



CONSIDERAÇÕES SOBRE EVENTOS TERMOCINEMÁTICOS ASSOCIADO AO SOERGUMENTO DE ÁREAS PRÉ CAMBRIANAS E A SUA RELAÇÃO COM A SUBSIDÊNCIA DA BACIA DO PARANÁ: TRAÇOS DE FISSÃO E PALEOTENSÕES

Luiz Felipe Brandini Ribeiro¹; Peter Christian Hackspacher²; Julio César Hadler Neto³ Ana Olívia Barufi Franco²; Sandro Guedes³; Carlos Alberto Tello Saenz⁴; Marli Carina Siqueira Ribeiro²;

Copyright 2005, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, 11-14 September 2005.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society. Ideas and concepts of the text are authors' responsibility and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

The Precambrian basement of Southeast Brazil along the northeast board of Paraná basin is characterized by many brittle reactivations of shear zones that developed during the end of the Brasiliano orogeny. This brittle activity occurred several times during the Phanerozoic, resulting in additional fault movements and uplift of the Pre-cambrian areas. To constrain the uplift (fission tracks) and paleostress phases of the Pre – cambrian areas, in the northeast Paraná basin margin, and establishment to relation with the subsidence events of the Paraná basin. The results of this study consists of two main domains, which record different episodes of uplift and reactivation of faults: The first domain is denominated Sorocaba, it is located near of the Paraná basin and consists of Neoproterozoic rocks and Paleozoic sedimentary units bounded by Campinas fault zone (NE), Jundiuvira fault zone (WNW) and Moreiras fault zone (NE); The second domain consists of Pre-cambrian rocks, Granites rocks and Tertiary sedimentary units, characterized by three principal faults Jundiuvira fault zone (EW), Camanducaia and Extrema fault zone (NE). This with many evidences of reactivation, where was recognized tectonic rocks as pseudotachylites cataclasites and fault gouges. Based on fission track data, it is associated uplift of basement rocks around the NE margin of the Paraná Basin in southeast Brazil was related to the tectonic subsidence and consequent deposition of the Paraná basin. The evolution of this basin seems to have been strongly influenced by compressive and extensional events as suggested by Millani (1997) that developed during the subduction of Panthalassan plate under the southwestern Gondwana margin (Ramos, 1988) These pulses are recorded as important unconformities in the stratigraphic framework of the Parana basin and the elucidation of the uplift and denudation histories of the basement shield is crucial to the understanding these tectonics effects.

Fission track studies (correct ages) indicate the correlation with significant events of cooling in 193Ma (Triassic); 126Ma (Early Cretacic); 89Ma (Late Cretacic)

and 69Ma (Late Cretacic). The thermal histories are indicate tectonic uplift 117 the Oligocene too.

Introdução

O estudo da tectônica rúptil no embasamento foi associado a soerguimentos e exumação, estes por sua vez relacionam –se aos ciclos tectono-sedimentares principais que afetaram a Bacia do Paraná: o Famatiniano (Ordoviciano a Devoniano) e Gondwânica (Carbonífero a Triássico), as orogenias Oclóyica e Pré-Cordilheirana e o ciclo Gondwânico incluindo as orogenias Chanica e Sanrafaélica (Milani e Ramos 1998). Estas orogenias constituíram soerguimentos de cadeias de montanha e consequente deposição de sedimentos na Bacia do Paraná. Assim foram classificadas por Milani (1997) seis unidades tectonoestratigráficas de ampla escala e limitadas por discordâncias inter-regionais denominadas de Supersequências no conceito de Vail *et al.* (1977) distribuídas de modo descontínuo entre os 450 Ma e os 65 Ma registrados na Bacia do Paraná. Estas supersequências são classificadas em “Rio Ivaí” , “Paraná” , Gondwana I , Gondwana II , Gondwana III e Bauru .

Neste artigo é analisado o quadro evolutivo ressurgente das falhas que bordejam a Bacia do Paraná através do reconhecimento de sua dinâmica pela determinação do campo de esforços atuantes nas regiões de Sorocaba e Bragança Paulista. Estes esforços foram responsáveis pela reativação de falhas, onde foram reconhecidos eventos de caráter episódico, gerando pseudotachylites e cataclasites. Estes “Tectônitos” mostraram através da análise da rugosidade dos clastos, uma origem através da fusão e uma origem ou reativação pela cominuição dos grãos (catáclase intensa). Estes resultados foram comparados com idades obtidas por traços de fissão em apatitas, obtendo registros da idade da atuação da tectônica (Tabela 1,2). Este trabalho mostra uma estreita relação entre a tectônica que reativou o cristalino e a subsidências registradas na Bacia do Paraná.

