



MODIFICAÇÕES MINERALÓGICAS E QUÍMICAS DE METABASITOS EM ZONAS DE CISALHAMENTO DAS REGIÕES DE ADRIANÓPOLIS E CAMPO LARGO/PR

V. Maniesi¹ & M.A.F. Oliveira²

¹Bolsista de Pós-doutorado da FAPESP, IG-USP/IGCE-UNESP, Av. 24A, 1515, Caixa Postal 178, CEP 13500-970, Rio Claro, SP

²Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP, Av. 24A, 1515, Caixa Postal 178, CEP 13500-970, Rio Claro, SP

Recebido em 02/99; aprovado para publicação em 10/2000

ABSTRACT

The studied metabasite rocks are interstratified in Açungui Group (Adrianópolis region) and Setuva Group (Campo Largo region) Proterozoic metasediments, in southern Brazil.

The metabasites were affected by deformation along shear zones, post regional metamorphism, related to an oblique tectonic with a small vertical component, and they gave place to mylonitic schists. Geochemical and petrographic evidences indicate that hydrothermal fluids have percolated along the shear zones, causing a retrograde metamorphism in equilibrium with conditions of the greenschist facies, biotite zone.

In order to test the chemical element mobility during this metamorphic recrystallization, we applied the isocon method of Grant (1986). Mylonitic schists derived from the Açungui Group (Adrianópolis region) metabasites are notably enriched in H_2O , CO_2 , B^{+++} , K^+ and Na^{++} , with a calculated volume increase of around 12%, due mainly to Na, K, Ca input. For the mylonitic schists in the Setuva Group (Campo Largo region), the fluid percolation has caused a H_2O , CO_2 , B^{+++} and K^+ increase, with an estimated volume decrease of 11%, due mainly to Si, Ca and Mg loss.

RESUMO

Zonas de cisalhamento, posteriores à deformação e metamorfismo regional, com espessuras inferiores a dois metros, são identificadas nos metabasitos das regiões de Adrianópolis (Grupo Açungui) e Campo Largo (Grupo Setuva). Apresentam rochas miloníticas associadas e foram originadas por uma tectônica oblíqua, com pequeno componente vertical, para o caso dos metabasitos de Campo Largo. Concomitante à deformação, houve percolação de fluidos hidrotermais que reequilibraram os minerais preexistentes em condições metamórficas compatíveis com a fácies xisto verde, zona da biotita.

Através do método da isocon de Grant (1986), foi constatado que, durante o cisalhamento, houve mobilidade de alguns elementos químicos. O carbonato-clorita xisto milonítico de Adrianópolis mostra evidências de percolação de fluidos ricos, principalmente, em H_2O , CO_2 , B^{+++} , K^+ e Na^{++} , que ocasionaram um aumento de 12% em volume, em função de ganhos, principalmente, de sódio, potássio e cálcio. No caso do carbonato-quartzo-biotita-clorita xisto milonítico de Campo Largo, as evidências indicam que os fluidos percolantes foram ricos em H_2O , CO_2 , B^{+++} e K^+ , causando a diminuição de 11% em volume, pela perda para o sistema, principalmente, de sílica, cálcio e magnésio.

INTRODUÇÃO

No Pré-Cambriano paraense e no sul do Estado de São Paulo, ocorrem zonas de cisalhamento de natureza diversa, posteriores ao metamorfismo regional, que, muitas vezes, configuram grandes lineamentos, influenciando a sua compartimentação estrutural e litológica (e.g. Fiori, 1990; Campanha, 1991).

Nos metabasitos das regiões de Adrianópolis (Grupo Açungui) e Campo Largo (Grupo Setuva), são identificadas zonas de cisalhamento, em escala de

afloramento, causando modificações na textura, mineralogia e quimismo no metabasito hospedeiro, dando origem a rochas miloníticas. São metabasitos ortoderivados, com assinatura geoquímica dos basaltos de fundo oceânico, e estão afetados pelo metamorfismo regional, alcançando o pico metamórfico de 530°C, em Adrianópolis, e 510°C, em Campo Largo (Maniesi, 1997).

O presente trabalho trata do estudo das rochas relacionadas a zonas de cisalhamento desses metabasitos, no que diz respeito a petrografia e quimismo,

objetivando a avaliação do mecanismo de alteração química, com o cálculo de balanço de massa e o teste da mobilidade de elementos químicos, utilizando-se do método da *isocon* de Grant (1986).

OS METABASITOS

As regiões de Adrianópolis e Campo Largo localizam-se na porção nordeste do Estado do Paraná (Fig. 1) e dispõem-se na Faixa de Dobramentos Apiaí de Hasui *et al.* (1975) e Hasui *et al.* (1980).

