cuja atitude é $N114/44$, no plano $P_1 = N70E/60SE$?
- Dado o *rake* = $40N$ e o plano = $N30W/40SW$ qual é a atitude da linha?
- Determine a atitude do ponto que representa o *rake*. Dados: plano = $N30W/40SW$ e *rake* = $50S$.
- Determine a atitude das linhas contidas em planos, sendo conhecido seu *rake*. $P_1 = N30W/40SW$ (*rake*₁ = $40N$; *rake*₂ = $30S$); $P_2 = N48E/70SE$ (*rake*₁ = $32N$; *rake*₂ = $70S$)

Exercício 6

- O *rake* de uma estria de falha é $28S$ e a atitude do plano é $N40W/38NE$. Sabendo-se que o bloco superior (capa) deslocou-se para sudeste determine o tipo de falha.
- Determine o *rake*, dados o plano de xistosidade $S_n = N30W/40SW$ e uma linha $L_n = N297/24$; xistosidade $S_{n+1} = N65W/30SW$ e uma linha $L_{n+1} = N142/14$

Exercício 7

Determinar a atitude da linha que faz com as linhas L_1 (N40/50), L_2 (N110/40) e L_3 (N200/64) respectivamente ângulos de 40° , 30° e 30° .

Exercício 8

Um furo de sonda com orientação N50/48 atingiu uma camada com atitude N25W/50SW. Qual o ângulo que o furo faz com a camada?

Exercício 9

Quais as atitudes possíveis para os furos de sondagens que alcancem com um ângulo de 40° a intersecção de duas fraturas mineralizadas, cuja atitude é N300/20.

Exercício 10

Um conjunto de camadas com atitude N30W/40SW está separado por discordância de uma sequência mais jovem, cuja atitude é N20E/30SE. Qual a atitude do conjunto inferior antes da última deformação (basculamento).

EXERCÍCIOS APLICADOS (DOBRAS)

Exercício 11

Atitudes de dobras

- Determine a atitude do eixo de uma dobra com a atitude do flanco 1 (limbo 1) = N70E/50NW e flanco 2 (limbo 2) = N40E/30NW;
- Qual a atitude da guirlanda? (plano que une os polos de cada um dos flancos)

Exercício 12

Com os dados seguintes, obtidos nos flancos de uma dobra, construa um diagrama de contorno das estruturas, e resolva as seguintes questões:

- Determine as atitudes dominantes dos flancos médios.
- Encontre a atitude do eixo da dobra.
- Defina o estilo aproximado da dobra.

N75W/31NE	N12W/44SW	N23W/48SW	N26W/56SW
N38W/47SW	N10W/67SW	N25W/70NE	N11W/33SW
N35E/20NW	N17W/64SW	N50W/32NE	N25E/30NW
N78W/22NE	N39W/60SW	N01E/42NW	N37W/49NE
N14W/50SW	N45W/50NE	N43W/39NE	N35W/58NE
N17W/43NE	N28W/75SW	N41W/47NE	N37W/68NE
N25W/80NE	N05W/54SW	N04W/58SW	N16W/57SW
N22W/74SW	N44W/43NE	N50W/49NE	N14W/75SW
N15W/54SW	N33W/44NE	N24W/75NE	N06W/49SW
N10W/68NE	N18E/41NW	N51W/41NE	N24W/84NE
N35W/29NE	N23W/66SW	N28W/55NE	N42W/62NE
N19W/54SW	N12W/37NE	N68E/25NW	N29W/86NE
N03E/32NW	N40W/30NE	N20E/39NW	N30W/46NE

Exercício 13

Com os dados da tabela abaixo, obtidos em flancos de dobra, construa um diagrama de contorno das estruturas, e resolva as seguintes questões: **(a)** A área está dobrada? **(b)** Qual a atitude do eixo da dobra? **(c)** Qual o valor do ângulo interflancos? **(d)** Qual o estilo da dobra? **(e)** Qual a atitude média dos flancos? **(f)** Supondo que o traço axial possui direção E-W, qual a atitude do plano axial?