Arcabouço Geológico

A área de estudo insere-se na Província tectônica Mantiqueira setor central (Cordani *et al.* 2000). Situada no embasamento cristalino que inclui uma série de fragmentos crustais de diferentes idades e evolução tectônica, que formam parte da aglutinação neoproterozóica do supercontinente Gondwana. Durante o Fanerozóico o supercontinente Gondwana foi palco de orogenias que marcaram episódios de soerguimento, denudação e reativação de antigas zonas de cisalhamento, sendo estas, objeto de estudo deste trabalho (Fig. 1).

Metodologia

Para reconstruir o comportamento do embasamento frente à tectônica Fanerozóica e viabilizar a análise termotectônica dos vários conjuntos de falhas que compõem todo sistema de descontinuidades regionais procurou – se dividir a área em dois domínios morfoestruturais denominados: domínios Bragança Paulista e Sorocaba (Figura. 2). Procurou-se datar a tectônica rúptil e a distribuição de falhas, material de falha.

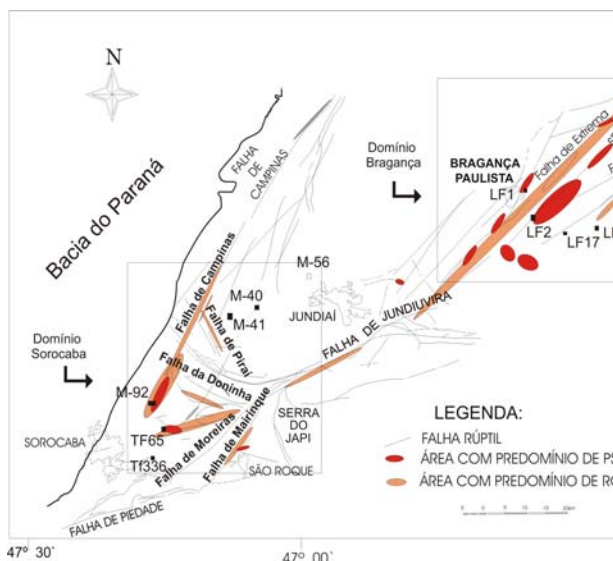


Figura – 1: Distribuição de falhas ao longo da borda nordeste da Bacia do Paraná. (compilado do Mapa Geológico do estado de São Paulo. Ao longo da zona de falha de Jundiuvira estão representados os 2 domínios analisados neste trabalho. Sorocaba e Bragança Paulista).

Método dos traços de fissão

Para registrar os episódios térmicos associados a soerguimentos e relacionados com os eventos tectônicos episódicos, foi utilizado o método de Análise de Traços de Fissão em Apatitas (ATFA).

A ATFA consiste na análise de traços de fissão registrada na apatita, o que reflete episódios de baixa temperatura, sendo útil no registro de reativação de falhas em áreas passivas (Hackspacher et al., 2004; Ribeiro et al., 2005a, b, c). O método baseia-se no fato de que minerais, contêm pequenas quantidades (ppm) de urânio como impureza. Dessa forma, o ²³⁸U, o isótopo mais abundante do urânio, decai por fissão espontânea em outros dois núclídeos com massa atômica média entre 95 e 135 (Fleisher et al., 1975), que viajam em direções opostas com altas energias (~100 MeV). No percurso, estes fragmentos de fissão interagem com os átomos da rede cristalina, dando origem a uma região ionizada. O alcance combinado destes fragmentos é o chamado traço latente. Os traços latentes são produzidos continuamente no mineral ao longo de sua história geológica, seguindo a lei de decaimento radioativo com uma constante de decaimento por fissão espontânea λ_f. A equação de idades deste método é:

$$(1) \quad t = \frac{1}{\lambda} \ln \left[g \frac{\rho_s}{\rho_i} \frac{\lambda R_U}{\theta_{238} \lambda_f} + 1 \right]$$