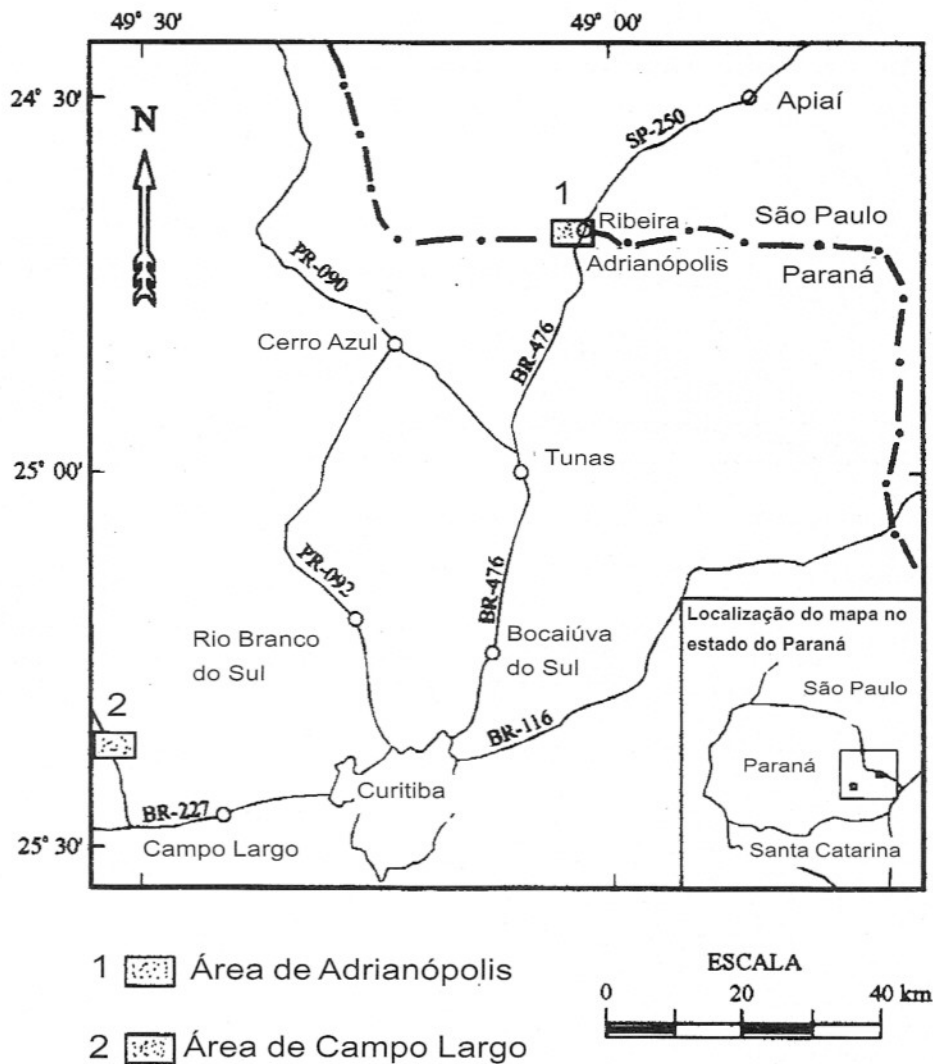


Figura 1 - Mapa de localização das áreas estudadas.

Tratam-se de metabasitos ortoderivados, possivelmente de caráter intrusivo, e fazem parte da história da evolução geológica, respectivamente, das bacias Açungui e Setuva, em tempos proterozóicos.

A região de Adrianópolis apresenta metabasitos alojados em metassedimentos proterozóicos do Grupo Açungui, membros Superior e Intermediário da Formação Açungui III de JICA/MMA, 1982 (Fig. 2). Estão alongados segundo a direção geral EW e NE-SW, com área afloran-

te de aproximadamente 3 km² e espessura em planta que varia de 100 a 500 metros. Exibem contato litológico concordante e brusco, com mármore calcítico e cálcio xistos, em sua porção norte, e tectônico, com a Falha Quarenta Oitava, em sua porção sudoeste, bem como mica xistos, em contato litológico, a sudeste. O maior gradiente metamórfico dos metabasitos de Adrianópolis alcançou a zona da hornblenda, subzona do oligoclásio (575°C e 4 a 6 Kbar), com a associação hornblenda +

oligoclásio ± andesina ± grana-da + quartzo (Maniesi, 1997). Mostram composições semelhantes às dos basaltos enriquecidos de cadeia mesoceânica, tendendo para basaltos de ilha oceânica (Fig. 3A). Suas rochas precursoras possuíam destacadas afinidades toleíticas (Fig. 4) e devem ter sido submetidas a pouca a moderada influência da cristalização fracionada na geração de seus protólitos ígneos originais (mg# = 0,35 a 0,56) (Maniesi, 1997; Maniesi & Oliveira, 1998).

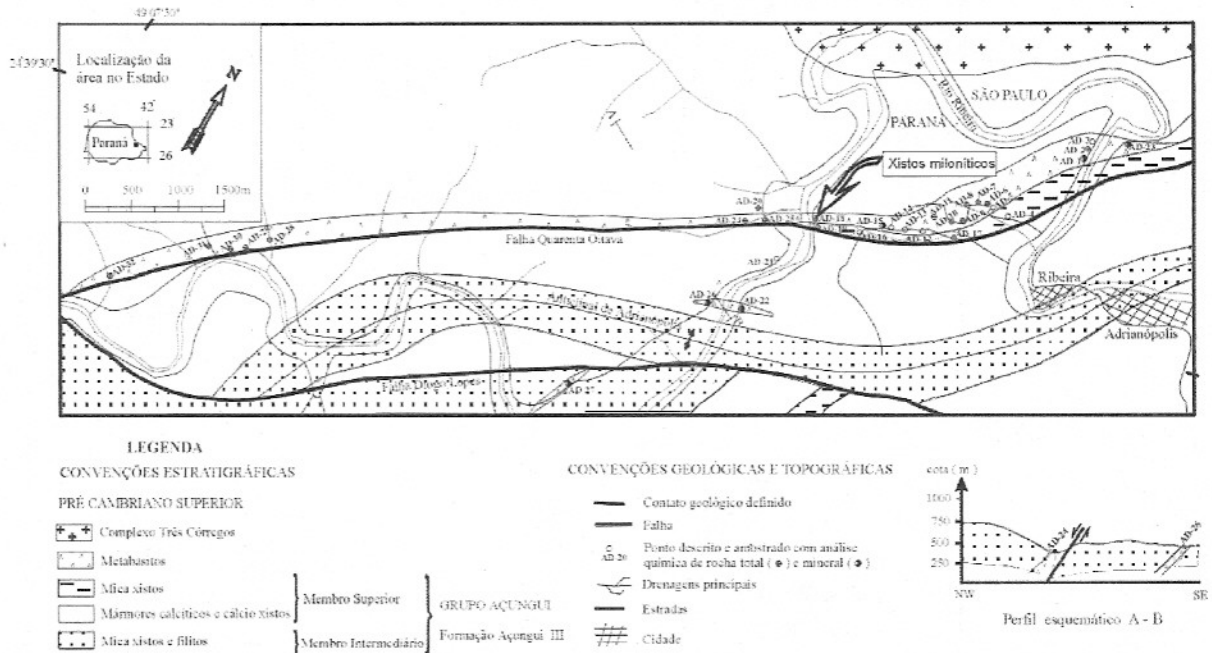


Figura 2 – Mapa geológico da região de Adrianópolis (modificado de JICA/MMAJ, 1982; MINEROPAR, 1986).