N68W/48SW	N28E/52NW	N60W/43SW	N78W/56SW
N29E/51NW	N32E/48NW	N65W/50SW	N30E/50NW
N62W/50SW	N58W/46SW	N80W/60SW	N30E/52NW
N82W/59SW	N25W/40SW	N50E/69NW	N86W/62SW
N40E/60NW	N45E/62NW	N55E/65NW	N48E/66NW
N30E/55NW	N60W/48SW	N59W/45SW	N67W/51SW
N59W/47SW	N70W/50SW	N32E/53NW	N40E/56NW
N34E/52NW	N38E/54NW	N05W/40SW	N-S/42W
N10E/43NW	N15E/45NW	N20E/50NW	N70W/52SW
N45W/41SW	N34E/56NW	N65W/46SW	N40W/42SW
N37E/56NW	N65W/52SW	N36E/56NW	N34W/40SW

Para lembrar: ângulos interflancos de dobras
180° - 120° dobra suave
120° - 70° dobra aberta
70° - 30° dobra fechada
30° - 0° dobra cerrada
0° dobra isoclinal

Exercício 14

Para se determinar o eixo de uma dobra cilíndrica, foram realizadas 20 medidas entre duas linhas de inflexão consecutivas. Com tais medidas confeccionar o diagrama de contorno, determinar a medida do eixo da dobra obtido e definir o tipo de dobra.

N30E/42NW	N44W/70SW	N58W/62NE	N55W/76NE
N83E/53NW	N43W/34SW	N46W/83SW	N49W/66NE
N50W/86NE	N58W/31SW	N48W/52SW	N42W/63SW
N66W/70NE	N42W/78SW	N33W/66SW	N44W/86SW
N16W/52SW	N57W/86NE	N54W/81NE	N52W/84NE
N67W/55NE	N70W/50NE	N86W/42NE	N42W/65SW
N86W/42NE	N47E/34NW	N55E/22NW	N62E/30NW

EXERCÍCIOS APLICADOS (FRATURAS – juntas e falhas)

Exercício 15

Falhas conjugadas escalonadas têm na sua maioria, quando em zonas de falha, ângulos entre 60° e 15° . Dada a falha $F_1 = N10E/50SE$ e a falha $F_2 = N90W/70S$ estas falhas têm maior ou menor probabilidade de serem conjugadas?