Onde ρ_s e ρ_i são as

densidades superficiais de traços de fissão espontânea e induzida, respectivamente; g é um fator de geometria; λ_f é a constante de desintegração por fissão espontânea do ²³⁸U; θ₂₃₈ é a concentração isotópica do ²³⁸U no urânio natural e R_U=∑ R_i (R_i é a fração de eventos de fissão por núcleo alvo de ⁱU). R é dado por:

$$(2) \quad R = \sum_i \theta_i \int_0^\infty \sigma_i(E) \phi(E) dE$$

Nesta equação, θ_i é a

concentração isotópica do ⁱU no urânio natural; σ_i(E) é a seção de choque da reação ⁱU(n,f), pela energia do nêutron, E; φ(E) é a fluência de nêutrons com energia E por unidade de energia. Na equação (1), os parâmetros λ_f e R_U são fundamentais para a determinação da idade. Neste trabalho, a determinação de R_U segue o método descrito em Bigazzi et al. (1995a, 1995b, 1995c) e Lunes et al. (2002). O valor de λ_f utilizado é λ_f = (8,37±0,17) x 10⁻¹⁷ a⁻¹ (Guedes et al., 2003a). Este valor foi determinado experimentalmente utilizando a técnica de dosimetria descrita em Lunes et al. (2002) e está de acordo com a recomendação da IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) (Holden & Hoffman, 2000).

Sabe-se que os traços de fissão são encurtados pela ação combinada de tempo e temperatura, que causa uma diminuição no nível de ionização do traço latente. A este fenômeno dá-se o nome de annealing. No caso da apatita, os traços são completamente apagados quando submetidos a temperaturas de ordem de 120 °C por períodos de tempo geológicos (Wagner & Van Den Haute, 1992). Neste trabalho foram utilizados o método da População e o Método do Detector Externo ou EDM (Wagner & Van Den Haute, 1992). No Método da População, a amostra é dividida em duas alíquotas. Uma delas é aquecida para apagar os traços fósseis e irradiada com nêutrons térmicos em um reator nuclear. Então, as duas alíquotas são montadas em resina epóxi e polidas. Por fim, as amostras são atacadas quimicamente para que os traços se tornem visíveis ao microscópio óptico comum. A densidade de traços de fissão espontânea, ρ_s, é medida na alíquota não-irradiada e a densidade de traços de fissão induzida, ρ_i, na alíquota irradiada. Neste caso, o fator de geometria g é igual a 1, pois a geometria de contagem é a mesma nos dois casos (4π). É utilizada em amostras provenientes de rochas cristalinas (Wagner & Van Den Haute, 1992). No método do detector externo (MDE), uma única alíquota de apatita é necessária. Os grãos são montados em resina epóxi, polidos e atacados quimicamente para revelar os traços fósseis. Um detector externo (placa de muscovita), é acoplado à montagem com os grãos e o conjunto é irradiado com nêutrons térmicos. A modelagem das histórias térmicas foi realizada utilizando-se o programa Tha® (Thermal History Analysis) (Hadler Neto et al., 2001). O modelo utilizado neste programa é chamado “fanning Arrhenius” (Laslett et al., 1987) ajustado para os dados de redução de traços de Tello (1998). A busca de histórias térmicas é

feita

tensor de máxima compressão (σ_1) ou de extensão máxima (σ_3) (Figura – 3).