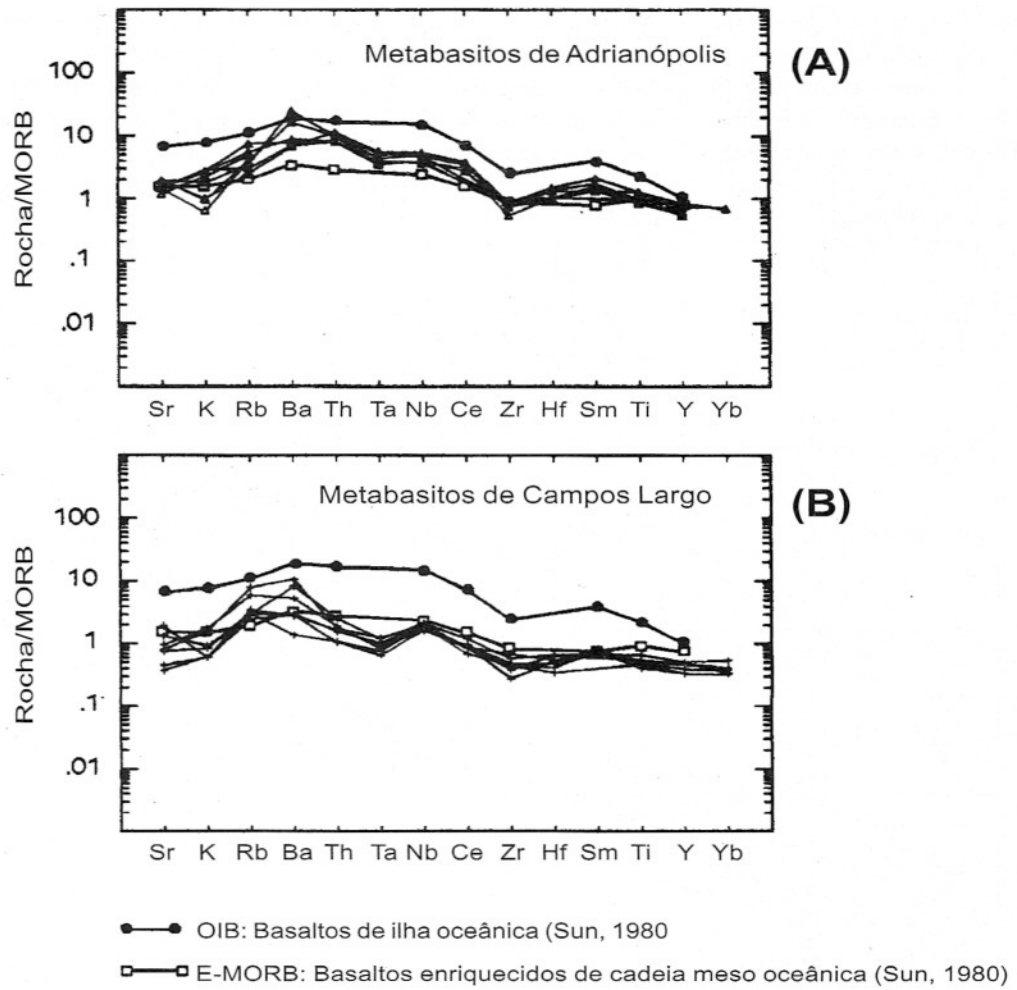


Figura 3 – Padrões de distribuição dos elementos incompatíveis, normalizados pelo N-MORB de Pearce (1983), para os metabasitos de Adrianópolis (A) e Campo Largo (B) (Maniesi, 1997).

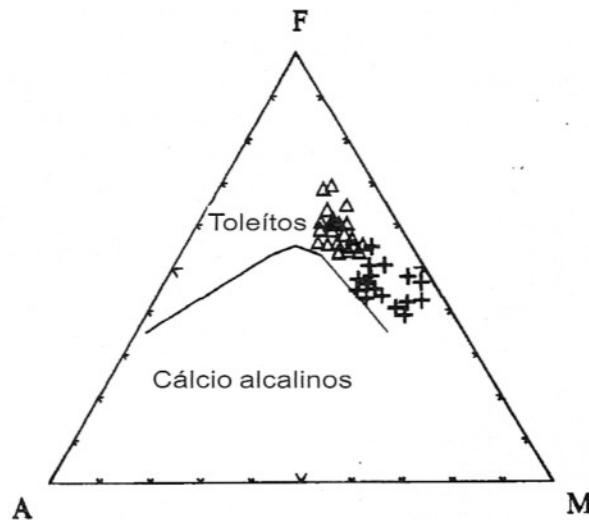


Figura 4 – Diagrama AFM (A = Na₂O + K₂O; F = FeO; M = MgO), de Irvine & Baragar (1971), para os metabasitos de Adrianópolis (triângulos) e Campo Largo (cruzes).

Os metabasitos da região de Campo Largo afloram em duas porções, configurando faixas alongadas, segundo a direção geral NE/SW, com uma área de

pouco mais de 4 km² (Fig. 5). Encontram-se em contato litológico com metassedimentos da Formação Água Clara, exceto a sudeste da porção mai-

or, onde apresentam contato tectônico pela Falha da Boa Vista (Fiori, 1987), com rochas pertencentes à Formação Votuverava.