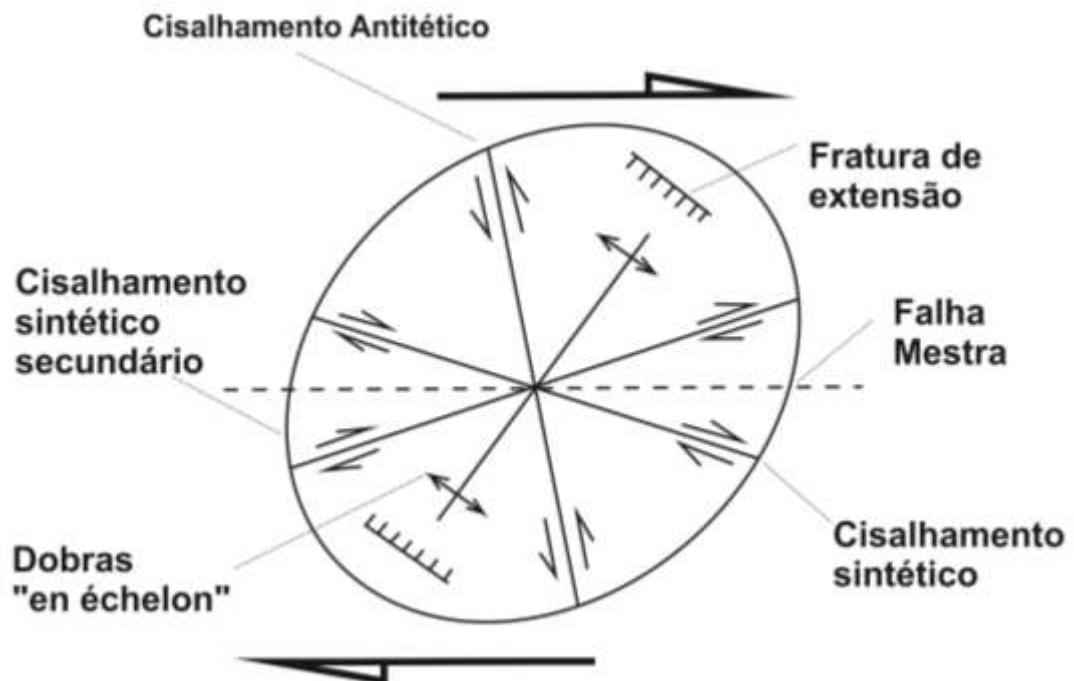
Exercício 16

Determine o ângulo entre uma falha $F_1 = N80W/30NE$ e um eixo de dobra observado $\beta_1 = N60/50$.

Exercício 17

Por meio da relação entre dobra “*en échelon*” e falhas determine a atitude de σ_1 , σ_2 e σ_3 sabendo que:

- Há fraturas (Fr) aproximadamente paralelas ao cisalhamento sintético secundário (ver modelo abaixo de Wilcox, 1979) e a dobra é o resultado de um processo maior de cisalhamento simples.
- O eixo das dobras geradas é igual a β e perfaz ângulo de 90° com um plano de fratura paralelo à virtual guirlanda.
- A dobra é desenhada pelos planos de foliação (S1) de filito, cuja a atitude é $N65E/35NW$ no flanco 1e $N57E/43SE$ no flanco 2.
- A fratura (Fr) tem por atitude de $N75W/88NE$



Exercício 18

Os dados abaixo foram obtidos em uma zona de cisalhamento dútil, por meio de medidas em planos de fraturas. (a) Pelo diagrama de rosetas, defina as principais direções das fraturas; (b) pelo diagrama de Schmidt-Lambert (estereograma) determine a atitude dos planos médios mais representativos deste conjunto de fraturas; e (c) Determine o ângulo entre os dois principais planos de fratura e discuta a possibilidade de ambos serem conjugados ou não.

N40W/41NE	N40E/42SW	N22W/34SW	N28W/55SW
N25E/30NE	N37W/49NE	N44W/43NE	N42W/62NE
N12W/44SW	N14W/50SW	N50W/49NE	N19W/54SW
N23W/48SW	N45W/50NE	N35W/29NE	N12W/37NE
N26W/56SW	N43W/39NE	N14W/55SW	N38E/41SW
N49W/32NE	N35W/58NE	N15W/54SW	N48E/25NE
N38W/47SW	N17W/43NE	N33W/44NE	N29W/56NE
N20W/57SW	N28W/45SW	N24W/54NE	N30E/32NE
N37W/34SW	N41W/47NE	N44W/35NE	N39W/60SW

Exercício 19

Em um afloramento foram determinadas as atitudes abaixo para juntas. Quais são os sistemas dominantes?

N30E/50NE	N37E/48NE	N79W/89SW	N20W/56NE
N30W/70NE	N70W/89NE	N60E/58NW	N55E/80NW
N65W/78SW	N68E/56NW	N58E/45NW	N65W/89SW
N50E/69NW	N77W/89SW	N35W/75NE	N75W/89NE
N60W/89NE	N70E/63NW	N25W/64NE	N30E/48NE
N50E/60NW	N53E/50NW	N62E/50NW	N35W/70NE
N30W/68NE	N34E/46NE	N50E/48NW	N62E/68NW
N65E/75NW	N25W/70NE	N55E/80NW	N55W/85SW
N75W/80SW	N32W/70NE	N65W/80SW	EW/85N
N79W/89SW	N50E/80NW	N65E/60NW	N25W/54NE
N87E/89NW	N30W/45NE	N60W/89SW	N65E/65NW
N85W/89NE	N87E/89NW	N35W/52NE	E-W/89N
N65W/77SW	N57E/52NW	N28W/69NE	N70W/89SW
N88W/89SW	N85W/89SW	N50E/48NW	N87W/89SW

Exercício 20

Uma falha, cujo plano tem por atitude N65W/60NE foi observada juntamente com estrias contida no plano. A primeira (L_1) possui atitude de N40/30 e a segunda (L_2) de N322/04.

- Qual das duas representa uma possível falha inversa e qual representa um movimento direcional (falha transcorrente).
- Indique o ângulo do *rake* de cada uma delas.
- Quais os prováveis quadrantes de posicionamento do σ_1 tanto para a falha inversa quanto para a transcorrente, sabendo que esta última apresentou *step* que indica movimentação horária (dextrógira)?

Exercício 21

Uma falha com atitude de N40W/30NE deslocou uma camada cuja atitude no bloco sudoeste é N20E/40NW. O movimento foi tal que o bloco nordeste sofreu rotação de 50° (lembrar que o eixo de rotação é perpendicular à falha). O sentido de rotação foi horário para um observador situado na lapa e olhando para a capa. Qual a atitude da camada na capa?

Exercício 22

Determinar o mergulho aparente de uma camada de quartzito, cuja atitude é N50E/50SE, segundo um corte de direção N80E.

Exercício 23

Em uma região onde ocorrem quartzitos e conglomerados, em um corte de estrada foram medidos dois mergulhos aparentes do contato entre os dois litotipos. O primeiro indicou uma declividade de 35° no sentido N20E e o segundo uma declividade de 40° no sentido S50E. Qual a atitude do contato?

Exercício 24

Pretende-se construir uma estrada em uma região sedimentar. As camadas têm atitude de N30E/40NW. Para evitar escorregamentos, sabe-se que no corte o ângulo de mergulho aparente não seja superior a 25°. Com qual direção a estrada deverá cruzar as camadas?

Exercício 25

Determinação dos eixos de tensão (σ_1 , σ_2 , σ_3) de zonas de falha (cisalhamento rúptil). De acordo com a teoria andersoniana, as fraturas conjugadas de cisalhamento ocorrem com ângulos fixos entre si, ou seja, de 60° e 120°. Na bissetriz do ângulo mais fechado teoricamente está posicionado o σ_1 , enquanto que na bissetriz do ângulo mais aberto estaria a posição teórica do σ_3 . O σ_2 , por sua vez, está posicionado na intersecção entre os dois planos de fratura. Desta forma a intersecção entre as fraturas será o σ_2 e a partir deste eixo, considerando-o polo de um plano imaginário, será traçado um grande círculo. Este, por sua vez, criará intersecção, igualmente imaginária, com cada um dos planos reais de fraturas. O ângulo entre estas duas linhas de intersecção será de 120° e em sua bissetriz estará, então posicionado o σ_3 . Já tendo sido obtidos os σ_2 e σ_3 , o σ_1 será facilmente posicionado no grande círculo que representa o plano imaginário, pois possui ângulo de 90° com cada um dos eixos anteriores.

Tendo em conta a explicação acima, determine a posição espacial (atitude) de cada um dos eixos de tensão (σ_1 , σ_2 , σ_3), conhecendo-se as seguintes atitudes de duas falhas (ou fraturas de cisalhamento): N20E/50NW e N50W/65SW.

Exercício 26

São dados dois conjuntos de fraturas A e B. Responder se **(a)** tais conjuntos de fraturas correspondem a planos de cisalhamento, e **(b)** sendo positiva a resposta anterior, orientar o elipsoide de deformação da área em foco.

Conjunto A	Conjunto B
N09E/80NW	N40E/50SE
N12E/75NW	N42E/51SE
N11E/77NW	N39E/49SE
N15E/78NW	N43E/48SE
N12E/74NW	N41E/50SE
N14E/80NW	N38E/53SE
N13E/77NW	N37E/51SE
N12E/76NW	N39E/52SE
N13E/75NW	N37E/55SE
N10E/73NW	N40E/53SE

Observar que se o complemento do ângulo entre os conjuntos de fraturas estiver em torno de 60° então correspondem aos planos de cisalhamento. Posteriormente utilizar a teoria do exercício anterior para se determinar os eixos de deformação **x**, **y** e **z** (respectivamente correspondentes aos eixos de tensão σ_3 , σ_2 , σ_1)

EXERCÍCIOS APLICADOS (PLANOS DE XISTOSIDADE / PLANOS APARENTES / REGIMES DE TENSÃO)

Exercício 27

Sobre um plano de xistosidade foram obtidas duas atitudes de lineações minerais. Qual a atitude do plano, sabendo-se que $L_1 = N30/25$ e $L_2 = N320/30$?

Exercício 28

Numa região onde ocorrem quartzitos e conglomerados, em um corte de estrada foram medidos dois mergulhos aparentes do contato nessas duas litotipos. Um indicou uma declividade de 35° no sentido N20E e outro 40° no sentido S50E. Qual a atitude do contato?

Exercício 29

Numa área observou-se uma discordância. O pacote de rochas sedimentares inferior tem atitude N70W/60SW e, o superior N40E/30SE. Sabe-se que o pacote inferior foi deformado antes da deposição do pacote superior e, posteriormente, sujeitou-se a nova deformação, agora juntamente com o pacote superior. Qual era a atitude do pacote inferior antes da deformação final?

Exercício 30

Determine o mergulho aparente de uma camada de quartzito, cuja atitude é N50E/50SE, seguindo um corte de direção N80E.

Exercício 31

Pretende-se construir uma estrada em região sedimentar. As camadas têm atitude de N30E/40NW. Para evitar escorregamentos, previu-se que no corte o ângulo de mergulho aparente é inferior a 25°. Qual a orientação com que a estrada deverá cortar as camadas?

Exercício 32

Utilizando-se os dados abaixo, determine os campos de maior tensão (σ_1), tensão neutra (σ_2), e extensão (σ_3), por intermédio do método dos diedros retos (Angelier e Mecheler, 1977)

Atitude do plano	Atitude da estria	Sentido do deslocamento
N10E/70NW	N330/60	Bloco de cima desloca-se para SE
N20E/70NW	N318/67	idem
N40E/70NW	N358/60	idem
N22W/20NE	N84/20	Bloco de cima desloca-se para SW
N21W/50NE	N85/50	idem
N65E/40SE	N108/30	Bloco de cima desloca-se para NW
N80E/30SE	N148/30	idem
N82E/38SE	N150/35	idem

Exercício 33

Em uma determinada área estão presentes há falhas cujas atitudes dos planos (na forma CLAR) estão relacionadas na tabela abaixo, juntamente com as estrias de atrito obtidas em cada plano bem como o sentido de deslocamento (ou o tipo de falha presente). Com os dados apresentados, determinar: (a) os eixos de deformação pela técnica de Arthaud; (b) os eixos dos possíveis campos de tensão pela técnica dos diedros retos

Direção mergulho	Mergulho	Elemento	Sentido do movimento
060	40	Plano	normal oblíquo
006	27	Estria	
098	50	Plano	transtracional
008	01	Estria	
067	58	Plano	transtracional / normal oblíquo
340	04	Estria	
030	59	Plano	normal oblíquo
113	13	Estria	
302	50	Plano	normal oblíquo
229	20	Estria	
280	43	Plano	normal oblíquo
219	24	Estria	
018	50	Plano	normal oblíquo
071	35	Estria	
231	70	Plano	normal
188	64	Estria	
229	60	Plano	normal
202	59	Estria	

Direção mergulho	Mergulho	Elemento	Sentido do movimento
309	80	Plano	inverso
039	05	Estria	
020	40	Plano	inverso
043	38	Estria	
225	79	Plano	inverso
181	75	Estria	
226	42	Plano	inverso
201	39	Estria	
226	45	Plano	inverso
186	38	Estria	
211	50	Plano	inverso
162	38	Estria	
213	40	Plano	inverso
159	26	Estria	
220	34	Plano	inverso
151	12	Estria	

Exercício 34

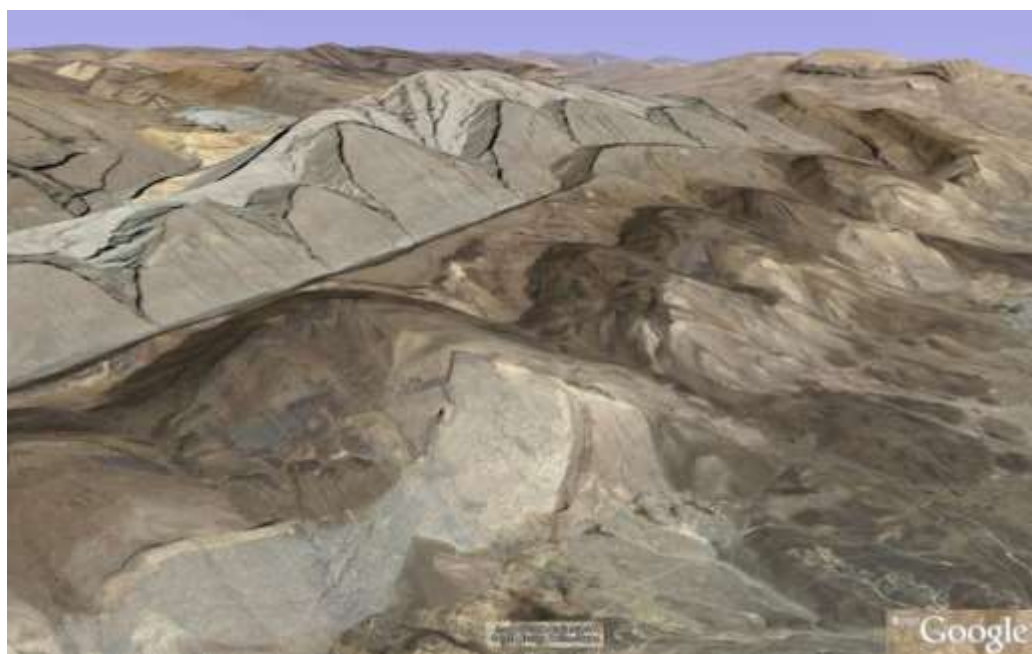
Verifique as amostras fornecidas as descreva seguindo a sequência.

- a. Litotipo.
- b. Presença e tipologia de estrutura.
- c. Presença ou não de anisotropia estrutural.
- d. Cisalhamento rúptil ou dúctil.
- e. Classificação segundo Sibson (1977).

EXERCÍCIOS APLICADOS A ANÁLISE DE MAPAS E FOTOGRAFIAS

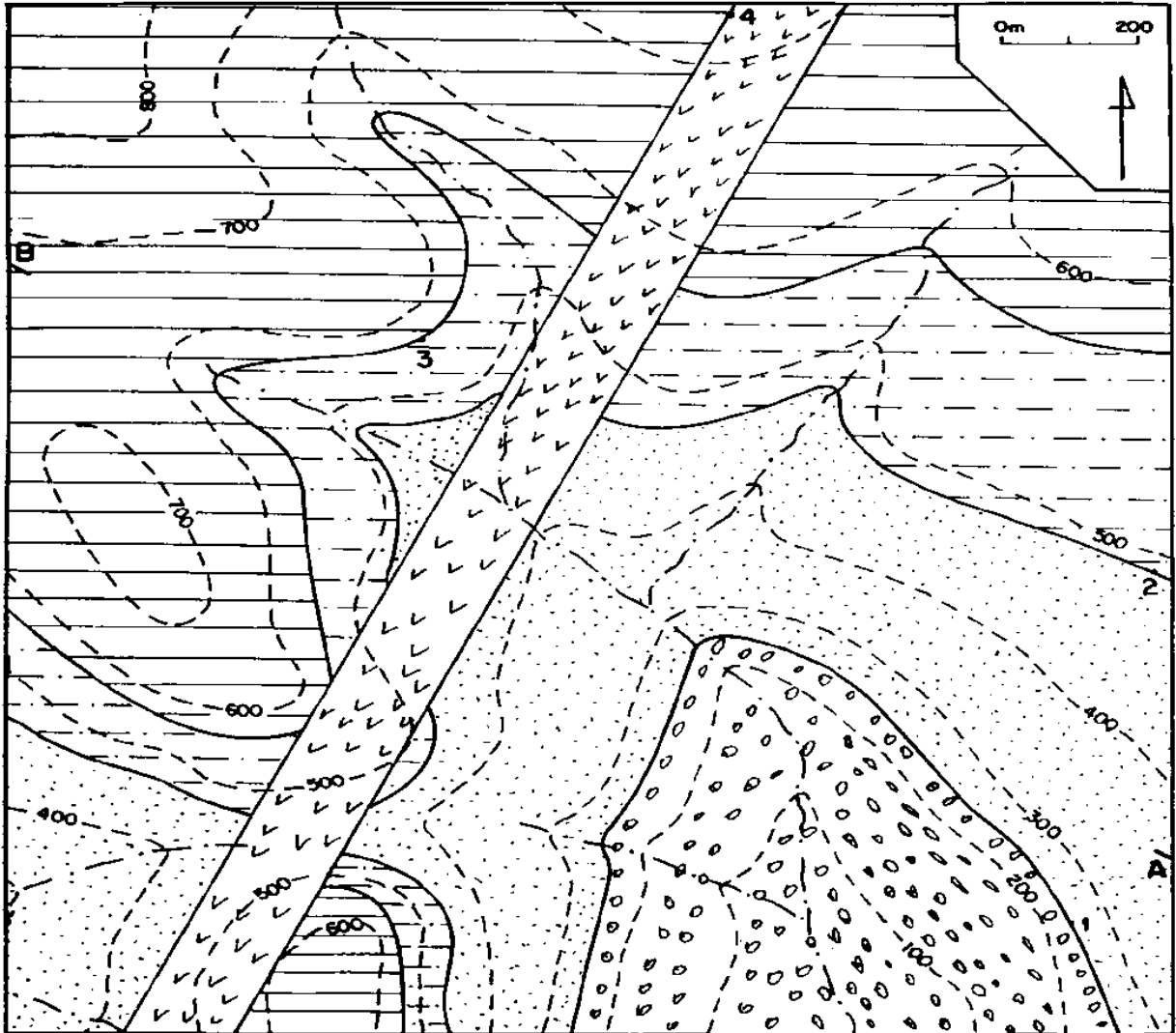
Exercício 35

(a) Aplique a regra dos Vs e indique qual o sentido de mergulho das camadas exemplos abaixo; (b) trace as quebras positivas e negativas nas imagens; (c) interprete a fotos oblíquas indicando os lineamentos estruturais.



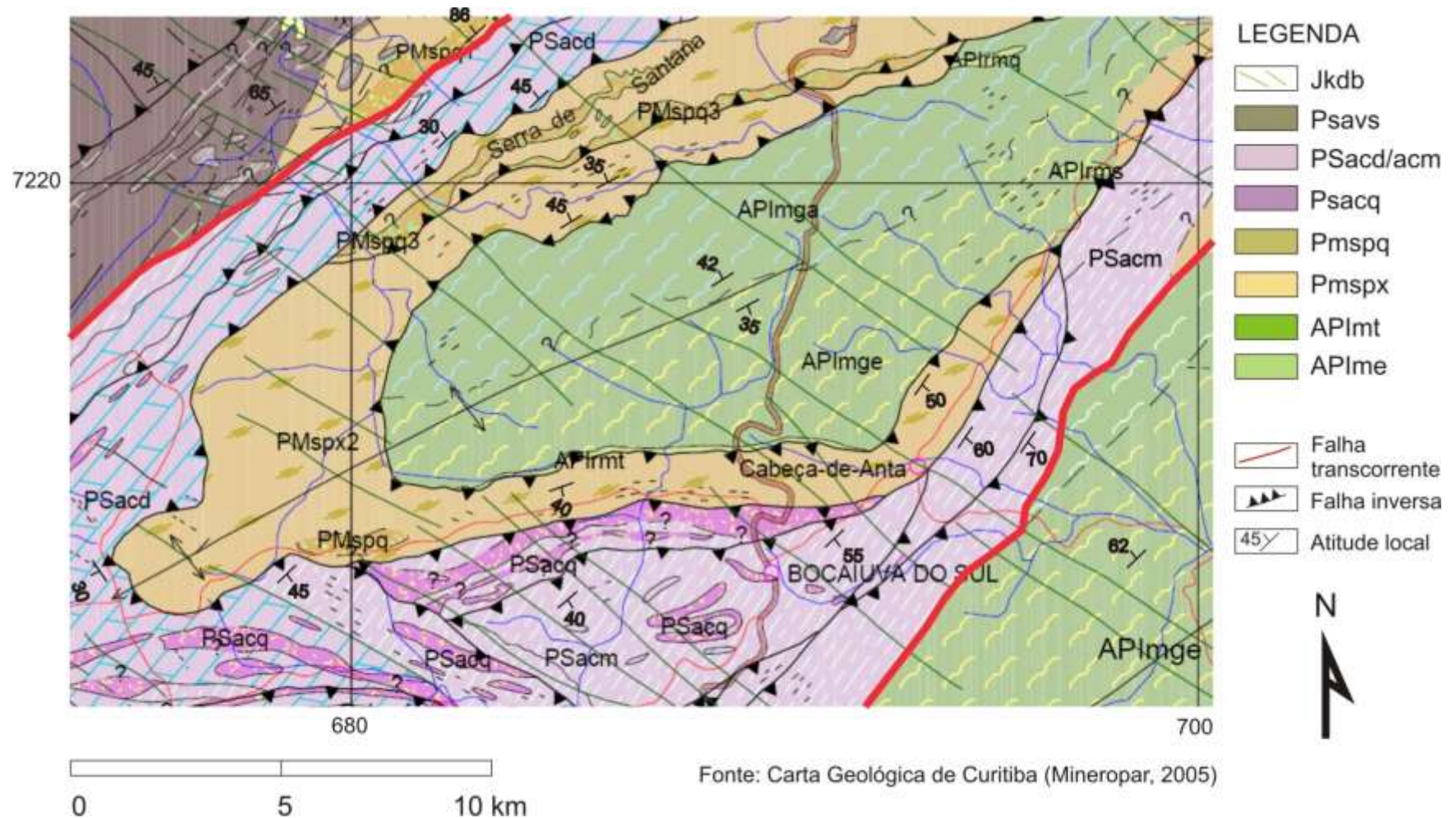
Exercício 36

Faça o perfil estrutural do mapa (entre B-A) a seguir e indique o mergulho das camadas, segundo a regra dos Vs.



Exercício 37

Confeccione dois perfis geológicos, o primeiro de NW-SE e o segundo de N-S.



Exercício 38

Utilize o Método de Busk (ou dos arcos) ou de Kink, para traçado de perfil e identifique a estrutura presente na figura abaixo