Domínios	Amostras	Tipo de Rocha	Evento Tectônico	Direção do Paleotensor σ_1	Índice de rugosidade**	ρ_s/ρ_l	Idade de Traço de fissão (Ma)
Domínio Bragança Paulista	LF -1	Pseudotaquilito Ultracataclasito	1º evento	$\sigma_1 = N/S$	0,9	2,66	207±44 Jurássico
	LF - 02	Pseudotaquilito Ultracataclasito Quartzo Azul	1º evento	$\sigma_1 = N/S$	0,7	2,85	180±36 Jurássico
	LF - 17 a	Pseudotaquilito, Quartzo Azul	1º evento	$\sigma_1 = NE/ vertical$	0,6	1,86	148±26 Jurássico
	LF -18	Cataclasito e Quartzo azul	1º evento	$\sigma_1 = NS e vertical$	0,6	2,73	205±52 Jurássico
	LF - 16	Ultracataclasito	2º evento	$\sigma_1 = NE$	0,5	1,35	103±20 Cretáceo Inferior
	LF -17	7467706,400124 1020m		3º evento	$\sigma_1 = NE$	0,4	1,46
Domínio Sorocaba	M - 92	Pseudotaquilito, Cataclasito	1º evento	$\sigma_1 = N/S$	0,6	2,72	193±19 Jurássico
	M - 41	Cataclasito	2º evento	$\sigma_1 = NE$	0,4	2,20	142±18 Cretáceo Inferior
	M - 56	Cataclasito	2º evento	$\sigma_1 = NE$	0,5	1,64	124±12 Cretáceo Inferior
	M- 40	Cataclasito	2º evento	$\sigma_1 = NE/ vertical$	0,3	1,21	114±14 Cretáceo Inferior
	TF - 65	Próximo a cataclasito	3º evento	$\sigma_1 = NE/ vertical$	0,3	^x 1,44	88±13 Cretáceo Superior
	TF - 336	Próximo a cataclasito	3º evento	$\sigma_1 = NE/ vertical$	0,3	^x 1,14	70±14 Cretáceo Superior

através de simulações de Monte Carlo. Caixas são delimitadas no espaço tempo (t)-temperatura (T) acordo com as características geológicas e geomorfológicas da área.

Tabela 1: Aspectos estruturais e geocronológicos das amostras analisadas nos Domínios Bragança Paulista e Sorocaba. ρ_s/ρ_l densidade média dos traços fósseis e induzidos (método da população)

^xdensidade média dos traços fósseis e da mica (método do detector externo)

* idade aparente utilizando calibração zeta e filmes finos de urânio

** Índice de rugosidade dos clastos presentes em rochas de falha.

Paleotensões

O método utilizado consiste na determinação dos principais eixos de tensão $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ (sendo $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$) e a tensão diferencial, $\phi = (\sigma_2 - \sigma_3)/(\sigma_1 - \sigma_3)$, utilizando o rumo do plano de falha, a atitude da estria e o seu sentido de movimento, como proposto por ANGELIER (1994). A análise cinemática de paleotensões foi realizada com os programas DAISY 3.0 (SALVINI, 1999) que utiliza o método dos diedros retos (ANGELIER & MECHLER, 1977) e tem o objetivo principal de caracterizar os regimes de esforços vigentes na geração das respectivas feições, este método possui a característica de fazer sua representação em áreas de probabilidade de conter o

Análise de rochas de Falha

O estudo da tectônica rúptil vem encontrando cada vez mais suporte na classificação das falhas. Segundo o material de falha encontrado na área, este possui grande quantidade de pseudotaquilitos e cataclasitos e são considerados como evidência de antigos eventos sísmicos gerados por fusão local da rocha ou por catáclase intensa a diversas profundidades (Lin 1999; Ribeiro et al. 2005). Foram examinados texturalmente os clastos derivados das rochas de falha para uma possível aplicação como indicador de fraturamento ou de fusão friccional. Esta metodologia foi proposta por Lin (1999) denominada de índice de rugosidade (Rd) dos clastos e parte do princípio de que a forma das partículas sólidas ou clastos age como um indicador do processo de transporte utilizando a equação:

$$Rd = \sum(r_i/R)/n$$

(1)

Onde:

r_i é o raio do círculo inscrito da curvatura do ressalto; R é o raio máximo inscrito no plano de medida; n é o número de ressaltos em cada plano do clasto.

O valor máximo da rugosidade é de 1.5. Resultados >0.45 são consideradas rochas originadas por fusão friccional local (alta temperatura e pressão), resultados < 0.45 são consideradas rochas originadas por catáclase intensa (baixa temperatura e alta pressão).

Eventos Termocinemáticos

De acordo com o resultados obtidos foi possível registrar nos dois domínios eventos estruturais e tectônicos denominados aqui de termocinemáticos, com extrema associação com soerguimentos na região do cristalino e correspondentes com a subsidência da Bacia.

a) Domínio Bragança Paulista

Este está localizado entre os municípios de Atibaia, Piracaia e Bragança Paulista (Fig. 3) sendo cortado pelas falhas de Extrema e Camanducaia (com direção NE), possuem brechas e microbrechas com pseudotaquilito associado. Estes definem três eventos sismotectônicos definidos pela sua análise estrutural.