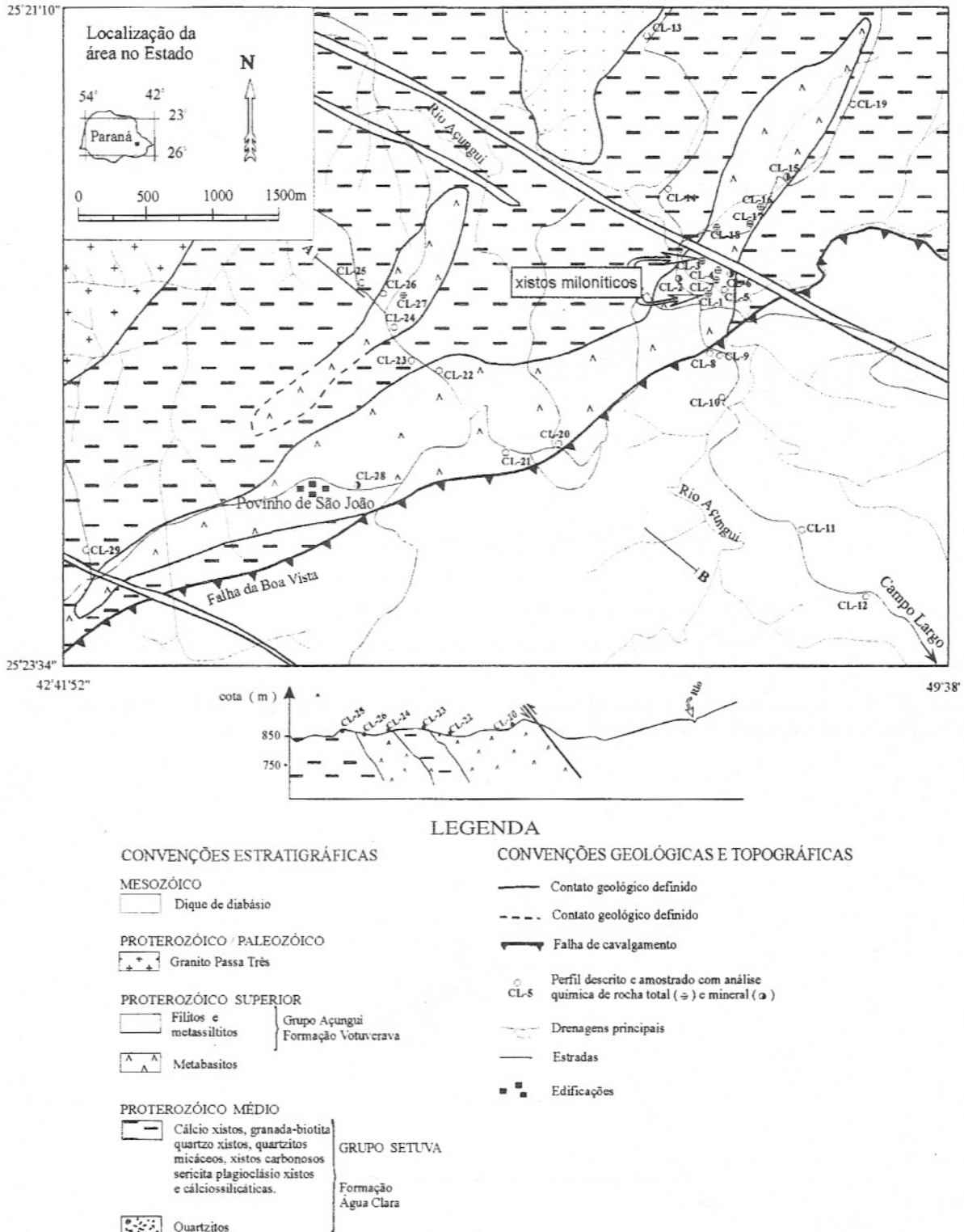


Figura 5 – Mapa geológico da região de Campo Largo (modificado de Andrade *et al.*, 1990; Katebeh *et al.*, 1990; Piekarz, 1992).

A Formação Votuverava é representada, na área, por filitos e metassiltitos, sendo identificadas estruturas primárias preservadas, como microestratificação cruzada. Essas rochas foram metamorfizadas na fácies xisto verde, predominantemente, na zona da clorita e, localmente, alcançando a da zona da biotita.

Nas proximidades dos metabasitos de Campo Largo, a Formação Água Clara apresenta-se constituída por cálcio xistos, com quantidades variadas de carbonatos, tremolita-actinolita, granada – muscovita/biotita – quartzo xistos com intercalação de quartzo xistos, quartzitos micáceos, xistos carbonosos, sericita – plagioclásio xistos e quartzo – clorita xistos (Piekarz, 1981, 1992; Soares & Góis, 1987).

O pico metamórfico dos metabasitos de Campo Largo atingiu a zona da hornblenda, parte superior da subzona da hornblenda + actinolita e início da subzona do oligoclásio

(510°C e 5 a 7kbar), com a associação actinolita + hornblenda + albita ± oligoclásio ± clorita ± epidoto + quartzo (Maniesi, 1997). Os metabasitos de Campo Largo exibem características geoquímicas comparáveis às dos basaltos transicionais de cadeia mesoceânica (Fig. 3B). O líquido magmático inicial dessas rochas possuía afinidades toleíticas de alto magnésio (Fig. 4) e deve ter tido também pouca a moderada influência da cristalização fracionada na evolução de suas rochas ígneas ($mg\# = 0,54$ a $0,69$) (Maniesi, 1997; Maniesi & Oliveira, 1998).

AS ZONAS DE CISALHAMENTO

Zonas de cisalhamento foram identificadas nos perfis AD-18 de Adrianópolis (Fig. 2), CL-1 e CL-3 de Campo Largo (Fig. 5). São faixas estreitas, que não ultrapassam 2 metros

de espessura, com foliação milonítica subvertical e lineação mineral evidenciada pelo alinhamento preferencial da clorita.

Na zona de cisalhamento do perfil AD-18 (Adrianópolis), ocorre carbonato – clorita xisto milonítico, com foliação milonítica, possuindo direção NW/SE, com médio ângulo de mergulho para nordeste e lineação mineral de médio ângulo, com caimento para norte. A zona de cisalhamento do perfil CL-3 (Campo Largo) apresenta carbonato – quartzo – biotita – clorita xisto milonítico, com foliação milonítica de direção NE/SW, com médio a alto ângulo de mergulho para sudeste, e lineação mineral, com baixos valores de caimento para sudoeste. As atitudes de foliação e lineação mineral (Fig. 6) podem indicar que essas zonas de cisalhamento tiveram movimentação oblíqua e, no caso de Campo Largo, com componente vertical pequeno.

