

Modelo De Riedel Aplicado No Lineamento Lancinha, No Estado Do Paraná

Elvo Fassbinder*

Georg Robert Sadowski**

Alberto Pio Fiori***

RESUMO

A atuação de esforços transcorrentes, com movimentação de blocos crustais gerou, na cobertura metassedimentar do Grupo Açungui e correlatos, estruturas previstas no Modelo de Riedel. Entre estas destacam-se dobras escalonadas, falhas sintéticas e antitéticas, fraturas do tipo Y(D), X, T, além de possíveis falhas de empurrão. O Núcleo Betara, alçado por esforços transpressionais, expôs zonas de cisalhamento transcorrentes dúcteis, além de estruturas rúpteis-dúcteis e rúpteis superimpostas, compatíveis com o modelo proposto. A disposição espacial das estruturas de Riedel ao longo do Sistema Transcorrente Lancinha, permitiu concluir que o movimento lateral direito é o responsável pela estruturação principal deste lineamento.

ABSTRACT

Application of the Riedel Model to the Lancinha Lineament, Parana State, Brazil. Transcurrent shear stresses associated to the Lancinha Lineament generated Riedel Model structures on the Açungui metasedimentary cover. They are "en echelon folds" plus synthetic and antithetic shear zones and fractures of Y(D), X and T symmetry (figure 1). The main shear zone, Lancinha, is made up of Y(D) dextral shears and fractures, with an average N60E strike. It is associated with synthetic shear zones, such as Cerne and Ribeira, also dextral, with a N85E strike. Other features are: N20W antithetic left lateral shear zones and fractures, N15E X fractures, en echelon folds with an average of N34E strike and T fractures with a future N57W strike. The orientation of the deformation ellipsoid axes related to the above mentioned features was deducted as X=N33E/ subhorizontal, Y=subvertical and Z=N57W subhorizontal. The mentioned structures were generated under a brittle to brittle-ductile regime related to intense fracturing, sporadic brecciation and step folding. Due to the transpressive tectonics, underlaying lithologies of the Setuva and Pre-Setuva basement were uplifted and erosionally exposed in the Betara Nucleus, where ductile shear zones and mylonitic rocks generated in deeper crustal levels do crop out. Overprinting this mylonitic foliation there are evidences of an intense shearing expressed by the reorientation of former foliations, lenticularizations, and constrictions expressing brittle, brittle-ductile and ductile deformation regimes. The strike of the maximum Y shear (figure 3) is N54E/70NW; synthetic shears are N70E/80NW, and antithetic shears and fractures are N11E/78NW. The XYZ deformation ellipsoid axes are respectively N40E/subhorizontal, 81 to N45W and 08 to S49E respectively. These were probably slightly rotated during the uplift. The spacial disposition of the Riedel structures along the Lancinha Transcurrent Lineament (figure 2) allows us to

*Mestre pela Universidade de São Paulo

**Departamento de Geologia Geral e Aplicada. Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo

***Departamento de Geologia. Universidade Federal do Paraná.

conclude that a right lateral component of movement responsible for its main structural organization.

O MODELO DE RIEDEL

As diversas estruturas previstas no modelo de Riedel, são geradas a partir da movimentação transcorrente de blocos do embasamento e materializadas em coberturas (meta) sedimentares. Entre elas destacam-se dobras escalonadas, zonas de cisalhamento direcionais conjugadas (sintéticas e antitéticas), falhas normais e de empurrão, diversas direções de fraturamentos, além da própria zona de máximo cisalhamento (ver EMMONS, 1969; WILCOX *et al.*, 1973; HARDING, 1973, 1974, 1985; ODONNE & VIALON, 1983 e SYLVESTER, 1988). A estruturação de Riedel está presente ao longo do lineamento Lancinha, e será discutida na seqüência do trabalho.

A presente análise está embasada na distribuição espacial das lineações que estruturaram o lineamento, visíveis em imagens de satélite Landsat (escala 1:100.000), na disposição dos elementos estruturais dos Mapas do Projeto de Integração e Detalhe Geológico no Vale do Ribeira, além de dados de trabalhos de campo, realizados no Grupo Açungui e no Núcleo Betara.

ESTRUTURAS PRESENTES NO GRUPO AÇUNGUI

As principais estruturas identificadas a partir de elementos de fotointerpretação e confirmadas por 300 dados de campo, foram representadas no diagrama da figura 1, e serão descritas a seguir:

DOBRAS ESCALONADAS (*en echelon folds*)

Em terrenos pré-cambrianos, com deformações pré-existent, o padrão escalonado nem sempre é reconhecido ao longo de toda faixa linear afetada por processos transcorrentes. Assim, ocorre com os metassedimentos do Grupo Açungui, os quais apresentam uma foliação pretérita, associada a mecanismos de cavalgamento (FIORI *et al.*, 1985; FIORI, 1990).

As dobras escalonadas, quando presentes, são estruturadas sobre uma foliação S, com ângulos interflancos abertos até fechados (entre 120 e 30 pela classificação de Fleuty, 1964), e eixos com uma direção média N34E/sub-horizontal (ver figura 1). Localmente desenvolveram uma foliação plano-axial, a qual normalmente não passa de uma clivagem de fratura.

Em escala regional, os eixos das dobras escalonadas estão dispostos de forma oblíqua ao lineamento principal, formando um ângulo médio de 26°. Normalmente estão contidos e dispostos de forma ligeiramente paralela ao formato longilíneo das macrolentes tectônicas, as quais se formaram durante a movimentação da zona de cisalhamento principal (figura 2). O conjunto dessas lentes está agrupado no Bloco II (figura 2), o qual é limitado lateralmente pela zona de cisalhamento principal Lancinha (estruturas do tipo Y(D), e Zona de Cisalhamento Morro Agudo (juntas X e/ou falhas de empurrão); e nas extremidades norte e sul, pelas Zonas de Cisalhamento Ribeira e do Cerne (ambas estruturas do tipo sintéticas).

A superimposição de dobras escalonadas sobre dobras de primeira geração, relacionadas aos cavalgamentos, embora teoricamente possíveis, são dificilmente identificadas no Grupo Açungui. Para que figuras de interferência possam ocorrer, é

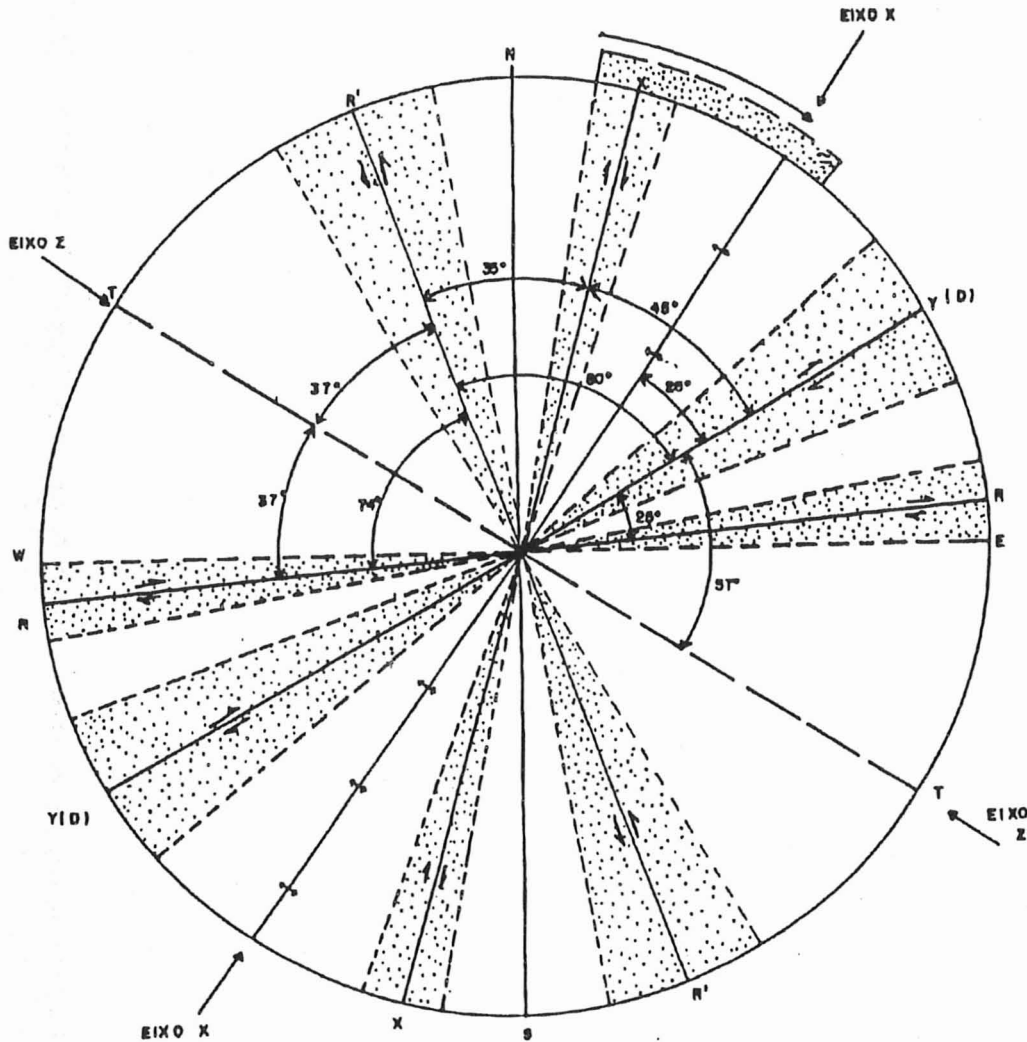


Fig. 1

Disposição e ângulos médios entre as Estruturas de Riedel em metassedimentos do Grupo Açungui. Zona de cisalhamento principal, N50-70E (média N60E) (Estrutura Y=D); Zona de cisalhamento Sintética (R), N80-90E (média N85E); Zona de cisalhamento Antitética (R'), N10-30W (média N20W); Fraturas X, N10-20E (média N15E); eixos de dobras escalonadas, N34E; e Fraturas T, N57W. Eixos do elipsóide de deformação: X=N33E/sub-horizontal; Y=subvertical; e Z=N57W/sub-horizontal. *Strikes and average angles between Riedel Structures in the Assungui Group metasediments. Main shear zone, N50-70E (average N60E) (Y=D structure); Synthetic Shear Zone (R), N80-90E (average N85E); Antithetic Shear Zone (R'), N10-30W (average N20W); X Fractures, N10-20E (average N15E); En Echelon Folds axes, N34E; and T Fractures, N57W. Deformation ellipsoid axes: X=N33E/sub-horizontal; Y=subvertical; and Z=N57W/sub-horizontal.*

necessário que a amplitude dos dobramentos envolvidos sejam em escalas aproximadas. É provável que esta condição não seja satisfeita nos metassedimentos Açungui.

Por outro lado, na Zona de Cisalhamento Lancinha não foram identificadas sobreposições de dobras escalonadas sobre dobras regionais (D) ou vice-versa. Além disto, estas duas estruturas (dobras escalonadas e D) apresentam seus eixos com direções e mergulhos idênticos, levando a supor de que se trata de uma única fase de geração, associada ao mecanismo de cisalhamento de alto ângulo. É importante observar, ainda, que as dobras D estão inseridas nas macrolentes tectônicas, portanto, situadas dentro da zona de influência do lineamento Cubatão-Lancinha. Mas, por outro lado, não se descarta a existência de dobras D, geradas após o evento dos cavalgamentos e anterior à instalação das estruturas secundárias ao longo do lineamento Lancinha, e rotacionadas ao longo desta zona de cisalhamento de alto

ângulo, por falta de critérios seguros que permitam separar estas dobras daquelas escalonadas.

Há, ainda, dobras escalonadas intrudidas por corpos graníticos como os do Cerne, Piedade, Morro Grande, Varginha e do Mato. O formato elíptico desses corpos, e seus eixos maiores com direções N31E, N30E, N36E, N37E e N33E respectivamente, podem indicar eventual contemporaneidade das intrusões com as dobras escalonadas, conforme já discutido por FIORI (1985C) e FASSBINDER *et al.* (1985).

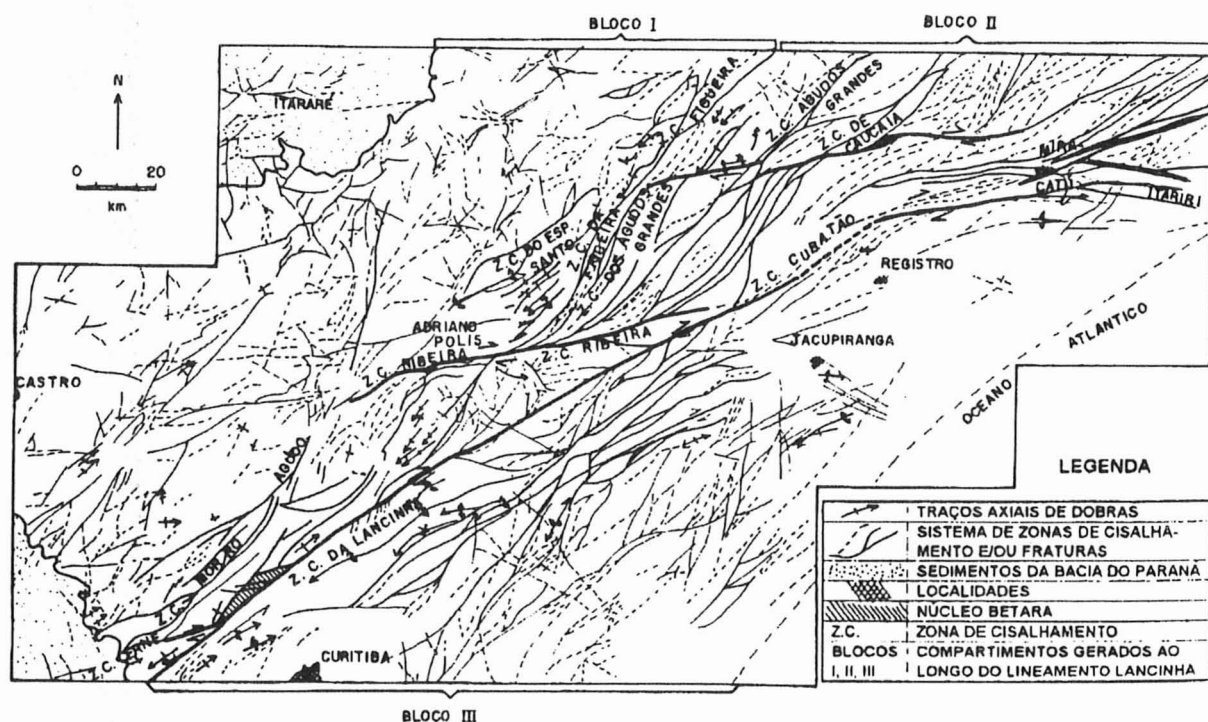


Fig. 2

Geometria das zonas de cisalhamento transcorrentes nos Estados do Paraná, e sul de São Paulo. FONTE: Silva (1982) modificado. *Geometry of the transcurrent shear zones in the States of Paraná and southern São Paulo, Brazil.*

ZONAS DE CISALHAMENTO SINTÉTICAS (R)

As zonas de cisalhamento sintéticas apresentam direção variando entre N80-90E e N80-90W nas imagens Landsat (escala 1:100.000) e nos mapas do Projeto de Integração e Detalhe Geológico no Vale do Ribeira (SILVA, 1982). A direção média obtida neste trabalho foi N85E para estas zonas de cisalhamento (ver figura 1), com movimento lateral direito associado.

Os melhores exemplos destas estruturas são a Zona de Cisalhamento do Cerne, localizada a oeste da cidade de Curitiba, e a Zona de Cisalhamento da Ribeira, que tem a localidade de Adrianópolis situada sobre o seu traçado (ver figura 2).

As zonas de cisalhamento sintéticas formam um ângulo de 25° com a zona de máximo cisalhamento (ver figura 1). Este ângulo é relativamente grande, embora dentro da previsão teórica de 10°-30° (média de 15°) segundo WILCOX *et al.* (1973), ou no intervalo de 15°-30° conforme TCHALENKO & AMBRASEYS (1970). NAYLOR *et al.* (1986) verificaram por outro lado, que este ângulo é maior que 15° quando espessos pacotes de rochas (meta)sedimentares cobrem a zona de cisalhamento do embasamento. Considerando que a Bacia do Açungui sofreu um substancial encurtamento através

da tectônica de cavalgamentos (FIORI, 1990), é provável que a zona de cisalhamento tivesse sido recoberta por uma espessa capa de sedimentos. Por outro lado, a geometria helicoidal descrita por NAYLOR *et al.* (1986) para as zonas de cisalhamento sintéticas, na forma de *tulip structure*, mostra um crescente aumento do ângulo das zonas de cisalhamento sintéticas da base para o topo de uma determinada cobertura (meta)sedimentar. Desta forma, o ângulo de 25° verificado entre estas estruturas e a zona de cisalhamento principal no Grupo Açungui indica que o atual nível de exposição das rochas adjacentes à Zona de Cisalhamento Lancinha situa-se na porção mais próxima ao topo da referida cobertura original e, portanto, no nível estrutural superior a médio de Mattauer (1972), e na zona de comportamento rúptil a rúptil-dúctil da deformação.

ZONAS DE CISALHAMENTO E/OU FRATURAS ANTITÉTICAS (R')

As zonas de cisalhamento e/ou fraturas antitéticas apresentam uma direção que varia em torno de N10-30W/subvertical a vertical, com um pico máximo em torno de N20W (ver figura 1).

Estas estruturas podem ser observadas desde a escala de imagens Landsat (1:100.000), na forma de lineamentos com extensões quilométricas, até clivagens de fraturas centimétricas a milimétricas, em escala de amostra de mão. Podem apresentar movimento lateral esquerdo associado.

As estruturas antitéticas perfazem um ângulo médio de 80° com a zona de máximo cisalhamento (ver figura 1). Este valor angular é coerente com os valores obtidos por WILCOX *et al.* (1973) em trabalhos experimentais ($70-90^{\circ}$) e próximo aos valores de 60 a 75° de TCHALENKO & AMBRASEYS (1970).

O efeito da rotação das zonas de cisalhamento antitéticas pode ser sutil, mas quando considerado em termos regionais pode se constituir em subsídio teórico para explicar a dispersão entre N10-30W.

O ângulo agudo formado pelas zonas de cisalhamento sintéticas e antitéticas no diagrama da figura 1, apresenta um valor de 74° , próximo do intervalo de $60-70^{\circ}$ sugerido por WILCOX *et al.* (1973).

ZONA DE CISALHAMENTO PRINCIPAL

Na imagem de satélite Landsat, a zona de cisalhamento principal é marcada por um *trend* de lineações geradas por fraturas do tipo Y(D), com direção N50-70E, e média N60E (ver figura 1). A largura da zona de cisalhamento pode variar, desde 1,5 km nas imediações da localidade de Rio Branco do Sul, até 5,5 km a sudoeste de Tunas. Em outras porções, a zona praticamente desaparece, com larguras menores que 1,5 km.

Nas litologias do Grupo Açungui, a zona de cisalhamento principal normalmente é reconhecida por intenso fraturamento e esporádicas brechas associadas. Os esforços que promoveram a sua formação, reorientaram camadas de filito incompetentes, utilizando as linhas de fraqueza preexistentes da foliação S. São situações normais em que camadas tectonizadas pelos cavalgamentos do Grupo Açungui encontram-se verticalizadas, e aparentemente indeformadas pelo evento Lancinha, amoldando-se às reorientações dos esforços transcorrentes.

No Grupo Açungui não foram identificadas foliações dúcteis associadas à zona de cisalhamento principal Lancinha, no atual nível de exposições das litologias. Indícios de deformações dúcteis ocorrem em algumas porções do lineamento no Grupo Açungui, expostas por efeitos de transpressão.

FAMÍLIA DE JUNTAS "X" E FALHAS DE EMPURRÃO

A direção N10-20E foi interpretada, neste trabalho, como correspondendo as fraturas de relaxamento "X". Na verdade, as direções destas estruturas podem variar entre N10-40E, devido ao pronunciado cisalhamento que sofreram ao longo das direções sintéticas (ver figura 1). Também podem ser consideradas como associadas à formação de "cavalos" duplex do tipo listrico, com componente cavalgante (duplex de Riedel)(WOODCOCK & FISCHER, 1986). Segundo previsões teóricas, espera-se que essas fraturas estejam dispostas de forma paralela ao traço axial das dobras escalonadas, o que é verificado em alguns locais, mas em outros ocorrem diferenças de até 25°, devido à forma anastomosada com que estas estruturas se dispõem.

Estas estruturas são representadas pelas zonas de cisalhamentos e/ou fraturas do Espírito Santo, Figueira, Agudos Grandes, Caucaia, entre outras (ver figura 2).

A Zona de Cisalhamento Morro Agudo, com direção N26E, está inserida nesse *trend*, embora sua natureza ainda não esteja completamente esclarecida. Embora Fiori (1985A, D) a tenha interpretado como sendo transcorrente, e KOPS *et al.* (1993) tenham acrescentado características transpressivas ao lineamento, é provável que alguns trechos desta estrutura apresentem características de falha de empurrão associadas ao Sistema Transcorrente Lancinha. Neste sentido, feições de empurrão foram descritas por BATOLLA JR. (1977) na Folha de Cerro Azul do Projeto Leste do Paraná, e SOARES (comunicação verbal).

As falhas de empurrão constituem-se numa importante estrutura de zonas transpressionais (LOWELL, 1972; HARDING, 1985; RAMSAY & HUBER, 1987 entre outros). Sua disposição normalmente é paralela ao eixo X do elipsóide de deformação, o qual coincide com o eixo das dobras escalonadas e as juntas do tipo "X". A coexistência entre falhas de empurrão e zonas de fraturas e/ou de cisalhamento, visto que estas últimas podem apresentar componentes direcionais dextróginas, é perfeitamente compatível com o Modelo de Riedel e esperado na natureza.

FAMÍLIA DE JUNTAS "T"

As fraturas "T" não foram identificadas com segurança.

Na imagem Landsat ocorre uma intensa malha de fraturas com disposição noroeste. As zonas de cisalhamento e/ou fraturas antitéticas, com direção N10-30W confundem-se com aquelas formadas em tempos Juro-Cretácicos, com direção N30-60W, onde se alojaram os diques de diabásio. É provável que um sistema de juntas de tração (T) tenha existido antes da ruptura do Continente de Gondwana, gerando um sistema de fraturas, o qual pode ter sido reativado para a instalação do extenso enxame de diques mesozóicos.

As juntas "T" dispõem-se na bissetriz do ângulo agudo formado pelas zonas de cisalhamento sintéticas e antitéticas, assumindo um valor angular de 37°, valor coerente com as considerações teóricas de WILCOX *et al.* (1973). Embora estas juntas sejam de difícil identificação no campo, sua previsão teórica indica uma direção N57W.

ELIPSÓIDE DE DEFORMAÇÃO DO SISTEMA TRANSCORRENTE NO GRUPO AÇUNGUI

A partir da disposição das diversas estruturas secundárias associadas à deformação do lineamento Lancinha (ver figura 1) foram deduzidos os eixos do elipsóide de deformação utilizando os conceitos teóricos de HARDING (1974). Assim, os

eixos X e Z apresentam atitudes N33E - S33W e N57W - S57E, respectivamente. Semelhantes direções foram obtidas por FIORI (1985D) e SOARES (1985,1987), com atitudes N17E e N25E para o eixo X, e N73W e N65W para o eixo Z, respectivamente.

ESTRUTURAS PRESENTES NO NÚCLEO BETARA

O lineamento Cubatão imprimiu uma forte foliação milonítica a ultramilonítica, essencialmente dúctil, nas litologias do embasamento do Grupo Açungui, e expostas no atual nível de erosão do Núcleo Betara. Esta deformação caracteriza-se por um intenso estiramento mineral, o qual, muitas vezes, transforma-se em filmes milimétricos a centimétricos, nos quais, os porfiroclastos foram destruídos e recristalizados, em prováveis condições de metamorfismo de médio a alto graus. Idêntica deformação foi descrita por CAMPANHA (1980,1981) no Estado do Rio de Janeiro, e por SILVA (1981), SILVA *et al.* (1982) e SADOWSKI (1983) no Estado de São Paulo, onde o lineamento recebeu as denominações de Além Paraíba e Cubatão, respectivamente. Foram ainda, acrescentadas feições transpressivas ao lineamento, com a caracterização de uma megaestrutura em flor, positiva, no vale do rio Paraíba do Sul, por MACHADO & ENDO (1993). Esta deformação, ausente na cobertura metassedimentar do Grupo Açungui, se constitui num importante evento de estruturação do lineamento.

A esta foliação milonítica a ultramilonítica superimpõe-se uma forte lenticularização, constrição e reorientação de camadas tectônicas preexistentes. A natureza desta deformação é dúctil, com superimposição de estruturas dúcteis-rúpteis até rúpteis secundárias, que se deu concomitantemente com a formação de um núcleo antiformal (Núcleo Betara) através de esforços transpressionais, o qual foi progressivamente soerguido, recebendo sucessivos registros de cisalhamento em condições inicialmente dúcteis até rúpteis. Assim, o Núcleo Betara se constituiu numa macrolente tectônica, disposta de forma paralela ao lineamento Lancinha, entre as localidades de Bateias, município de Campo Largo, e Rio Branco do Sul e a noroeste da cidade de Curitiba (ver figura 2). Este núcleo expõe litologias pertencentes ao Grupo Setuva e Complexo Pré-Setuva, justapondo rochas com maior deformação e metamorfismo em relação àquelas do Grupo Açungui.

Esta superimposição de estruturas, geradas em idênticas condições metamórficas daquelas do Grupo Açungui, e responsável pela estruturação do lineamento Lancinha em suas litologias, pode ser observada, ainda, na região de Itaperussú, Ouro Fino e rodovia Regis Bittencourt (BR 116), na forma de foliações com características rúpteis-dúcteis, e com sericitas cristalizadas em seus planos. Sadowski (inédito) igualmente observou que os milonitos da Falha de Cubatão, presentes no Estado de São Paulo, apresentam uma foliação rúptil-dúctil superimposta a uma foliação milonítica, evidenciada pela orientação de biotitas neocristalizadas e de porfiroblastos de clorita sem orientação clara.

Os picos de concentrações das direções de cisalhamento superimpostos no Núcleo Betara, bem como suas relações angulares, foram representadas na figura 3 (com 352 dados de campo), e interpretadas segundo o Modelo de Riedel, como segue.

A direção de máximo cisalhamento, representada pelas estruturas do tipo Y(D), apresenta uma direção média N54E/76NW.

As zonas de cisalhamento sintéticas (R) estão dispostas na direção estatística N70E/86NW e formam um ângulo de 18 com a zona de máximo cisalhamento, coerentes com o ângulo teórico estabelecido por WILCOX *et al.* (1973), de 10-30 (média de 15). Uma segunda direção sintética (R), com direção N86E/85NW, forma um ângulo de 32 com a zona de máximo cisalhamento. Esta última concentração de falhas

provavelmente representa um pulso final, o qual teve lugar quando as litologias do Núcleo Betara já se encontravam alçadas ao mesmo nível estrutural daquelas do Grupo Açungui. Esta direção (R) é idêntica àquela verificada no Grupo Açungui, com direção N85E (ver figura 1).

As direções Y(D), R e R' apresentam deslocamentos dextrógiros, idênticos aos sentidos de deslocamentos principais verificados no Grupo Açungui.

As zonas de cisalhamentos e/ou fraturas antitéticas, representadas por R', R' e R' na figura 3, formam duas concentrações principais e uma secundária, respectivamente. A R' possui direção N06E/80NW e a R', N16E/78NW, dispostas respectivamente a ângulos de 48 e 37 em relação à zona de máximo cisalhamento. A terceira direção antitética (R'), com direção N27W/65SW, forma um ângulo de 77 com o cisalhamento do tipo Y. Para considerar esta direção singenética a R' e R', seria necessário admitir um ângulo de rotação para R' de 43 (ângulo entre R' e R'), algo

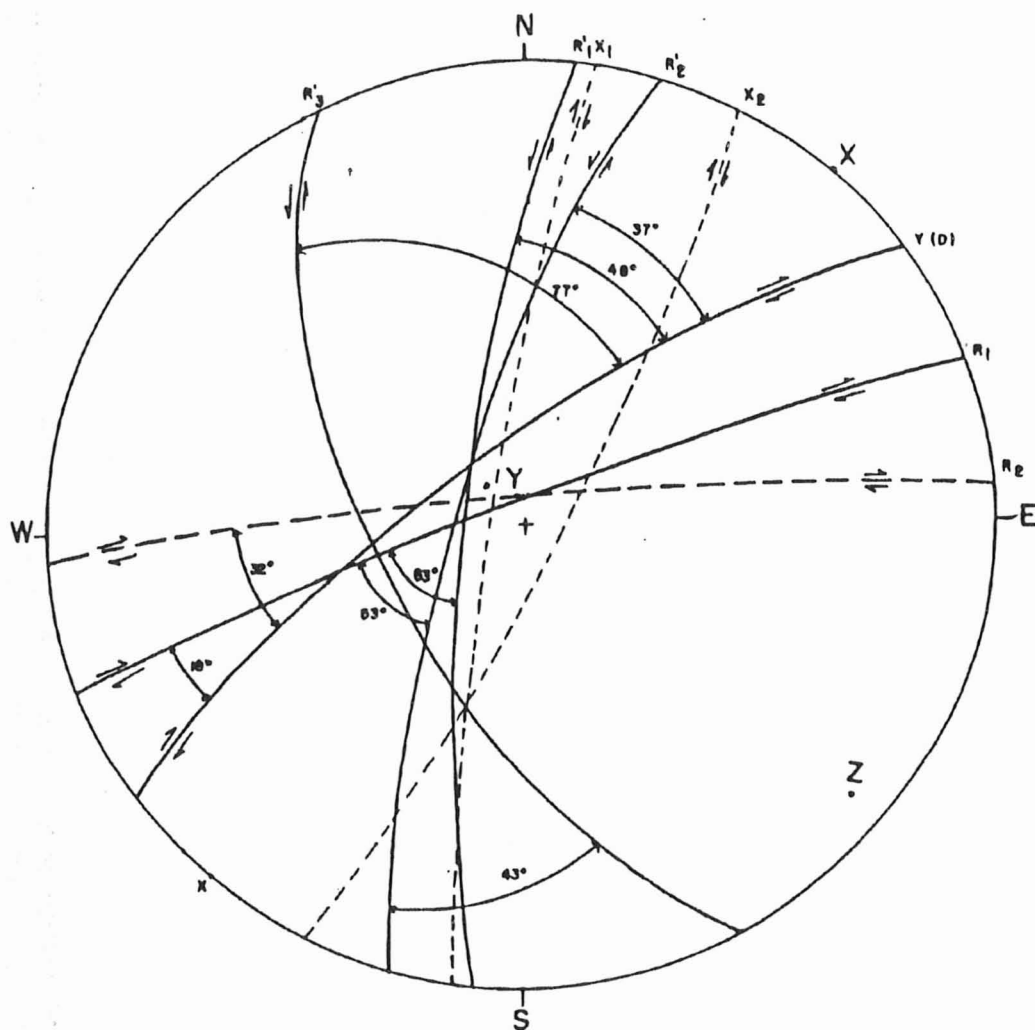


Fig. 3

Direções médias de cisalhamentos verificadas no Núcleo Betara (localidade de Pombas, município de Itaperussu, e suas relações angulares. PRINCIPAIS DIREÇÕES: Y(D)=N54E/70NW; R=N70E/86NW; R=N86E/85NW; R'=N06E/80NW; R'=N16E/78NW; R'=N27W/65SW; Direção média entre R' e R'=N11E/78NW; X=N09E/84NW; X=N27E/84SE. EIXOS DO ELIPSÓIDE DE DEFORMAÇÃO: X=N40E/horiz.; Y=N45W/81 e Z=S50E/8. Average strike directions of shears in the Betara Nucleus (locality of Pombas, Itaperussu Municipality) and their angular relations. MAIN DIRECTIONS: Y(D)=N54E/70NW; R=N70E/86NW; R=N86E/85NW; R'=N06E/80NW; R'=N16E/78NW; X=N09E/84NW; X=N27E/84SE. DEFORMATION ELLIPSOID AXES X=N40E/sub-horizontal; Y=N45W/81 and Z=S50E/8

improvável nesta conjuntura deformacional. Desta forma, é provável que a direção R', com atitude N27W/65SW, tenha se formado nas mesmas condições rúpteis das direções antitéticas observadas no Grupo Açungui, com direção N10-30W (comparar as figuras 1 e 3). Estas direções antitéticas (R', R' e R') apresentam sentido de deslocamento anti-horário.

O sistema deformacional de alto ângulo superimposto observado na localidade de Pombas acusou, ainda, uma outra direção de cisalhamento, representada na figura 3, com dois picos de concentrações de dados, com direções N09E/84NW e N27E/84SE. Estas direções são constituídas por falhas essencialmente rúpteis, com rejeito lateral direito. Nas observações de campo, obliteraram nitidamente as deformações transcorrentes anteriores Y(D), R' e R'. Tudo indica que tais direções foram geradas quando o Núcleo Betara passou a assumir o mesmo nível estrutural do Grupo Açungui, a exemplo do ocorrido com as direções R e R' anteriormente discutidas. Estas direções, identificadas por X e X no diagrama da figura 3, foram interpretadas como pertencentes à família de fraturas X, previstas no modelo teórico de Riedel.

O ângulo médio formado entre as zonas de cisalhamento sintéticas e antitéticas (R e R') é de 58, próximo do intervalo de 60-70 verificado por WILCOX *et al.* (1973). A bissetriz deste ângulo forneceu a direção do eixo Z do elipsóide de deformação, resultando uma atitude S50E/08 para este eixo. Sabendo-se que o eixo X assume mergulhos teóricos sub-horizontais a horizontais em zonas transcorrentes, além de situar-se próximo às direções das fraturas X, efetuou-se sua localização no diagrama da figura 3, a partir de 90º do eixo Z, obtendo-se, assim, a direção de N40E/sub-horizontal. O eixo Y, com disposição teórica ortogonal aos eixos X e Z, apresentou a atitude de N45W/81. A cinemática de movimentação deste bloco pode ter basculado estes eixos.

POLARIDADE DO DESLOCAMENTO PRINCIPAL

A foliação milonítica a ultramilonítica, gerada por processos transcorrentes no Núcleo Betara, e associada à instalação do lineamento no embasamento do Grupo Açungui, não permitiu a recuperação de elementos cinemáticos na escala mesoscópica.

O estudo dos diversos sistemas de fraturas pela aplicação do Modelo de Riedel no Grupo Açungui, permitiu concluir por um movimento lateral direito ao longo da zona de cisalhamento Lancinha. No Núcleo Betara, no qual atuaram deformações dúcteis, este mesmo sentido de movimento foi recuperado no campo.

Esse deslocamento lateral direito já era reconhecido de forma consensual por BATOLLA JR. *et al.* (1977), PAIVA *et al.* (1977), SILVA *et al.* (1982), SADOWSKI (1983), BIONDI *et al.* (1983), entre outros. Trabalhos mais detalhados foram realizados a partir de FIORI *et al.* (1984), FIORI (1985 A, B, C, D), SOARES (1985, inédito; 1987), FASSBINDER (1990) e SADOWSKI (1991), e se constituiu no principal evento responsável pela estruturação do lineamento Lancinha no final do Pré-Cambriano Superior.

Diversos autores descreveram reativações laterais esquerdas de pequena intensidade (SCHÖLL, 1981; FIORI, 1985A; SOARES, 1985, 1987; MORITZ & FIORI, 1987; ZALÁN *et al.*, 1987; SADOWSKI, 1991; entre outros).

A atuação de esforços compressoriais atuais sobre a plataforma Sul Americana, a partir da subducção da placa do Pacífico na sua costa oeste, transmite tensões às linhas de fraquezas transcorrentes pré-cambrianas, resultando em esporádicos sismos de pequena intensidade (SADOWSKI, 1991).

CONCLUSÕES

O Modelo de Riedel aplica-se à zona de máximo cisalhamento e às estruturas secundárias geradas ao longo da zona de cisalhamento Lancinha no Estado do Paraná. Assim, no Grupo Açungui ocorrem fraturas Y(D) com direção média N60E; zonas de cisalhamento sintéticas, N85E; zonas de cisalhamento e/ou fraturas antitéticas, N20W; fraturas X, N15E; dobras escalonadas, N34E; e fraturas T, com direção previsional N57W, geradas em condições rúpteis de deformação. Os eixos do elipsóide de deformação apresentam direções N33E/sub-horizontal, L-W/subvertical e N57W/sub-horizontal, para os eixos X, Y e Z respectivamente.

No Núcleo Betara, onde atuaram deformações dúcteis, a direção de máximo cisalhamento (Y), apresenta direção N54E/70NW; zonas de cisalhamento sintéticas, N70E/86NW; zonas de cisalhamento antitéticas, N11E/78NW. Os eixos X, Y e Z do elipsóide de deformação apresentam direções N40E/sub-horizontais, N45W/81 e S49E/08, respectivamente.

A obtenção de direções idênticas para os eixos dos elipsóides de deformação do Grupo Açungui e Núcleo Betara, a partir de dados de origens distintas (fotointerpretação e dados de campo, respectivamente), permitiu concluir que as deformações verificadas nestes dois contextos geológicos, apesar de processadas em condições diferentes (rúptil no primeiro e dúctil no segundo caso) foram gerados por um mesmo mecanismo deformador, ou seja, por cisalhamento de alto ângulo, lateral direito, demonstrando tratar-se da mesma zona de cisalhamento (Lancinha).

A disposição das estruturas de Riedel no Grupo Açungui (ver figura 1) e o sentido de deslocamento de diversas zonas de cisalhamentos dúcteis e dúcteis-rúpteis no Núcleo Betara (ver figura 3), permitiram concluir que a fase de paroxisma do evento Lancinha sofreu deslocamento lateral direito.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido com auxílio da FAPESP, processos ns 86/1125-2 e GEO 86/3177-0. Os autores agradecem, ainda, o apoio recebido da MINEROPAR e dos integrantes do Convênio UFPR-MINEROPAR, além do Prof. Dr. Rômulo Machado e aos geólogos José Roberto Góis e José Henrique Godoi Ciguel (*in memoriam*) pelas discussões e incentivos recebidos, e ao Prof. Elimar Trein pelas minuciosas revisões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATOLLA JR, F.; SILVA CARVALHO, M. A.; COLANERI, S.; AGUIAR NETO, A. *Projeto Leste do Paraná*. Relatório final da Folha de Curitiba. São Paulo, convênio DNPM-BADEP-IGUFPr, v. 1, 1977, 250p.
- BIONDI, J. C.; SOARES, P. C.; CAVA, L. T. *Mapa geológico do Estado do Paraná*. Curitiba, MINEROPAR, 1983, escala 1:250.000.
- BOYER, S. E.; ELLIOTT, D. Thrust systems. *AAPG*, v. 66, p. 1196-1230, 1982.
- CAMPANHA, C. A. C. *O lineamento de Além Paraíba na área de Três Rios-RJ*. São Paulo, 1980. 109 p. (Mestrado em Geologia). Dissertação em Mestrado - Instituto de Geociências/USP). Universidade de São Paulo,
- _____. O lineamento de Além-Paraíba na área de Três Rios (RJ). *Rev.Bras.Geociências*, v. 11, n. 3, p. 159-171, 1981
- EMMONS, R. C. Strike-slip rupture patterns in sand models. *Tectonophysics*, v. 7, n. 1, p. 71-87, 1969.

- FASSBINDER, E. *Análise estrutural da Falha da Lancinha, Estado do Paraná*. São Paulo, 1990, Dissertação (Mestrado em Geologia) Instituto de Geociências/USP. Universidade de São Paulo, 165p.
- _____.; FUMAGALLI, C. E.; FIORI, A. P. Estudo preliminar sobre lineamentos tectônicos, intrusões e possíveis mineralizações associadas no Pré-Cambriano Paranaense. In: SIMPÓSIO SUL BRASILEIRO DE GEOLOGIA, (2,: 1985: Florianópolis), Atas. Florianópolis, SBG, 1985, p. 172-183.
- FIORI, A. P. A Falha da Lancinha no Pré-Cambriano Paranaense: reflexo de uma falha profunda? *Boletim Paranaense de Geociências* v. 36, p.01-14, 1985.
- _____. Avaliação preliminar do deslocamento dúctil das Falhas da Lancinha e de Morro Agudo no Estado do Paraná. *Boletim Paranaense de Geociências*, v. 36, p. 15-29, 1985 B.
- _____. Aplicação do modelo de cisalhamento simples na análise da deformação dúctil de alguns granitos Paranaenses. *Boletim Paranaense de Geociências*, v. 36, p. 31-40, 1985 C.
- _____. As Falhas da Lancinha e de Morro Agudo e estruturas secundárias associadas. In: SIMPÓSIO SUL BRASILEIRO DE GEOLOGIA, (2,: 1985: Florianópolis), Atas. Florianópolis, SBG, 1985 D, p. 146-158.
- _____. *Tectônica e estratigrafia do Grupo Açungui a norte de Curitiba*. São Paulo, 1990, Universidade de São Paulo, 261 p. Tese (Livre Docência) Instituto de Geociências/USP).
- _____.; CAMARGO, E. C.; MONASTIER, M. S.; et al. *Lineamentos tectônicos e possíveis mineralizações associadas no Pré-Cambriano Paranaense*. Curitiba, convênio UFPR-MINEROPAR, 1984, v. 1, 251 p. (anexo: mapas de lineamentos tectônicos do Pré-Cambriano Paranaense, escalas 1:500.000 e 1:250.000).
- _____.; TREIN, E.; CAMARGO, E. C.; et al. *Estudos geológicos do Pré-Cambriano Paranaense*. Curitiba, convênio UFPR-MINEROPAR, 1985, 192 p.
- FLEUTY, M. J. The description of folds. *Geol. Assoc. Proc.*, v. 75, n. 4, p. 461-489. 1964.
- HARDING, T. P. New Port Inglewood trend, Califórnia - An example of wrenching style of deformation. *AAPG Bull.*, v. 57, n. 1, p. 97-116, 1973.
- _____. Petroleum traps associated with wrench faults. *AAPG Bull.*, v. 58, n. 7 , p. 1290-1304, 1974.
- _____. Seismic characteristics and identification of negative flower structure, positive flower structure, and positive structural inversion. *AAPG Bull.*, v. 69, n. 4, p. 582-600, 1985.
- KOPS, P. T.; SPOLADORE, A.; FUMAGALLI, C. E. Lineamento Morro Agudo: zona de cisalhamento transpressiva dúctil-rúptil. In: SIMPÓSIO SUL BRASILEIRO DE GEOLOGIA, (5,: 1993: Curitiba). *Boletim de Resumos e Programa...* Curitiba, SBG, 1993, p. 22-23.
- LOWELL, J. D. Spitzbergen Tertiary Orogenic Belt and the Spitzbergen Fracture Zone. *GSA Bull.*, v. 83, p. 3091-3101, 1972.
- MACHADO, R.; ENDO, I. A megaestrutura em flor positiva do vale do Rio Paraíba do Sul no Rio de Janeiro e suas implicações tectônicas regionais. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA SUDESTE, (3,: 1993: Rio de Janeiro). *Boletim de Resumos...* Rio de Janeiro, SBG, 1993, p. 58.
- MATTAUER, M. La deformation des roches: de la microtectonique a la chaine de montagne. In: ALLÈGRE, C. J. & MATTAUER, M. ed. *Structure e Dynamique de la lithosphere*. Paris, Hermann, 1972, p. 199-264.
- MORITZ JR, A.; FIORI, A. P. Análise de seixos deformados da Formação Camarinha. In: SIMPÓSIO SUL BRASILEIRO DE GEOLOGIA, (3,: 1987: Curitiba). Atas. Curitiba, SBG v. 1, 1987, p. 107-122.
- NAYLOR, M. A.; MANDL, G.; SIJPE STEINJN, C. H. R. Fault geometries in basement - induced wrench faulting under different initial stress. *Jl. Struct. Geol.*, v. 8, n. 7, p. 737-752, 1986.
- ODONNE, F.; VIALON, P. Analogue models of folds above a wrench fault. *Tectonophysics*, v. 99, p. 31-46, 1983.
- PAIVA, I. P.; BATOLLA JR, F.; CARVALHO, M. A. S.; et al. *Projeto Leste do Paraná*. Relatório final da Folha de Apiaí. Convênio DNPM-BADEP-IGUFPr, v.1, 1977, 228p.
- RAMSAY, J. G.; HUBER, M. I. *The techniques of modern structural geology*. Vol II: Folds and fractures. Academic Press., 1987, 700p.
- SADOWSKI, G. R. *Sobre a geologia estrutural de cinturões de cisalhamento continentais*. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1983, 109p. Tese (Livre Docência) Instituto de Geociências/USP.

- _____. Estado de arte do tema: geologia estrutural de grandes falhamentos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, (33,: 1984: Rio de Janeiro). *Anais*. Rio de Janeiro, SBG, 1984, p. 1763-1793.
- _____. A megafalha de Cubatão no Sudeste Brasileiro. *Boletim IGc-USP*, Série Científica, v. 22, p. 15-28, 1991.
- SCHÖLL, W. U. Geologia do Grupo Açungui na Região a noroeste de Rio Branco do Sul(PR). In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, (1,: 1981: Curitiba). *Atas*. Curitiba, SBG v. 1, 1981. p. 170-184.
- SILVA, A. T. S. F. *Projeto de Integração e Detalhe Geológico no Vale do Ribeira*. 1982. Mapas geológicos, escala 1:100.000. Convênio CPRM-SUREG-SUL.
- SILVA, M. E. *Análise estrutural das faixas ectiníticas associadas ao Falhamento de Cubatão entre as regiões de Juquiá e Pedro Barros, Estado de São Paulo*. São Paulo, 1981. Universidade de São Paulo, 118 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) Instituto de Geociências/USP.
- _____.; SADOWSKI, G. R.; TROMPETTE, R. R. Modelo geométrico e cinemático para os falhamentos de idade Brasileira da faixa de dobramento Ribeira, Estado de São Paulo, Brasil. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE GEOLOGIA, (5.: 1982: Buenos Aires). *Anais*. tomo II, 1982, p.11-21.
- SOARES, P. C. *Seleção de prospectos no Estado do Paraná: avaliação estrutural*. Relatório parcial de consultoria n. 02, 1985. Rio Doce Geologia e Mineração S/A., Curitiba (Relatório Interno).
- _____. Sequências tecto-sedimentares e tectônica deformadora no centro-oeste do escudo Paranaense. In: SIMPÓSIO SUL BRASILEIRO DE GEOLOGIA, (3,: 1987: Curitiba), *Atas*. Curitiba, SBG v. 2, 1987, p. 743-772.
- SYLVESTER, A. G. Strike-slip faults. *Geological Society of America Bull.*, v. 100, p. 1666-1703. 1988.
- TCHALENKO, J. S.; AMBRASEYS, N. N. Structural analysis of the Dasht-e-Bayz (Iran) earthquake features. *Geol. Soc. Am. Bull.*, v. 81, p. 41-60, 1970.
- WILCOX, R. E.; HARDING, T. P.; SEELY, D. R. Basic wrench tectonics. *AAPG Bull.*, v. 57, p. 74-96. 1973
- WOODCOCK, N. H.; FISCHER, M. Strike-slip duplexes. *Jl. Struct. Geology*, v. 8, n. 7, p. 725-735, 1986.
- ZALÁN, P. V.; WOLFF, S.; CONCEIÇÃO, J. J.; *et al.* Tectônica e sedimentação da Bacia do Paraná. In: SIMPÓSIO SUL BRASILEIRO DE GEOLOGIA, (3 : 1987: Curitiba). *Atas*. Curitiba, SBG v. 1, 1987, p. 441-476.