Primeiro evento (Jurássico)

Este evento, bem marcado na área, é caracterizado por uma associação de pseudotaquilitos, cataclasitos e quartzo azul (Ribeiro et al., (2005a, b, c), constituindo uma textura singular de veios de injeção anastomosados centimétricos com bolsões de rocha fundida. Seu índice de rugosidade está entre 0.6 e 0.9, mostrando origem por altas temperaturas (fusão) e altas deformações, portanto estas falhas foram formadas a altas profundidades. As falhas que suportam este evento possuem direções NE e NNE, com paleotensões obedecendo às direções $\sigma_1=NS$ a NE; $\sigma_2=$ vertical; $\sigma_3=EW$ a NW, (Fig. 1, tab.1). Indicativo do regime de tensão associada ao término da aglutinação de placas ao Gondwana sul – ocidental, sendo relacionada aos efeitos deformacionais tardios devido ao choque da placa da patagônia (Ramos 1988, Milani 1997). Na bacia do Paraná amplos soerguimentos ocorreram após a deposição da supersequência Gondwana II no sul do país. Este evento foi registrado por Poupeau *et al.* (1985) no escudo Rio Grandense, a partir do estudo dos traços de fissão, obtendo idades em torno de 216 ± 118 Ma. Mais recentemente Borba *et al.* (2002) encontrou idades variando de 243 – 293Ma para os granitos Caçapava do sul também no Rio Grande do Sul.

Segundo evento (Cretáceo Inferior)

Os pseudotaquilitos deste evento tectônico possuem forma de pequenos veios negros e ocorrem associados a cataclasitos coesivos, aparecendo na matriz e com a presença de muitos clastos de feldspato potássico, possui índice de rugosidade entre (0.4 - 0.5), mostrando uma origem mista ora por catáclases intensa (alta deformação), ora por fusão friccional, indicando profundidades intermediárias menores do que 4Km. As maiorias destes tipos de pseudotaquilitos ocorrem na interseção das falhas de Camanducaia e Extrema possui cor clara (acinzentado), está contida em falhas que com direções NS e NNE constituídas por falhas transcorrentes destrais e normais, e com indicadores cinemáticos com direções $\sigma_1=NE$; $\sigma_2=$ vertical; $\sigma_3=NW$ e $\sigma_1=$ vertical; $\sigma_2= NE$; $\sigma_3=NW$ (Fig.2).

Terceiro evento (Cretáceo Superior)

Este evento está relacionado com o magmatismo Serra Geral e o soerguimento do cristalino durante está época que serviu de área fonte para a deposição da Supersequência Bauru. Suas falhas possuem direções NE e EW constituídas por falhas transcorrentes destrais e normais, e com

indicadores cinemáticos com direções $\sigma_1=NE$; $\sigma_2=$ vertical; $\sigma_3=NW$ (Fig. 2 -Tab. 2). As rochas de falha constituem de cataclasitos coesivos foliados e brechas com matriz grosseira. Suas idades resultaram um evento durante o Cretáceo Superior (~79Ma).

b) Domínio Sorocaba

Este domínio é cortado pelas falhas de Jundiuvira, Doninha, Campinas e Moreiras e localiza – se entre os municípios de Sorocaba, São Roque e Itu (Fig. 2). Neste domínio foram registrados três eventos sismotectônicos rúpteis caracterizados por um conjunto específico de rochas, São eles:

Primeiro evento (Jurássico)

Nas amostras coletadas próximas as zonas de falha de Moreiras e Campinas (com direções NE) (Fig. 2), foram encontradas brechas com presença de pseudotaquilitos em veios e bolsões, formando uma rede anastomosada de falhas preenchidas pelo pseudotaquilito. Sua análise textural e índice de rugosidade ($R>0.6$) indicam formação em altas temperaturas e em altas profundidades (Tab. 2). As falhas, em sua maioria, que suportam este evento possuem direções NE, com movimento sinistral e tensores com direções $\sigma_1=NS$; $\sigma_2=$ vertical; $\sigma_3=EW$ (Fig. 2)

Segundo evento (Cretáceo Inferior)