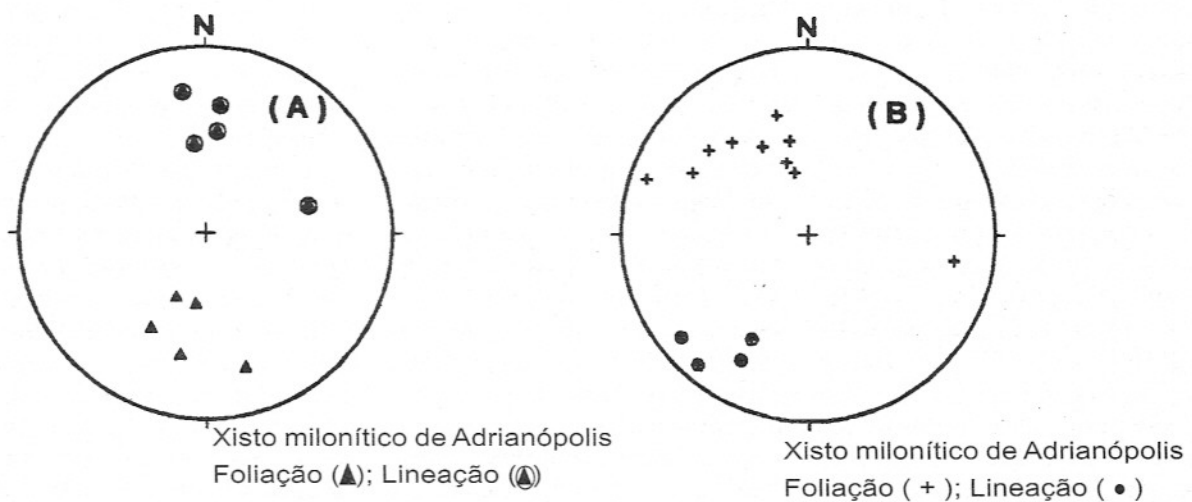


Figura 6 – Estereogramas da foliação (A) e lineação (B) do carbonato – clorita xisto milonítico, perfil AD-18 de Adrianópolis (triângulos) e do carbonato – quartzo – biotita – clorita xisto milonítico, perfil CL-3 de Campo Largo (cruzes). Diagrama de Schmidt, hemisfério inferior.

Essas rochas miloníticas exibem coloração cinza escura, com tons esverdeados, granulação fina (< 2 milímetros) e, no perfil CL-3, verifica-se a presença de cristais euedrais a subeuedrais de turmalina, dispostos de modo sub-radial, chegando a atingir 2,5 centímetros de comprimento e, também, sulfetos, como cristais dispersos, com tamanhos de até poucos milímetros. Possuem estruturas de fluxo, com minerais opacos e quartzo estirados e, às vezes, boudinados, e cristais de plagioclásio fraturados e rotacionados. Com certa frequência, são cortadas por fraturas ou microfraturas de direções diversas, preenchidas por quartzo e/ou carbonato.

Apresentam a textura lepidogranoblástica, onde se notam, microscopicamente, porções micáceas, constituídas, principalmente, por cristais de clorita, com biotita subordinada, orientados segundo a foliação milonítica, e englobam ou intercalam-se em porções ricas em carbonato e/ou quartzo. Ocorrem, ainda, cristais de turmalina e albita dispersos e uma mineralogia reliquiar, às vezes, preservada do metabasito, à base de actinolita/hornblenda, albita/oligoclásio, titanita e epidoto.

A clorita encontra-se como finos cristais submilimétricos isolados, em agregados ou, ainda, junto a anfibólio metamórfico reliquiar. Exibe, frequentemente, extinção ondulante moderada a forte e, de um modo geral, está disposta segundo a xistosidade milonítica. Nas porções centrais da zona de cisalhamento do perfil CL-3 (Campo Largo), chega a atingir 60% em proporção modal.

O quartzo ($\pm 12\%$) é representado por cristais anedrais,

com contatos retos e, por vezes, interpenetrados. Está orientado segundo a foliação milonítica, ora pouco, ora fortemente estirado e boudinado. Possui forte extinção ondulante e, frequentemente, está recristalizado em subgrãos. São cristais com dimensões inferiores a 1 milímetro e, comumente, constituem agregados milimétricos. Ocorre, também, preenchendo microfraturas de direção aleatória, e pode conter turmalina e carbonato associados.

A turmalina apresenta-se sob duas formas. A primeira constitui agregados microgranulares de finos cristais anedrais de até 3 centímetros de diâmetro, com carbonato associado. Por vezes, são observados cristais maiores de turmalina envolvidos pela porção microgranular. A segunda forma de ocorrência é representada por cristais prismáticos euedrais a subeuedrais, exibindo comumente dimensões inferiores a 1 milímetro de comprimento. Estão disseminados na rocha e, eventualmente, formam agregados sub-radiais de cristais que chegam a atingir 2,5 centímetros de comprimento. São fortemente pleocróicos, variando de azul anil a azul amarelado, no centro, e marrom a castanho amarelado, nas bordas, sugerindo um zoneamento composicional. Possuem contatos retos bem definidos e, às vezes, também fraturas dispostas perpendicularmente ao eixo maior (eixo c). Às vezes, finos cristais lamelares de mica branca (sericita?) e quartzo encontram-se intimamente associados à turmalina, principalmente em suas fraturas.

A biotita ocorre em quantidades de até 17% em volume. São lamelas subeuedrais a anedrais, sempre submilimétricas, que exibem forte pleocroísmo vari-

ando de castanho amarelado a castanho escuro amarelado, com leves tons esverdeados. Muitas vezes, encontra-se encurvada devido à deformação, estando orientada segundo a direção da foliação milonítica, como cristais isolados ou intimamente associados a cristais de clorita em continuidade óptica.

O carbonato é representado por cristais anedrais e subeuedrais, dispostos de modo intersticial e, também, preenchendo fraturas ou em agregados microgranulares, em níveis descontínuos sigmoidais.

A albita apresenta-se como cristais submilimétricos, subeuedrais a anedrais, límpidos e, frequentemente, orientados segundo a foliação milonítica.

As observações microscópicas em seções polidas revelam que os minerais opacos das rochas miloníticas, tanto do perfil AD-18 (Adrianópolis) quanto do perfil CL-3 (Campo Largo), são representados por sulfetos (pirita, calcopirita e calcocita) e óxidos (magnetita, titano-magnetita e ilmenita), sempre em quantidades inferiores a 6% em volume e estão frequentemente orientados segundo a foliação milonítica.

A pirita predomina em relação à calcopirita, ocorrendo, quando isoladas, como cristais anedrais e, também, com raras formas subeuedrais. São cristais comumente submilimétricos e, eventualmente, possuem tamanhos de até 4-5 milímetros (CL-3). Um modo de ocorrência interessante desses sulfetos é o de inclusões, ora de pirita em calcopirita, ora de calcopirita em pirita (mais frequente). Isso pode sugerir uma simultaneidade de cristalização dos dois sulfetos.

Verifica-se, também, a presença de cristais de pirlita e calcopirlita muito fraturados, devendo, nesse caso, estar relacionados ao evento de deformação pré-cisalhamento.

A calcocita ocorre em raros cristais finos e isolados, sendo identificados pela sua fraca anisotropia e cor branca acinzentada a amarelada.

Entre os óxidos, tem-se a magnetita como fase mineral de destaque. É ora subeudral, ora anedral, estando estiradas e, às vezes, boudinadas. Em certos cristais, verifica-se uma leve anisotropia, sugerindo a presença de titânio em sua estrutura (titano-magnetita), podendo, também, ser encontrados, embora raros, cristais anisotrópicos, que indicam tratar-se de ilmenita.

METODOLOGIA DA ISOCON

Para avaliar as mudanças na composição química no carbonato – clorita xisto milonítico de Adrianópolis e no carbonato – quartzo – biotita – clorita xisto milonítico de Campo Largo em relação ao seu respectivo metabasito hospedeiro, utilizou-se o método da *isocon* de Grant (1986), que tem como base as equações para alterações metassomáticas de Gresens (1967).

Uma modificação no método de Grant (1986) é sugerida por J. M. Legrand (comunicação verbal) e adotada aqui neste trabalho. Trata-se da utilização de faixa isocônica e não de reta isocônica. Com isso, leva-se em consideração uma maior quantidade de elementos tidos como imóveis (ou pouco móveis), diminuindo as possibilidades de erros na interpretação do diagrama isocônico.

A determinação da variação volumétrica, neste caso, é calculada a partir da inclinação da reta que passa pela bisetriz do ângulo formado pelas retas que limitam a faixa isocônica. Os elementos que apresentarem ganho na rocha alterada posicionar-se-ão acima da faixa isocônica, enquanto os elementos que apresentarem perda durante a evolução rocha original-rocha alterada estarão abaixo da faixa.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a utilização do método da *isocon* de Grant (1986) foram feitas duas interações entre o metabasito (rocha original) e a rocha afetada pela zona de cisalhamento (rocha alterada), sendo que cada uma representa, respectivamente, os metabasitos de Adrianópolis e Campo Largo, utilizando-se os dados químicos da Tabela 1.

As amostras utilizadas e suas respectivas composições mineralógicas em proporção modal, são as seguintes:

AD-18E – (metabasito) – actinolita/hornblenda (62%) albita/oligoclásio (18%), quartzo (8%), opacos (7%), carbonato (3%) e traços de epidoto, clorita, turmalina e titanita.

AD-18B – (carbonato – clorita xisto milonítico) – clorita (35%), carbonato (12%), quartzo (9%), biotita (9%), opacos (5%), turmalina (4%) e albita (3%). Como mineralogia preservada do metabasito, tem-se: actinolita/hornblenda (6%), albita/oligoclásio (15%) e epidoto (2%).

CL-3.3 – (metabasito) – actinolita/hornblenda (53%), albita/oligoclásio (21%), quart-

zo (13%), epidoto (4%), carbonato (4%), opacos (2%), titanita (1%) e traços de epidoto e clorita.

CL-3B – (carbonato – quartzo – biotita – clorita xisto milonítico) – clorita (27%), biotita (17%), quartzo (14%), carbonato (13%), albita (6%), turmalina (5%) e opacos (4%). Como mineralogia preservada do metabasito, tem-se albita/oligoclásio (14%).

No caso das amostras de Adrianópolis AD-18E (rocha original) e AD-18B (rocha alterada), a faixa isocônica é definida pelos componentes MnO , TiO_2 , MgO , FeO_t e SiO_2 (Fig. 7A). O Al_2O_3 é considerado pouco móvel por localizar-se muito próximo ou praticamente sobre a faixa isocônica. Também é indicado, no diagrama, o empobrecimento de P_2O_5 e um certo destaque no enriquecimento de Na_2O , K_2O e CaO . O aumento de volume calculado de 12% da rocha alterada (AD-18B), deve-se, principalmente, ao ganho de K_2O , Na_2O e CaO .

O ganho de potássio possibilitou a cristalização de biotita, chegando a 9% em proporção modal. A cristalização de turmalinas foi favorecida pela entrada de sódio e boro no sistema, enquanto o enriquecimento em cálcio é dado, possivelmente, devido à percolação de fluidos ricos em CO_2 e à cristalização de calcita.

Para as amostras CL-3.3 (rocha original) e CL-3B (rocha alterada) de Campo Largo, o diagrama isocônico (Fig. 7B) mostra os pontos com uma menor separação, de acordo com suas mobilidades. A faixa isocônica, neste caso, é definida pelos componentes Al_2O_3 , TiO_2 , FeO_t , Na_2O e P_2O_5 . Como

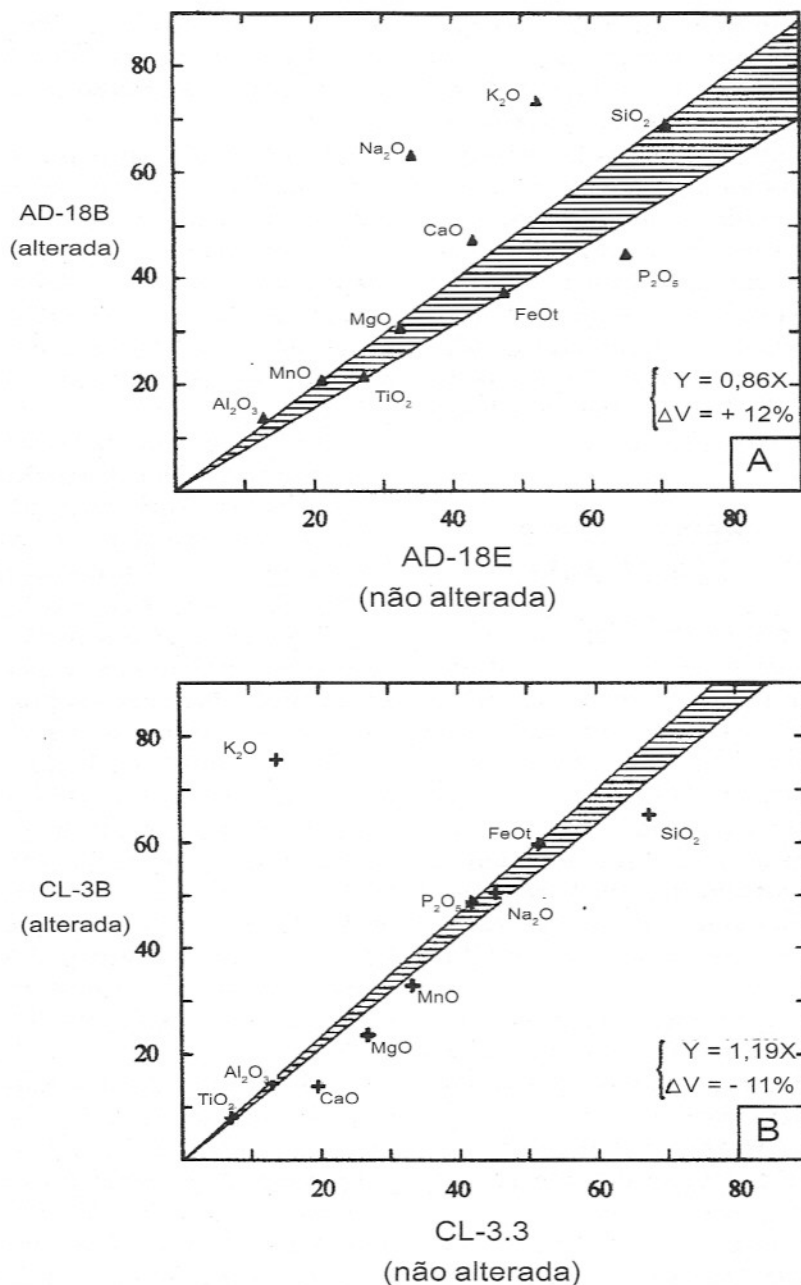


Figura 7 – Diagramas isocônicos para as rochas afetadas pelas zonas de cisalhamento dos metabasitos de Adrianópolis (A) e Campo Largo (B). A área sombreada corresponde à faixa isocônica.

característica de destaque do diagrama, nota-se o significativo ganho de K_2O da rocha al-

terada. Por outro lado, deve-se, principalmente, às perdas de SiO_2 , CaO e MgO , a diminui-

ção de volume, calculada em 11%.

O ganho de potássio está evidenciado petrograficamente na presença de biotita, que representa 17% da proporção modal. A indicação do diagrama isocônico de que o sódio comportou-se como elemento imóvel ou pouco móvel, sugere que, para a cristalização das turmalinas, teve-se o aproveitamento do sódio da rocha e não o aporte externo. A perda de CaO pressupõe que a composição do fluido circulante não era rico o suficiente em CO_2 para manter todo o cálcio no sistema.

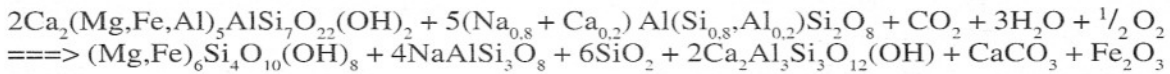
CONCLUSÕES

As zonas de cisalhamento que afetaram os metabasitos de Adrianópolis (perfil AD-18) e Campo Largo (perfil CL-3) foram geradas por uma tectônica oblíqua, onde a deformação e a percolação de fluidos hidrotermais devem ter sido os fatores que levaram à transformação mineralógica e química do metabasito, dando origem às rochas miloníticas.

A utilização do método da *isocón* indicou aumento de 12% em volume para o carbonato – clorita xisto milonítico de Adrianópolis, em função do ganho, principalmente, de sódio, potássio e cálcio e diminuição de 11% para o carbonato – quartzo – biotita – clorita xisto milonítico de Campo Largo, pela perda para o sistema principalmente de sílica, além de cálcio e magnésio.

A diminuição dos teores de SiO_2 caracterizada no carbonato – quartzo – biotita – clorita xisto milonítico de Campo Largo, pode estar relacionada a destabilização do anfibólio para formar clorita, liberando a sílica que é perdida no sistema, segundo a reação:

Actinolita/hornblenda + albita/oligoclásio + CO₂ + H₂O + - O₂ ===> clorita + albita + quartzo ± epidoto + calcita + opacos



O procedimento da *isocron* indica o aporte externo de íons de K⁺, nas rochas miloníticas de Adrianópolis e Campo Largo, embora o seu enriquecimento possa, também, estar relacionado a sua concentração relativa, em função da diminuição de volume da rocha, no caso de Campo Largo, com os processos de deformação e metassomatismo.

A presença, muitas vezes marcante, de turmalina em cristais desde submilimétricos a até 2,5 centímetros de comprimento, pode indicar que o boro também esteve presente na zona de

cisalhamento de Adrianópolis e, principalmente, na de Campo Largo, como um importante elemento químico do fluido.

Com isso, as observações petrográficas e os estudos envolvendo a mobilidade de elementos químicos sugerem que o processo de cisalhamento foi eficiente na condução de fluidos, sendo que devem ter sido ricos, principalmente, em H₂O, CO₂, B⁺⁺⁺, K⁺ Na⁺⁺, para a zona de cisalhamento de Adrianópolis, e em H₂O, CO₂, B⁺⁺⁺ e K⁺, para a zona de Campo Largo. Esses fluidos reequilibraram os minerais preexistentes da rocha

original (metabasito) em condições metamórficas da fácies xisto verde, zona da biotita, com a formação de clorita, biotita, albita, carbonato, quartzo e turmalina.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Jean M. Legrand, Antenor Zanardo e Ana C.D. Costa pelas sugestões e discussões, aos revisores da Geológica Brasileira pelas sugestões apresentadas e à FAPESP pelo apoio financeiro (processos 90/3948-1 e 91/0643-8).

Tabela 1 – Composições químicas dos metabasitos (AD-18E e CL-3.3) e do carbonato – clorita xisto milonítico (AD-18B) da região de Adrianópolis e do carbonato – quartzo – biotita – clorita xisto da região de Campo Largo (CL-3B).

	AD-18E	AD-18-B	CL-3.3	CL-3B
SiO ₂	47,01	45,71	45,23	44,02
TiO ₂	1,80	1,42	0,70	0,78
Al ₂ O ₃	11,64	13,35	13,40	13,86
Fe ₂ O ₃	5,27	3,48	4,19	3,15
FeO	10,97	9,27	6,50	9,26
MnO	0,21	0,21	0,21	0,22
MgO	6,47	6,16	13,22	11,79
CaO	8,61	9,43	9,58	7,05
Na ₂ O	1,69	3,16	2,25	2,52
K ₂ O	0,35	0,49	0,23	1,28
P ₂ O ₅	0,22	0,15	0,06	0,07
P.F.	4,55	6,14	3,72	4,97
Total	98,79	98,97	99,29	98,97

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, F.R.D.; NOGUEIRA FILHO, J.; POPINI, M.U.F. (1990) Relatório do mapa geológico da região de Pantaninho – Morro Felpudo/PR. Relatório de graduação (inédito). Departamento de Geologia/UFPR, Curitiba/PR.
- CAMPANHA, G.A.C. (1991) Tectônica proterozóica do alto e médio vale do Rio Ribeira de Iguape, Estados de São Paulo e Paraná. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, 296p.
- FIORI, A.P. (1987) Aspectos estruturais e estratigráficos do Grupo Açungui e Formação Itaiococa no Estado do Paraná. Convênio UFPR/MINEROPAR, texto final. Curitiba/PR, (inédito), 5 mapas, 191p.
- FIORI, A.P. (1990) Tectônica e estratigrafia do Grupo Açungui a norte de Curitiba. Tese de Livre Docência. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, 261p.
- GRANT, J.A. (1986) The isocon diagram – a simple solution to Gresens' equation for metasomatic alteration. *Econ. Geol.*, **81**:1976-1982.
- GRESENS, R.L. (1967) Composition – volume relationships of metasomatism. *Chem. Geol.*, **2**:47-55.
- HASUI Y.; CARNEIRO, C.D.R.; COIMBRA, A.M. (1975) The Ribeira Folded Belt. *Rev. Bras. Geoc.* **5**(4):247-266.
- HASUI, Y.; CARNEIRO, C.D.R.; BISTRICHI, C.A. (1980) Estruturas e tectônica do Pré-Cambriano de São Paulo e Paraná. *An. Acad. Bras. Ciênc.*, **52**:61-76.
- IRVINE, T.N. & BARAGAR, W.R.A. (1971) A guide to chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Science*, **8**:523-548.
- JICA/MMAJ (1982) On geological survey of Anta Gorda Phase II. Brazil – Japan International Corporation Agency. Relatório CPRM/DNPM, 119p.
- KATBEH, A.; PALUDO, M.A.; OSAMA, M.A. (1990) Relatório do mapa geológico da região de Povinho de São João/PR. Relatório de graduação (inédito). Departamento de Geologia/UFPR, Curitiba/PR.
- MANIESI, V. (1997) Petrologia das rochas anfíbolíticas das regiões de Adrianópolis, Campo Largo e Rio Branco do Sul/PR. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 215p.
- MANIÈSI, V. & OLIVEIRA, M.A.F. (1998) Anfíbolitos com afinidades dos basaltos de fundo oceânico: Regiões de Adrianópolis e Campo Largo/PR. *In: Congr. Bras. de Geol.*, **40**, Belo Horizonte. SBG, Anais, p.456.
- MINEROPAR (1986) Projeto Canha – Carumbé. Mapa geológico, escala 1 : 25.000.
- PEARCE, J.A. (1983) Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. *In: C.J. HAWKESWORTH & M.J. NORRY (Eds.) Continental basalts and mantle xenoliths.* Shiva, Nantwick, p.230-249.
- PIEKARZ, G.F. (1981) Reconhecimento das unidades correlacionáveis à seqüência mineralizada do Perau, estado do Paraná. *In: Simp. Reg. Geol.*, **3**, Curitiba. SBG, Anais, **1**:148-154.
- PIEKARZ, G.F. (1992) O Granito Passa Três/PR e as mineralizações auríferas associadas. Dissertação de Mestrado. Universidade de Campinas, 221p.
- SOARES, P.C. & GÓIS, J.R. (1987) Geologia do Granito Passa Três/PR e suas mineralizações auríferas. *In: Simp. Sul Bras. Geol.*, **3**, Curitiba. SBG, Anais, **2**:487-514.
- SUN, S.S. (1980) Lead isotopic study of young volcanic rocks from mid-ocean ridges, ocean islands and island arcs. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* **A297**:409-445.