Este evento bem marcante na área está registrado em brechas próximo as falhas de Jundiuvira e Doninha (com direções EW e NW), a presença de pseudotaquilitos nestas falhas é rara, porém foi possível realizar a análise de texturas, estruturas e o índice de rugosidade ≥ 0.5 mostram uma origem mista entre elevada deformação e alta/média temperatura. As falhas que suportam este evento possuem direções EW constituídas por falhas transcorrentes sinistrais e NW normais e sinistrais, é caracterizado por alinhamentos de drenagem e relevo (cristas), e indicadores cinemáticos obedecendo às direções $\sigma_1=$ vertical; $\sigma_2=NNE$; $\sigma_3=NW$ (Fig. 2). As idades ATFA em amostras coletado próximo a estas falhas resultaram em idades em torno de 124-(12 Ma) (Fig. 2 – Tab 1).

Terceiro evento (Cretáceo Superior)

Este evento, também marcante neste domínio, é caracterizado por brechas próximo as falhas de Mairinque e Doninha (com direções EW e NW) (Fig. 1) Sua análise estrutural e textural permitiram reconhecer que a brecha sofreu diminuição de sua matriz com diminuição geral do clasto e um aumento relativo de sua rugosidade. Este processo refletiu, segundo Ribeiro *et al.* (2005 b, c), um importante aumento nas catáclases ocorridas a baixas profundidades. As falhas que suportam este evento possuem direções EW constituídas por falhas transcorrentes sinistrais e NW normais e sinistrais, com indicadores cinemáticos obedecendo às direções $\sigma_1=NE$; $\sigma_2=$ vertical; $\sigma_3=NW$ e $\sigma_1=$ vertical; $\sigma_2=NW$; $\sigma_3=NE$ (Tab. 2), correlatas aos eventos tectônicos extensionais que formaram a Serra do Mar e como proposto por Tello *et al.* (2003).

sobre 12 amostras distribuídas em duas áreas chaves, possibilitaram uma correlação com os eventos

corroborando com o proposto por Molina e Ussami (1999) que o primeiro magmatismo básico se alojou através de regime extensional (Tab. 1 e 2). No Cretáceo Superior

Período	Eventos de escala continental	Bacia do Paraná		Embasamento		Histórias Térmicas
		Supersequências Tectono – sedimentares de Milani (1997)	Regimes Tectônicos	Regimes Tectônicos	Características Geológicas	
Ts	Soerguimento associado a dinâmica Andina		Soerguimento Litosférico (Lima, 2000)	Transcorrência dextral	Evidências no relevo e drenagem	Esfriamento Nos dois domínios
Ti	Soerguimento Plataformal (Eoceno – Oligoceno)			Extensão NNW - SSE		Esfriamento rápido Nos dois Domínios
Ks	Magmatismo alcalino Formação da Serra do Mar	Bauru	Subsidência	Soerguimento Extensional	Ciclo erosional Sul Americano Formação de brechas e cataclasitos	Aquecimento nos dois Domínios
Ki	Ruptura do Gondwana Formação da Serra da Mantiqueira	Gondwana III	Subsidência	Soerguimento Extensional	Reativação dos pseudotaquilitos	Aquecimento no Domínio Bragança e esfriamento no Domínio Sorocaba
Js	Magmatismo básico		Soerguimento		Ciclo erosional Gondwânico	Aquecimento nos dois Domínios
Ji	Soerguimento dômico		Soerguimento		Formação dos pseudotaquilitos e Alçamento do Arco de Ponta Grossa	Aquecimento nos dois Domínios
Trs		Gondwana II	Subsidência	Soerguimento Transpressão	Formação da Serra do Japi	
Tri	Orogenia LaVentana		Soerguimento			
P	Fim das Orogenias Chanica e Sanrafaélica	Gondwana I	Subsidência?			

termocinmáticos de larga escala que afetaram o Gondwana sul ocidental, em tempos Meso-Cenozóicos. Após a aglutinação do

Tabela – 2: Resumo dos principais eventos tectônicos ocorridos no Cristalino e a sua relação com os eventos tectono-sedimentares na Bacia do Paraná.

CONCLUSÕES

Os resultados preliminares obtidos na associação de métodos estruturais com a análise de traços de fissão Gondwana Sul - Ocidental já durante o Triássico/Jurássico, estas zonas de cisalhamento são reativadas sob a forma de falhas rúpteis, através de grandes sismos que geraram os pseudotaquilitos (Tab. 1). Principalmente nas falhas de Extrema, Camanduaca no domínio Bragança Paulista, e Jundiuvira, Moreiras, Doninha e Campinas no domínio Sorocaba. Estas reativações ocorreram em níveis crustais distintos, sendo sempre relacionadas a episódios de soerguimento rápido e associadas a grandes eventos denudacionais. É interessante destacar que as falhas paralelas a Bacia do Paraná sofreram sucessivas reativações no Triássico. No Jurássico o intenso soerguimento, aonde iria se formar o rift precursor que culminaria com a abertura continental reativou falhas no cristalino em regime extensional, como atesta as inúmeras falhas normais encontradas,

temos no cristalino um aumento do regime de extensional, registrado nos inúmeros cataclasitos e brechas nas falhas paralelas a Bacia, como na falha de Campinas (Fig. 1) onde existem muitas feições morfotectônica indicativas da atuação de falhas que controlam o rio Tietê (Tab. 2). Cabe destacar que durante o Terciário um intenso soerguimento afetou toda a plataforma. Estes eventos reativaram as falhas com direções NE, NS e verticais, sendo que as falhas com direção EW e NW são menos expressivas, possibilitando levantar à hipótese de que as falhas NE e NS são mais antigas e possuem extrema importância na geração e deformação da Bacia do Paraná, corroborando com diversos autores (Soares 1991, Riccomini 1995, Rostirolla 2000 entre outros). A comparação da intensa atividade recorrente durante o Meso-Cenozóico no cristalino com os episódios tectono – sedimentares já registrados na Bacia (Milani 1997) permitiram definir que há uma estreita correlação entre a tectônica ressurgente das falhas no cristalino e a sua continuidade na Bacia do Paraná, controlando muitas seqüências tectonodepositivas reconhecidas e estudadas por (Soares 1991 e Milani, 1997).

Agradecimentos

Ao suporte financeiro para as atividades de campo da FAPESP (processo 00/03960-5) e CNPq

(processo 464175/00-0). A maestranda Marli Carina Siqueira Ribeiro pela diagramação.

Referências Bibliográficas

- Almeida, F.F.M. de.; Neves, B.B. de B.; Carneiro, C.D.R. 2000. The origin and Evolution of the South American platform. *Earth Sciences Reviews*, 50, 77 –111.
- Angelier, J. & Mechler, P. 1977. Sur une méthode graphique de recherche des contraintes principales également utilisable en tectonique et en séismologie: la méthode des dièdres droits. *Bull. Soc. Geol. France*, 7, 1309 – 1318.
- Bigazzi, G., Guedes, S., Hadler N., J.C., Lunes, P.J., Paluo, S.R. & Tello S., C. A . 2000. Application of neutron dosimetry by natural uranium and thorium thin films in fission tracks dating. In: *9th International Conference on fission track dating and thermochronology*. :Lorne Australia, *Annals*: 33 – 35.
- Gallagher, K.; Brown, R.W.; Johnson, C.J. 1998. Geological Applications of fission track analysis. *Annual reviews of Earth and Planetary Science*, 22: 519-572.
- Green, P.F. 1981. A new look at statistics in fission track dating. *Nuclear Tracks and Radiation Measurements* 5: 77 – 86.
- Hackspacher, P.C., Ribeiro, L.F.B.; Ribeiro, M.C.S.; Fetter, A.; Hadler Neto, J.C.; Tello, C.E.S; Dantas, E.L., 2003a. Consolidation and Break –Up of the South American Platform in Southeastern Brazil: Tectonothermal and Denudation Histories, *Gondwana Research*. 19, 45 -50.
- Hadler, N.J.C.; Lunes, P.J.; Paulo, S.R. & Tello, C.A.S. 2000. The study of apatite fission track annealing: experimental measurements of density and length in basal and randomly oriented faces. In: *9th International Conference on fission track dating and thermochronology*. : Lorne Australia, *Annals*:143-145.
- Laslett, G.M.; Green, P.F.; Duddy, I.R.; Gleadow, A.J.W. 1987. Thermal annealing of fission track in apatite, 2: a quantitative analysis, *Chemical Geology*. (Inst. Geosc. Sect.), 65: 1-13.
- Lin, A. 1999. Roundness of clast in pseudotachylytes and cataclastic rocks as an indicator of frictional melting. *Journal of Structural Geology*, 21: 473 – 478.
- Lutz, T.M. & Omar, G. 1991. An inverse method of modeling thermal histories from apatite fission track data. *Earth and Planetary Science Letters*, 104: 181-195.
- Milani, E.J. 1997. *Evolução Tectono – Estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica Fanerozóica do Gondwana Sul – Ocidental*.Inst. Geociências. UFRGS. Tese de Doutorado, vol. 2 (texto), 255p.
- Milani, E.J. & Ramos, V.A. 1998. Orogenias paleozóicas no domínio sul – ocidental do Gondwana e os ciclos de subsidência da Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, 28 (4): 473 – 484.
- Philpotts, A.R. 1964. Origin of pseudotachylytes. *American Journal of Sciences*, 259: 542 –550.
- Poupeau, G.; Soliani Jr., E.; Kawashita, K.; Baitelli, R.; Berbert, M.; César, M.F. 1985. Um perfil Geocronológico (K/Ar – Traço de fissão) leste – oeste no escudo Sul – Rio Grandense. In: *Simpósio Sul – Brasileiro de Geologia*, 2, Florianópolis, 1985, *Anais...* Florianópolis, SBG: 308 – 321.
- Ramos, V.A. 1988. Late Proterozoic – Early Paleozoic of South America: A collisional history. *Episodes*, Ottawa, v.11, n^o 3: 168 – 174.
- Ribeiro, L.F.B. 2003. Morfotectônica da Região Centro Leste do Estado de São Paulo e Adjacências de Minas Gerais: Termocronologia e Paleotensões. *IGCE – UNESP, Tese de Doutorado, 180p.*
- Ribeiro, L.F.B.; Hackspacher, P.C.; Ribeiro, M.C.S.; Hadler Neto, J.C.; S. Tello, C.A.; Lunes, P.J.; Franco, A.B.; Godoy, D.F. 2005. Thermotectonic and fault dynamic analysis of precambrian basement and tectonic constraints within the Parana basin. *Radiation Measurements*. In press. (Disponível na Internet)
- Ribeiro, L.F.B.; Hackspacher, P.C.; Hadler Neto, J.C Saenz, C.A.T.; Lunes, P.J.; e Paulo, S.R. 2005b. Reativação rúptil episódica associada a eventos térmicos de curta duração: análise microestrutural e traços de fissão em apatitas, X SNET, Curitiba PR.
- Ribeiro, L.F.B.; Saenz, C.A.T.; Lunes, P.J.; Hackspacher, P.C.; Hadler Neto, J.C. e Paulo, S.R. 2005c. Phanerozoic brittle tectonics in the South American continental platform, southeast Brazil: new insights from fission track studies on apatite in reactivated fault zones. *Revista Brasileira de Geociências*. No prelo.
- Riccomini, C. 1995. *Tectonismo gerador e deformador dos depósitos sedimentares pós – gondwânicos da porção centro – oriental do estado de São Paulo e áreas vizinhas*. Inst. Geociências, Universidade de São Paulo. Tese de Livre Docência. 100p.
- Rostirolla, S.P.; Assine, M.L.; Fernandes, L. A .; Artur, P.C. 2000. Reativação de paleolimentos durante a evolução da bacia do Paraná – o exemplo do alto estrutural de Quatingá. *Revista Brasileira de Geociências*: 639 – 648 .
- Tello, C.A.S.; Hackspacher, P.C.; Hadler Neto, J.C.; Lunes, P.J.Guedes, S.; Ribeiro, L.F.B.; Paulo, S.R. 2003. Recognition of Cretaceous, Paleocene and Neogene tectonic reactivation through apatite fission track analysis in Precambrian areas of southeast Brazil: association with the opening of the south Atlantic Ocean. *Journal of South American Earth Sciences*, 15: 765 – 774.
- Vail, L.P.R.; Mitchum, R.M.; Thompson, S. 1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea level, part 3: relative changes of sea level from coastal on lap. IN: Payton, C.E (ed.) *Seismic stratigraphy – applications to hydrocarbon exploration*. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists