

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEOFÍSICAS E GEOLÓGICAS

METAMORFISMO DAS ROCHAS PELÍTICAS DO SEGMENTO SETENTRIONAL DA FAIXA  
PARAGUAI - ARAGUAIA

Tese Apresentada por

JOSÉ MAURÍCIO RANGEL DA SILVA

como requisito parcial à obtenção do grau em

MESTRE EM CIÊNCIAS

Na área de

GEOLOGIA

Conferido pelo Programa de Pós-Graduação em  
Ciências Geofísicas e Geológicas da  
Universidade Federal do Pará

Aprovado: 20.03.80

*Yociteru Hasui*

YOCITERU HASUI

(ORIENTADOR)

*Asit Choudhuri*

ASIT CHOUDHURI

*Carlos Alberto Ribeiro de Albuquerque*

CARLOS ALBERTO RIBEIRO DE ALBUQUERQUE

Comitê de Tese

## RESUMO

Dados petrográficos, petroquímicos e microestruturais foram empregados no estudo do metamorfismo da parte setentrional da Faixa de Dobramentos Paraguai-Araguaia. Não obstante o nível de reconhecimento do trabalho, os dados são consistentes regionalmente.

O metamorfismo atuou sobre rochas sedimentares, com posicionalmente semelhantes a mistura de folhelhos e grauwacas. Estruturas sedimentares relictas apontam uma origem sedimentar.

A distribuição das associações minerais dentro do Grupo Baixo Araguaia daquela faixa de dobramentos mostra, de oeste para este, um zoneamento regional com sericita, clorita e biotita. Em torno de megaestruturas (com núcleo do suposto embasamento) existe a zona da granada.

O terreno estudado é do tipo pressão-média e assemelha-se aos Apalaches Setentrionais e Highlands da Escócia.

Metamorfismo e deformação são perfeitamente correlacionáveis. O pico do metamorfismo, correspondente à cristalização de estauroлита e cianita, ultrapassa a deformação F<sub>2</sub>. O esfriamento do pacote metasedimentar propiciou a cristalização de biotita e muscovita.

O metamorfismo é atribuível a um ciclo polifásico. As manifestações finais do metamorfismo datam do Ciclo Brasileiro.

## ABSTRACT

Petrographic, petrochemical and microstructural data were used in the study of the metamorphism. In keeping with the work's scale, the data are regionally consistent.

The metamorphism acted on sedimentary parent rocks, chemically similar to shales and greywacke admixtures. Relict sedimentary structures point to a sedimentary origin.

The mineral assemblages distribution in Baixo Araguaia Group shows, from west to east, a regional metamorphic zoning with sericite, chlorite and biotite. Around megastructures (with supposed basement nucleus) a garnet zone has been recognized.

The baric type is medium-pressure and corresponds to Northern Appalachians and Scottish Highlands.

Metamorphism and tectonic events are correlative. The intensity of metamorphism, correspondingly to staurolite and kyanite crystallization, outlasts the deformation  $F_2$ . The cooling of the metasedimentary sequence brought out the biotite and muscovite crystallization.

The metamorphism is referable to a polyphase cycle. The final manifestations of the metamorphism belong to the Brasiliano Cycle.

## SUMÁRIO

1. OBJETIVOS .....	1
2. METODOLOGIA .....	3
3. GEOLOGIA DA ÁREA .....	4
4. METAMORFISMO .....	13
4.1. Área de Guarai-Conceição .....	13
4.1.1. Associações Minerais .....	13
4.1.2. Relações Microestruturais .....	16
4.1.3. Petroquímica .....	22
4.2. Área de Xambioá-Vanderlândia .....	22
4.2.1. Associações Minerais .....	22
4.2.2. Relações Microestruturais .....	26
4.2.3. Petroquímica .....	30
4.3. Metamorfismo nos Caminhamentos <u>Transver</u> <u>sais</u> .....	30
5. METAMORFISMO E A EVOLUÇÃO GEOLÓGICA .....	42
6. CONCLUSÕES .....	45
7. BIBLIOGRAFIA .....	47

## ÍNDICE DAS ILUSTRAÇÕES

### FIGURAS

Figura 1 - Localização da Área .....	5
Figura 2 - Mapa Geológica da Área Guarai-Conceição (em anexo)	
Figura 3 - Diagrama AFM das Análises da Tabela 4 ...	24
Figura 4 - Mapa Geológico da Área Xambioá-Vanderlân- dia (em anexo)	
Figura 5 - Zoneamento na Área Estudada .....	37
Figura 6 - Zonas Metamórficas Paleozóicas nos Apala- ches .....	39
Figura 7 - Gradiente esperado para a Faixa Paraguai- Araguaia .....	40

### TABELAS

Tabela 1 - Coluna Estratigráfica .....	7
Tabela 2 - Associações Minerai s a Oeste de Colméia .	14
Tabela 3 - Associações Minerai s a Este de Colméia ..	17
Tabela 4 - Análises Químicas para a Área de Guarai- Conceição .....	23
Tabela 5 - Média de Análises de Rochas Sedimentares e Metamórficas .....	25
Tabela 6 - Associações Minerai s das Proximidades da Antiforme de Xambioá .....	27
Tabela 7 - Associações Minerai s das Proximidades da Antiforme do Lontra .....	28
Tabela 8 - Associações Minerai s a SE de Xambioá ....	29
Tabela 9 - Análises Químicas para a Área de Xambioá- Vanderlândia .....	35
Tabela 10 - Relação entre Metamorfismo e Deformação..	43

## FOTOMICROGRAFIAS

Fotomicrografia 1 - Xistosidade $S_1$ microdobrada ....	18
Fotomicrografia 2 - Microdobramento Notável de $S_1$ ...	19
Fotomicrografia 3 - Granada com Centro Rotacional...	20
Fotomicrografia 4 - Grânulo mal formado de Estauroli ta .....	21
Fotomicrografia 5 - Clivagem de Cisalhamento do Even to $P_3$ .....	31
Fotomicrografia 6 - Granada com Centro Rotacional Xe nomórfico .....	32
Fotomicrografia 7 - Grânulos de Cianita alinhados se gundo $S_1$ .....	33
Fotomicrografia 8 - Grânulos de Biotita, Microporfi roblásticos .....	34

## AGRADECIMENTOS

O autor agradece sinceramente às seguintes entidades e pessoas que colaboraram com o mesmo:

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio financeiro para a realização desta pesquisa;

Núcleo de Ciências Geofísicas e Geológicas da UFPa, nas pessoas dos Profs. Drs. José Seixas Lourenço e José Haroldo da Silva Sá, pelo estímulo e apoio;

Instituto de Geociências da USP pelas fotomicrografias que acompanham o trabalho;

Profs. Drs. Yociteru Hasui e Carlos Alberto Ribeiro de Albuquerque, orientadores do mestrando, pela compreensão, ensinamentos e estímulos;

Prof. Francisco de Assis Matos de Abreu com quem tive a satisfação de desenvolver os trabalhos de campo e discutir os dados e;

Glória, minha esposa, cujo estímulo e ajuda foram inestimáveis.

## 1. OBJETIVOS

A Faixa de Dobramentos Paraguai-Araguaia é uma importante entidade do Ciclo Brasileiro, constituindo em parte um ramo setentrional que margeia submeridianamente a parte oriental do Craton Amazônico (Almeida et al., 1976). Tradicionalmente, o metamorfismo é um dos aspectos de destaque nesse ramo da faixa, como se depreende da revisão bibliográfica feita a seguir.

Barbosa et al. (1966) no Projeto Araguaia estenderam até a região, a Série Araxá que fora definida nos arredores da cidade homônima em Minas Gerais. Na ocasião, os xistos da série foram colocados na fácies xisto verde, subfácies quartzo-albita-epidoto-almandina;

Puty et al. (1972) reconheceram a natureza polifásica do metamorfismo que atingiu as séries Araxá e Tocantins e endossaram a sugestão de Helmbold (1960) de ser transicional o metamorfismo entre as duas séries;

Amaral (1974) também admitiu a passagem gradual do Grupo Araxá para o Grupo Tocantins, claramente observada na região de Marabá e colocou essas unidades dentro do Ciclo Transamazônico;

Silva et al. (1974) seguiram, entretanto, a linha de Barbosa et al. (1966), ao considerarem o Araxá e o Tocantins como unidades geotectônicas distintas;

Hasui et al. (1975) fizeram um estudo geocronológico em rochas do Grupo Araxá, enfatizaram a passagem gradual do metamorfismo entre Araxá e Tocantins e propuseram chamar-se o primeiro Grupo Estrondo.

Do que se disse até agora, percebe-se que: a) houve preocupação em situar as litologias no esquema faciológico de um modo genérico, reconhecendo apenas que o metamorfismo é de fácies xisto verde à anfíbolito; b) houve desacordo quanto a passagem de uma fácies à outra, o que é levado para discussão da estratigrafia, como se cada fácies correspondesse a uma unidade estratigráfica.

Entende-se que o metamorfismo merece ser estudado de modo mais sistemático. Contudo, sendo esse estudo por demais

exaustivo e exigindo detalhamentos que demandam longo tempo, julga-se que ele deve ser realizado por aproximações cada vez mais refinadas. Nesta primeira instância, parece adequado retomar o estudo do metamorfismo procurando definir melhor as associações minerais, sua distribuição regional e desenvolvimento.

Este estudo faz parte de um projeto de investigação geológica e geofísica da Faixa de Dobramentos Paraguai-Araguaia, desenvolvido pelo Núcleo de Ciências Geofísicas e Geológicas da Universidade Federal do Pará e coordenado pelo Prof. Dr. José Haroldo da Silva Sá. Tendo sido definido como meta inicial um reconhecimento geológico regional, procurou-se deslindar em primeira aproximação o quadro da estratigrafia, estruturas, metamorfismo e evolução geológica. O presente estudo prende-se a esse enfoque.

## 2. METODOLOGIA

Tendo em vista os objetivos do estudo e o contexto do programa em que ele se insere, bem como o nível de abordagem, as investigações foram desenvolvidas de acordo com a metodologia a seguir resumida.

A área pesquisada compreende o segmento norte da Faixa Paraguai-Araguaia (Figura 1). É ela delimitada pelas coordenadas de 05°00' e 10°00' de latitude e 48°00' e 50°00' de longitude, com área total de aproximadamente 113.000 km<sup>2</sup>.

Nela foram executados 9 caminhamentos transversais à direção geral da faixa, em estradas que da BR-010 (Belém - Brasília) demandam o vale do Rio Araguaia. As observações foram realizadas nas exposições de rochas sãs ou de solos estruturados.

A escassez de afloramentos de rochas sãs não permitiu uma amostragem adequada para as investigações de laboratório, pelo que se impôs a necessidade de detalhamento. Este foi feito nas áreas dos projetos Guarai-Conceição e Xambioá-Vanderlândia (DNPM-DGM), para as quais se dispunha de mapas geológicos em escala de 1:100.000 e amostras na proporção de 1/100 Km<sup>2</sup>. Essas áreas foram revisitadas para exame à luz do enfoque deste estudo.

Em laboratório, as investigações se voltaram para: a) estudo petrográfico-mineralógico, visando definir tipos e características; b) estudo de relações microestruturais, nos moldes do exposto por Spry (1974), para parte das amostras selecionadas através de fluorescência de raios-X.

Os resultados foram procurados em rochas metapelíticas, por serem estas as absolutamente predominantes na área e pela sensibilidade que tem aos processos metamórficos. O número de amostras estudadas em laboratório foi de 49, selecionando-se 13 para tratamento químico. As investigações contidas em estudos anteriores de vários autores foram também consideradas na integração final, pelo que a síntese esboçada resulta da somatória dos dados colhidos através da presente investigação com as colhidas na biblioteca existente.

### 3. GEOLOGIA DA ÁREA

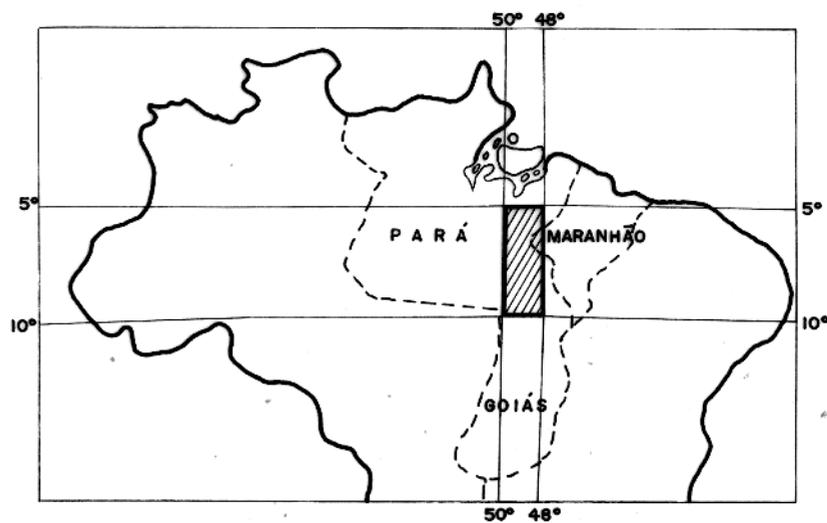
A geologia da área tem merecido a atenção de vários autores, sobretudo no último decênio. Uma revisão de toda a bibliografia parece supérflua, mesmo porque já foi apresentada por Abreu (1978) em sua tese de mestrado recentemente defendida na Universidade Federal do Pará, interessando tão somente o quadro geológico hoje admitido.

Moraes Rego (1933) ao estudar a região do Rio Tocantins descreveu um conjunto metasedimentar divisível em duas unidades a que denominou Série do Tocantins. Posteriormente, Barbosa et al. (1966) designaram a unidade mais antiga de Série Araxá que fora definida nas proximidades da cidade homônima no oeste de Minas Gerais. Embora Helmbold (1960) já supusesse que o metamorfismo justificava admitir duas unidades de uma só sequência, só nesta década essa questão foi retomada com os estudos de Puty et al. (1972), Amaral (1974) e Hasui et al. (1975), embora Silva et al. (1974) preservassem a conceituação de Barbosa et al. (1966).

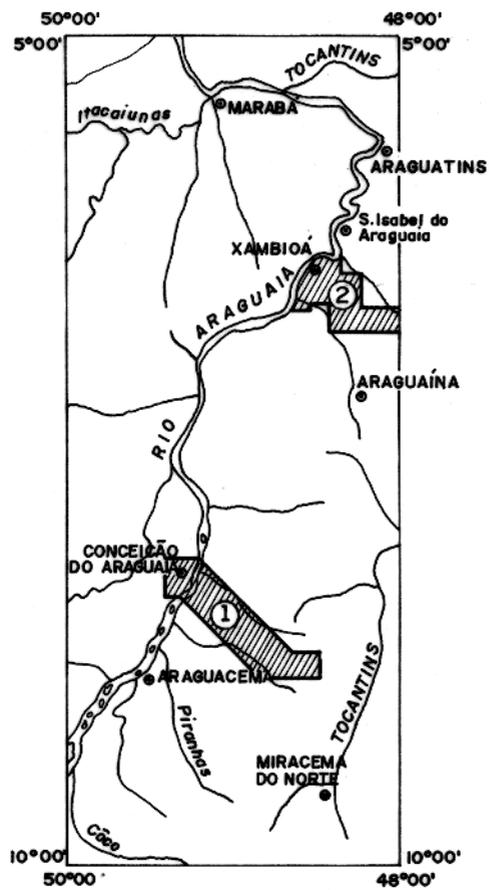
Abreu (1978) considera que a hipótese de existirem duas sequências não pode ser descartada, porém não pode ser provada no momento, sendo representadas até então pelos grupos Estrondo (antes denominado Araxá) e Tocantins. O que é claro é que essas unidades se sujeitaram a deformações condizentes com um ciclo tecto-órogênico, que se admite tenha sido o Brasileiro com base em poucas datações radiométricas disponíveis. Seja como for, é unânime a distinção de duas unidades estratigráficas.

Outra questão estratigráfica é a exposição de restritos segmentos do embasamento pré-Estrondo no núcleo de estruturas dômicas e braquianticlinais desenhadas pelo Grupo Estrondo. Esse é o caso das estruturas de Colméia, Lontra e Xambioá, como apontam Silva et al. (1974). Abreu (1978) enfatiza que não se reconheceu claramente nenhuma discordância e que os processos tectônicos que afetaram o Grupo Estrondo foram os reconhecidos até agora nas rochas atribuídas a esse embasamento.

Desse modo, a coluna estratigráfica da região inclui três unidades metamórficas superpostas: o Complexo Xingu, a Formação Estrondo e as Formações Couto Magalhães e Pequizeiro (as



Segmento norte da Faixa Paragui - Araguaia



① Área de Guarai - Conceição

② Área de Xambioá - Vanderlândia

ESCALA. 1:5.000.000

FIGURA 1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

duas últimas unidades correspondendo ao Grupo Tocantins na aceção de Hasui et al. (1977), Tabela 1.

Silva et al. (1974) propuseram o termo Complexo Xingu para designar o conjunto de rochas polimetamórficas existentes no vale do Rio Xingu. Suas características litológicas e estruturais obedecem a um padrão homogêneo, ou seja, "o interdig<sup>u</sup>tamento de migmatitos com granitos, granodioritos, gnaisses e anfibolitos; as isógradas metamórficas muito próximas; possibilidade de dobras isoclinais, cujos eixos teriam a direção WNW-ESE. Corresponde aproximadamente ao Pré-Cambriano Indiferenciado, mapeado por Puty et al. (1972) no Projeto Marabá.

As rochas do Complexo Xingu tendem para granodioritos com granitização variável, possuindo enclaves de ectinitos normais, por exemplo, em regiões menos arrasadas. Na área do Projeto Marabá, pode ser diferenciado em três grandes unidades: o Pré-Cambriano Indiferenciado propriamente dito, as rochas gnaisse-xistosas e as rochas xisto-gnáissicas.

Com relação ao grau do metamorfismo, suas rochas estão colocadas dentro das fácies anfibolito e granulito.

Datações K-Ar executadas por Basei (referidas por Silva et al., 1974) são concordantes em torno de 1.800 m.a., idade atribuída ao esfriamento regional do Ciclo Transamazônico. Uma isócrona de referência Rb-Sr em rocha total, da região do Rio Bacajá, com 1.864 ± 60 m.a. não afasta, segundo Basei, a hipótese de que as rochas foram formadas antes do Ciclo Transamazônico e rejuvenecidas durante o mesmo.

A Formação Estrondo se expõe na parte oriental da faixa de dobramentos, sendo encoberta pelos sedimentos da Bacia do Parnaíba e passando para o Complexo Basal Goiano ao sul da cidade de Paraíso do Norte (Goiás). Para oeste ela faz contato com os metasedimentos da Formação Pequizeiro, se bem que o contato não seja observado por falta de boas exposições; mas o grau de metamorfismo não mostra hiato na passagem de uma formação para a outra, não há mudança no estilo tectônico e nem se detecta evidências de falhas.

Xistos e quartzitos são as litologias mais importantes dessa unidade. Os quartzitos localizam-se em sua parte infe

IDADE	UNIDADES LITO-ESTRATIGRÁFICAS E LITOLÓGICAS		CARACTERÍSTICAS GERAIS
FANEROZÓICO	DIVERSAS		COBERTURAS SEDIMENTARES
	FORMAÇÃO RIO DAS BARREIRAS		DEPÓSITOS CLÁSTICOS TARDIOS
PRÉ-CAMBRIANO SUPERIOR (CICLO BRASILIANO)	GRANITOS		INTRUSÕES PÓS-TECTÔNICAS MIGMATIZAÇÃO MARGINAL.
	GR. BAIXO ARAGUAIA	FORMAÇÃO PEQUIZEIRO	METAMORFISMO REGIONAL
		OFIOLITOS	
		FORMAÇÃO COUTO MAGALHÃES	SEQUÊNCIA PELÍTICO-PSAMÍTICA
	FORMAÇÃO ESTRONDO	SEQUÊNCIA PSAMO-PELÍTICA	
PRE-CAMBRIANO MÉDIO A SUPERIOR	COMPLEXO XINGU E OUTRAS		ROCHAS CRISTALINAS DO CRATON AMAZÔNICO, COBERTURAS ANTIGAS VULCANO-SEDIMENTARES GRANITOS

TABELA 1 - COLUNA ESTRATIGRÁFICA

rior, sendo constituídos por tipos muscovíticos, conglomeráticos (oligomíticos), magnéticos, cianíticos, porfiroblásticos e foliados. Formam corpos lenticulares com espessuras hectométricas e extensões quilométricas, sendo responsáveis pela formação das grandes cristas que emolduram o relevo em torno das antiformes de Lontra, Xambioá e Colméia. Estratificação cruzada e gradual pode ser vista ocasionalmente.

Os xistos tornam-se mais abundantes na direção do topo da Formação Estrondo. A medida que se afasta das antiformes acima referidas, o grau de metamorfismo torna-se mais fraco aparecendo sucessivamente xistos cianíticos, estaurolíticos, granatíferos e biotíticos; os três primeiros tipos parecem restritos às proximidades das estruturas, os biotíticos sendo de ocorrência regional.

Também aparecem na Formação Estrondo corpos anfibolíticos. Lentes de mármore são registradas por Puty et al. (1972). Além das litologias descritas são comuns veios de quartzo adaptados a sistemas de fraturas.

A Formação Couto Magalhães inclui todos os sedimentos terrígenos que então eram colocados dentro do Grupo Tocantins e que se expõem muito bem nas proximidades da cidade de Couto Magalhães (Goiás). Faz contato a leste com a Formação Pequizeiro, contato idêntico àquele existente entre as Formações Estrondo e Pequizeiro. Para oeste o seu contato com o Complexo Xingu é feito de dois modos: o primeiro, ao norte das cabeceiras do Rio Vermelho, se faz por falha de empurrão que coloca os metasedimentos da Formação Couto Magalhães, já dobrados e metamorfisados, sobre as rochas do complexo; segundo, a sul daquelas cabeceiras, não envolve falhas e se faz através de uma passagem dos anquimetamorfitos para as rochas do craton.

Essa Formação é constituída essencialmente por filitos, existindo ocasionais intercalações de quartzitos. Os filitos adquirem tons róseos pelo intemperismo. Os quartzitos formam lentes com centenas de metros de espessura e extensões de alguns quilômetros, aparecendo tipos itabiríticos, como a SE da cidade de Argauacema, ou jasperóides e brechados, como nas proximidades de Pau D'Arco.

Existem também lentes de calcário de acordo com Bar

bosa et al. (1966).

O metamorfismo foi a fácies xisto verde, decrescendo para ocidente até passar para as transformações anquimetamórficas a oeste de uma linha que passa pelas nascentes do Rio Vermelho e Araguaçema. Na última cidade, afloram camadas de siltitos e argelitos com intercalações carbonosas.

A Formação Pequizeiro é a parte oriental do chamado Grupo Tocantins e foi assim denominado em lembrança à cidade de Pequizeiro.

É constituída fundamentalmente por clorita xistos, mas também aparecem talco xistos, talco-actinolita xistos, actinolita xistos, serpentinitos e matebasitos. Essas últimas rochas são derivadas possivelmente de plutonitos máfico-ultramáficos, concordantes e discordantes e, talvez, também de derrames.

O metamorfismo se deu na fácies xisto verde.

Os corpos máfico-ultramáficos ocupam uma faixa de dezenas de quilômetros de largura e mais de 400 km de extensão no vale do Rio Araguaia. São encontrados especialmente na Formação Couto Magalhães e pareados à Formação Pequizeiro. São intrusões concordantes e discordantes de formas e dimensões variadas, que, pelo metamorfismo, foram transformadas em serpentinitos, talco xistos, tremolita e talco-actinolita xistos.

O magmatismo máfico-ultramáfico não reflete a polaridade que se observa em termos de sedimentação das formações anteriores, metamorfismo, estruturas e magmatismo ácido, voltada para oeste. Foge, portanto, aos modelos clássicos.

Almeida (1976) relaciona esse magmatismo à Geossutura Tocantins Araguaia. Essa descontinuidade não tem expressão superficial na parte meridional e o limte entre as zonas dobrada e não dobrada da Formação Couto Magalhães talvez marque a linha média dessa descontinuidade.

A orientação dos metamorfitos no Complexo Xingu varia de NW a EW com mergulhos variando de 20° a verticais para NNE e SSE. Parece ser mais proeminente um sistema ortogonal de falhas e fraturas nas direções NW e NE, mas ocorrendo variações dessas feições nas direções NNW e NS. O lineamento Iriri-Martírios (Silva et al., 1974) com seu traço retilíneo por mais de

600 km e pelas falhas conhecidas parece ser qualificado como uma zona de transcorrência a qual se ligam claramente as inflexões do Grupo Baixo Araguaia refletindo um ativo movimento sinistral.

Na Faixa Paraguai-Araguaia as atitudes das litologias são persistentes e concordantes na direção N-S com mergulhos variáveis para E de 30 a 80°. Dentro da faixa, destacam-se localmente, estruturas de considerável importância como: a Serra das Andorinha constituindo uma anticlinal com duplo "plunge" e com eixo maior N-S; a Serra de Xambioá formada por dobras e falhas com direção geral WNW-ESE, discordando, portanto, da principal direção regional como descrito por Puty et al. (1972); e a Braquianticlinal do Lontra com eixo principal NNW-SSE. Estruturas similares ocorrem na região de Colméia denominadas de Anticlinal de Colméia e Sinclinal de Goiani, tratando-se de estruturas conjugadas com eixo de direção NNW-SSE e "plunge" para S.

A estruturação geral da faixa de dobramentos de direção N-S trunca as estruturas do embasamento, estabelecendo uma discordância angular. A falha de empurrão de Tucuruí (Trow et al., 1974) que se estende da região de Tucuruí até a região do Médio Rio Vermelho a sul, lança o Grupo Tocantins dobrado e metamorfisado sobre o Craton Amazônico como já referido na descrição da Formação Couto Magalhães.

Os dados estruturais mostram que a história deformacional da Faixa Paraguai-Araguaia, no centro-norte do Brasil, foi de natureza polifásica. Considerando as estruturas, seus estilos, geometria e relações temporais, pode-se compreendê-las através dos eventos seguintes (Abreu, 1978):

a) evento de deformação  $F_1$  ao qual está ligado o desenvolvimento de dobras intrafoliais desenhadas pela estratificação  $S_0$  e a formação da xistosidade  $S_1$  de plano-axial. Essas dobras anisópacas de ápices espessados refletem ativa transposição da estratificação, refletindo as partes profundas do nível estrutural inferior;

b) evento de deformação  $F_2$  no qual desenvolveram-se dobras desenhadas pela xistosidade, estando também envolvidos o acamamento já transposto em  $F_1$  e as dobras intrafoliais. As dobras também anisópacas com ápices algo menos espessados do que

as anteriores. Desenvolveu-se uma destacada lineação mineral L<sub>2</sub> com orientação paralela a B<sub>2</sub>. São atribuíveis a parte média do nível estrutural inferior;

c) evento de deformação F<sub>3</sub> que manifesta-se fundamentalmente na sequência plástica como resultado de um denso fraturamento, deslocamento e arrasto. Desenvolve-se, localmente uma pronunciada crenulação que chega a transpor a xistosidade S<sub>1</sub> originando um novo elemento planar. São feições desenvolvidas na parte superior do nível estrutural inferior;

d) evento de deformação F<sub>4</sub> em que se desenvolveram as megadobras de Colméia, Lontra, Xambioá, etc. É um dobramento local, ao contrário dos outros que são repetitivos e regionais. As dobras são isópacas e mostram feições condizentes com o nível estrutural médio e;

e) evento de deformação F<sub>5</sub> que pode ser considerado em termos de dois episódios. F'<sub>5</sub> permitiu a formação de dobras isópacas de orientação NW-SW nas proximidades e ao norte do lineamento Iriri-Martírios, podendo ser explicadas por deslocamento dextral da falha do embasamento. O evento F''<sub>5</sub> é um bem mais expressivo, ocorrendo por toda a área nas vizinhanças do Lineamento Iriri-Martírios e está ligado a um significativo movimento sinistral ao longo das falhas do embasamento. Desenvolveram-se dobras isópacas N-S e E-W e os empurrões N-S observados na área da Serra das Andorinhas. As estruturas desenvolvidas nesse episódio podem ser atribuíveis ao nível estrutural médio.

Dentro dos eventos finais desenvolveram-se falhas e fraturas em várias escalas que truncam as estruturas anteriores, sendo estas descontinuidades atribuíveis ao nível estrutural superior.

O conjunto de informações coligidas até o presente permite elaborar um esquema evolutivo para o segmento norte da Faixa de Dobramentos Paraguai-Araguaia que é traduzido nos passos condensados abaixo:

a) um regime tracional, durante o qual foi formada uma região alongada, com sedimentação clástica-química, representada pelo Grupo Baixo Araguaia e, com manifestações magmáti

cas de natureza máfica-ultramáfica. A evolução dessa bacia sedimentar está ligada à evolução da Geossutura Tocantins-Araguaia.

b) um regime compreensivo, no qual os sedimentos e as rochas magmáticas foram submetidas a metamorfismo e deformação contínua, fenômenos cuja polaridade é dirigida para ocidente, na direção do vizinho Cráton Amazônico.

#### 4. METAMORFISMO

O metamorfismo foi estudado individualmente, nas seguintes áreas: ao longo da estrada Guarai-Conceição do Araguaia, ao longo da estrada Xambioá-Vanderlândia e nos caminhamentos transversais que cortam a faixa de dobramentos.

O enfoque que será dado a seguir, trata das associações minerais, das relações microestruturais e da petroquímica.

##### 4.1. Áreas de Guarai-Conceição

##### 4.1.1. Associações Minerais

Nas áreas de Guarai-Conceição foram estudadas 22 amostras de xistos. Os minerais mais abundantes são quartzo, muscovita, biotita e clorita, sendo menos abundantes plagioclásio, granada, estauroлита, epidoto e calcita. As rochas assemelham-se, em geral, aos xistos pertencentes ao Grupo Araxá, descritos por Silva et al. (1974).

Na parte oeste da Megadobra de Colméia, de oeste para leste, observa-se que as associações minerais mudam progressivamente. Exemplificando: clorita + plagioclásio + muscovita + quartzo é a associação mineral no ponto PGC - VI - 49; clorita + biotita + plagioclásio + muscovita + quartzo é a associação no ponto PGC - VII - 22 B, situado a leste do primeiro e; epidoto + clorita + granada + biotita + plagioclásio? + muscovita + quartzo é a associação no ponto PGC - VIII - 22 A, situado a leste do segundo ponto, ou seja, aparecem sucessivamente na direção de Colméia, clorita, biotita e granada (mais estauroлита em algumas associações).

A distribuição de todas as associações estudadas possibilita a delimitação das zonas da clorita, da biotita e da granada (Figura 2 e Tabela 2). O início da zona da clorita está encoberto pelos sedimentos clásticos da Formação Rio das Barreras. Essas zonas, incluindo a parte ocidental da área, onde afloram os filitos da Formação Couto Magalhães, caracterizam um regime metamórfico progressivo de pressão média para alta, na acepção de Winkler (1974).

	VI-43	VI-49	VII-22 B	VII-31	VII-33	VIII-43	VIII-04	VIII-22 A
Plagioclásio	o	o	o	o	o		o	o?
Feldspato Pot.								
Muscovita	X	X	X	X	X	X	X	X
Biotita			o	X	X	X	X	X
Cianita								
Fibrolita								
Granada								
Estaurolita								
Clorita	X		X	(X)	( )?	(X)	( )	o
Epidoto						o		o
Calcita			o					
Anfibólio								

Obs.: 1) Quartzo é uma fase maior em todas as associações minerais; 2) x = maior, o = menor  
 ( ) = retrógrado.

TABELA 2 - ASSOCIAÇÕES MINERAIS A OESTE DE COLMÉIA

	VIII-64	IX-33	IX-67	X-57	X-63 B	x-81
Plagioclásio	o		o	o		
Feldspato Pot.						
Muscovita	(X)	X	X	X	X	X
Biotita	X	X	X	X	X	X
Cianita						
Fibrolita						
Granada	o	o	o	o	X	
Estauroлита		o		o	o	
Clorita		( )?	o	o	( )?	o
Epidoto						
Calcita						
Anfibólio						

Obs.: 1) Quartzo é uma fase maior em todas as associações minerais; 2) X = maior, o = menor  
 ( ) = retrógrado.

CONTINUAÇÃO DA TABELA 2

A estaurolita faz parte de algumas associações minerais da zona da granada. A distribuição da estaurolita em terrenos metamórficos é condicionada pela composição química bruta das rochas, de acordo com o trabalho de Hoscheck (1967); mais exatamente, das relações entre alumínio, sódio, potássio, cálcio, magnésio e ferro. A restrição pode ser suspeitada nesta área pelo fato de não ocorrer cloritóide nas associações de grau fraco e pela distribuição irregular da estaurolita nas ou tras associações.

A leste de Colméia, se bem que se observe mudanças nas associações minerais, não foi possível delimitar zonas, como no caso do flanco ocidental. Talvez isso aconteça por causa de complexidade estrutural. Contudo, as associações minerais (Tabela 3) não diferem das associações do outro flanco.

#### 4.1.2. Relações Microestruturais

Observa-se em muitas amostras micas orientadas e leitos quartzo-feldspáticos, cujo conjunto corresponde à foliação  $S_1$  descrita nas exposições da faixa de dobramentos. Calcita pode aparecer, também, nos leitos quartzo-feldspáticos. Biotita, muscovita e clorita, acompanhada ocasionalmente por epidoto, calcita e opacos constituem os leitos micáceos.

Microdobramentos (crenulação) dessa foliação são vistos nas amostras PGC-VIII-43 e PGC-X-57. (fotomicrografias 1 e 2). Na fotomicrografia 1 a foliação é formada por clorita, muscovita e quartzo e o microdobramento relaciona-se claramente a um sistema de fraturas; na mesma fotomicrografia mostra-se, na parte superior, uma vênula pegmatóide de quartzo.

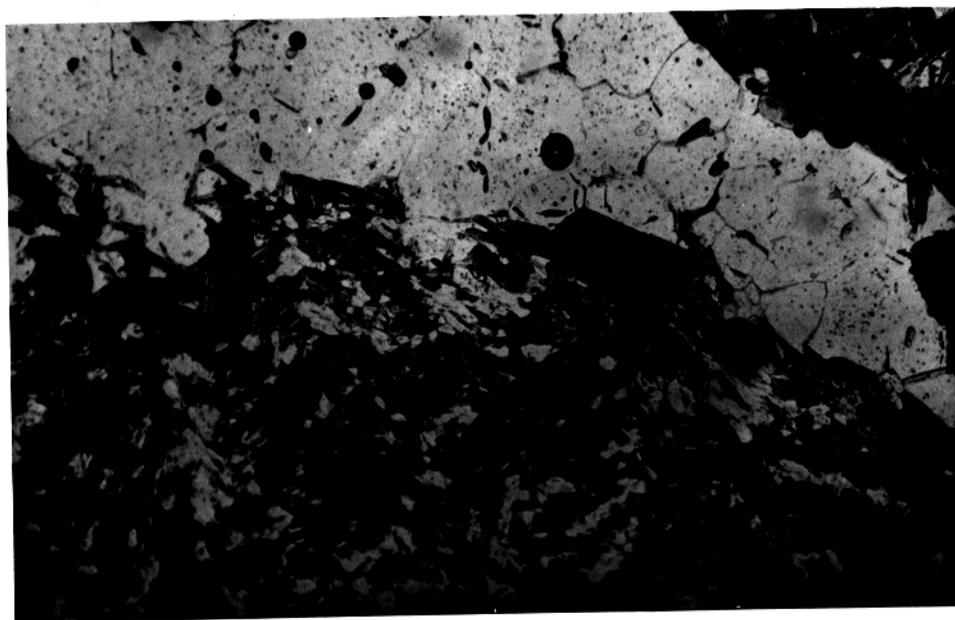
Porfiroblastos de granada e de estaurolita, de granulação fina a média, aparecem nas proximidades da Megadobra de Colméia. Granada e estaurolita possuem inclusões frequentes dos outros minerais e a granada pode ser rotacional (descrita originalmente por Silva et al., 1974). Por vezes, a granada apresenta um núcleo rotacional e uma borda de cristalização normal (Fotomicrografia 3).

Microporfiroblastos de biotita e de muscovita são observados em amostras provenientes dos flancos da Megadobra de

	XI-11	XII-37	XIII-48	XII-37	XI-65 B	XII-07	XII-41	XIII-49
Plagioclásio				o				
Feldspato Pot.								
Muscovita	X	X	o	X	X	X	(X)	X
Biotita	X	X	X	X	X	X	X	X
Cianita								
Fibrolita								
Granada					o	o	o	o
Estaurolita							o	o
Clorita	o			o	o		o	
Epidoto		o	o					
Calcita	o	o	o					
Anfibólio								

Obs. : 1) Quartzo pe uma fase maior em todas as associações minerais; 2) X = maior, o = menor,  
 (o) = retrógrado.

TABELA 3 - ASSOCIAÇÕES MINERAIS A ESTE DE COLMÉIA.



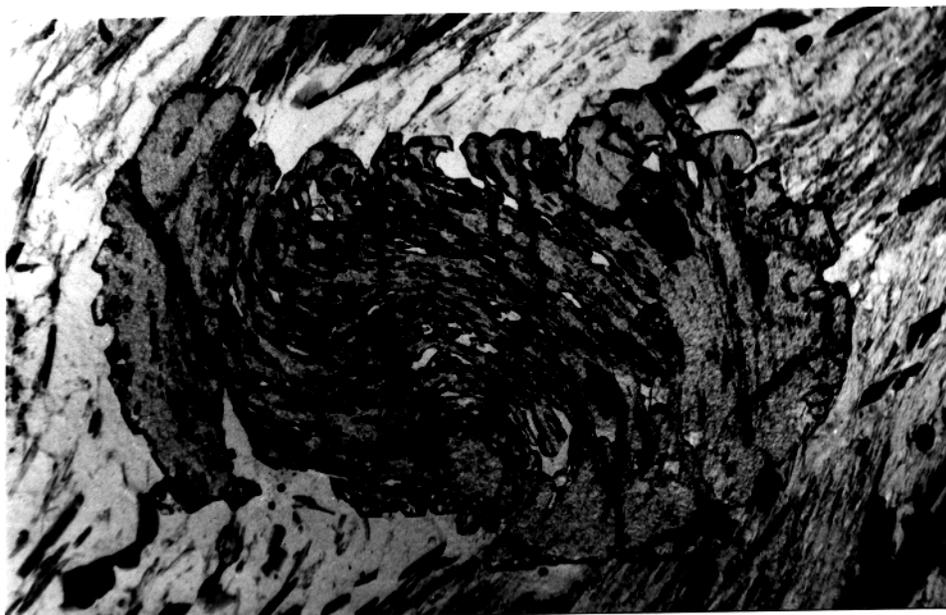
Fotomicrografia 1. Xistosidade  $S_1$  microdobrada (crenulada) através de clivagem de cisalhamento. Quartzo e micas do metamorfismo regional formam  $S_1$ .

PGC - VIII - 43, X 16



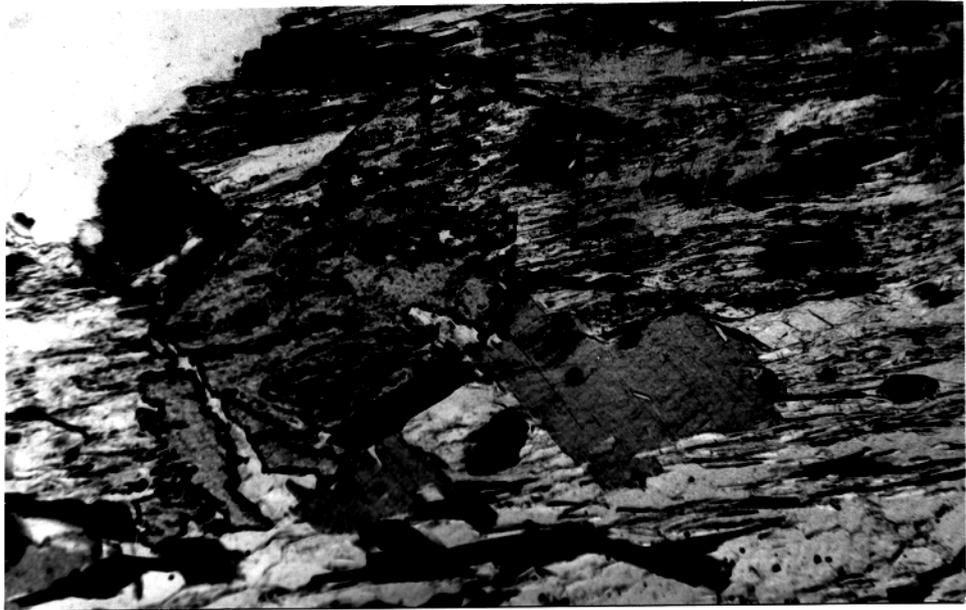
Fotomicrografia 2. Microdobramento notável de  $S_1$ .  
Observa-se, também, grânulos de biotita microporfiro-  
blásticos, de cristalização tardia.

PGC - X - 57, X 13



Fotomicrografia 3. Granada com centro rotacional  
e borda normal.

PGC - IX - 33, X 10



Fotomicrografia 4. Grânulo mal formado de estaurólita. Vê-se, também, microporfiroblastos de biotita.

PGC - IX - 33, X 10

Colméia. Isso se mostra nas fotomicrografias 2 e 4, sendo os minerais claramente posteriores ao microdobramento da foliação na primeira fotomicrografia. As propriedades desses minerais (cor, relevo, pleocroísmo, etc) assemelham-se às propriedades das biotitas e muscovitas da foliação S<sub>1</sub>. Este fenômeno foi descrito pela primeira vez por Hasui et al. (1977).

#### 4.1.3. Petroquímica

Amostras frescas, em número de 7, das zonas da clorita, biotita e granada foram analisadas quanto aos elementos maiores, sendo o ferro expresso totalmente como ferro fêrrico (Tabela 4). As análises foram plotadas em diagrama AFM (Figura 3) para um melhor entendimento das relações entre composição química e associação mineralógica (ver também as Tabelas 2 e 3).

Sabe-se que essas rochas eram sedimentos, a partir de evidências que incluem a ocorrência de lentes de mármore intercaladas, estruturas sedimentares remanescentes (Guerreiro e Silva, 1976) etc. Biotita e clorita são em geral minerais abundantes, o que faz supor uma contribuição pelítica para as rochas pré-metamórficas. Contudo, comparação das análises com médias de rochas sedimentares pelíticas e/ou afins e micaxistos arroladas na Tabela 5 mostram diferenças; as próprias análises diferem entre si, conforme ressalta o diagram AFM.

O estudo petrográfico não indicou qualquer evidência de metassomatose em grande escala. Por outro lado, o metamorfismo isoquímico parece ser um processo muito comum mesmo em altas temperaturas, exceção de componentes voláteis tais como CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, etc. (Winkler, 1974). Ou seja, em princípio o metamorfismo atuante nesta área foi isoquímico, as rochas-mãe eram sedimentos com afinidades pelíticas e as variações das análises se devem a variações dentro desses sedimentos.

## 4.2. Área de Xambioá-Vanderlândia

### 4.2.1. Associações Mineralais

Nesta área foram descritas 19 amostras de xistos da Formação Estrondo (Grupo Araxá na acepção de Silva et al.,

	VI-43	VI-49	VII-33	VIII-43	IX-33	XII-41	IX-67
SiO <sub>2</sub>	65,97	75,04	60,91	64,91	64,02	61,64	64,11
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,46	12,95	18,43	16,36	17,36	16,38	18,45
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,02	3,99	7,56	6,29	8,17	7,70	7,18
MgO	3,00	1,72	3,05	2,69	2,29	3,29	2,15
CaO	0,26	0,32	1,63	0,81	1,17	2,71	0,66
Na <sub>2</sub> O	0,71	2,26	1,97	2,24	2,63	2,88	1,51
K <sub>2</sub> O	4,66	2,83	5,26	3,91	4,29	3,28	4,83
TiO <sub>2</sub>	0,75	0,63	0,89	0,90	1,22	0,87	0,88
MnO	0,10	0,04	0,10	0,13	0,11	0,16	0,07
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,07	0,21	0,21	0,27	0,13	0,19	0,13

Obs.: 1) Análises executadas pelo Prof. Dr. Carlos Alberto R. de Albuquerque;

2) Os valores estão recalculados para 100%

TABELA 4 - ANÁLISES QUÍMICAS PARA A ÁREA DE GUARAI-CONCEIÇÃO (% em peso)

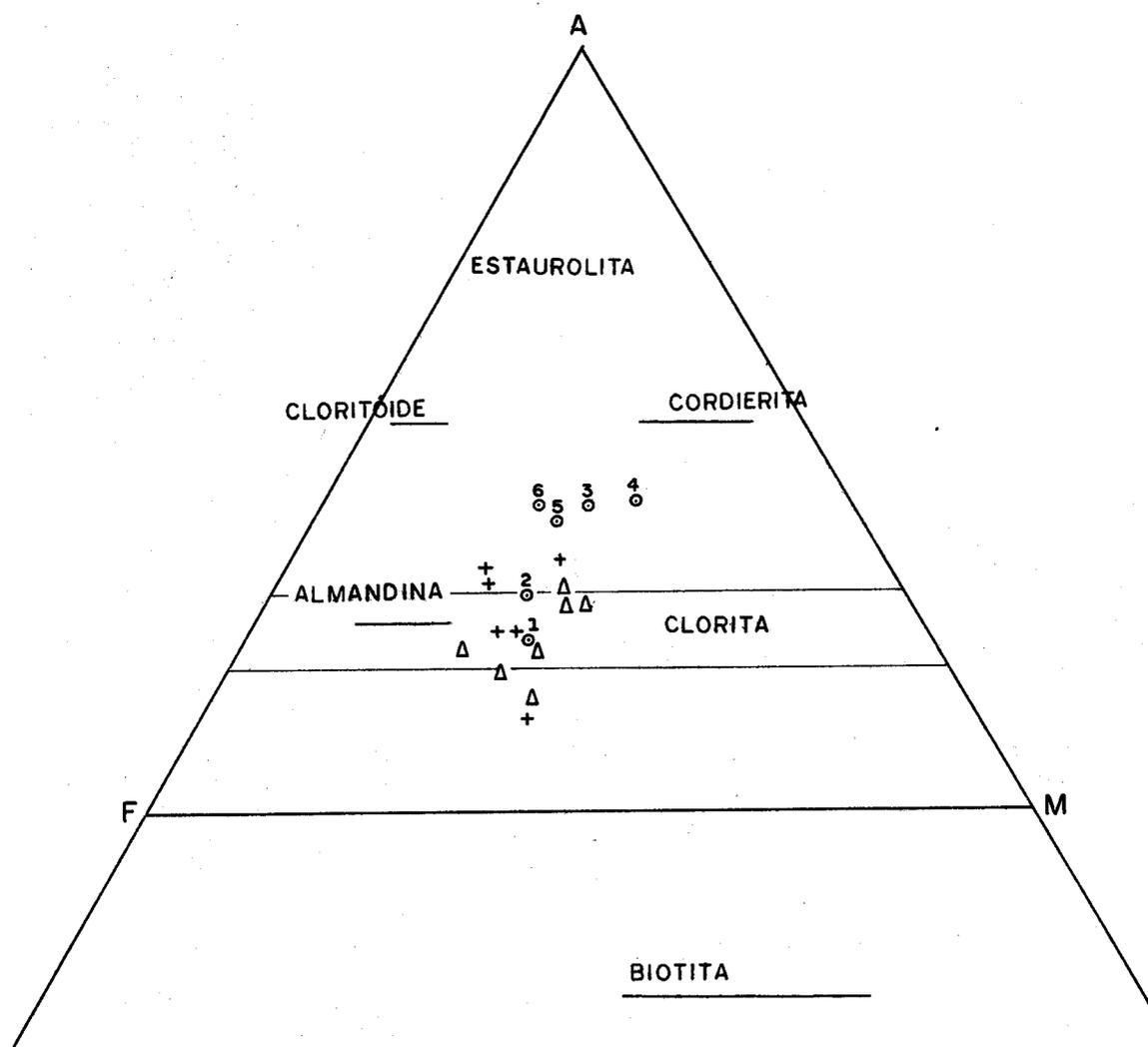


FIGURA 3. DIAGRAMA AFM DAS ANÁLISES DAS TABELAS 4 E 9.

Δ Análise da Área de Guarai-Coneição  
 + Análises da Área de Xambioá-Vanderlândia

Vê-se também as médias da Tabela 5 (círculos)

	1	2	3	4	5	6
SiO <sub>2</sub>	65,22	63,64	64,3	59,93	66,7	62,8
TiO <sub>2</sub>	0,87	0,92	1,0	0,85	0,6	0,7
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,75	16,04	17,5	16,62	13,5	15,1
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	2,1	3,03	-	-
FeO	6,23 <sub>T</sub>	7,16 <sub>T</sub>	4,6	3,18	4,95 <sub>T</sub>	5,6 <sub>T</sub>
MnO	0,10	0,16	0,1	-	-	-
MgO	2,59	2,62	2,7	2,63	2,1	2,35
CaO	1,08	2,25	1,9	2,18	2,5	2,35
Na <sub>2</sub> O	2,02	2,61	1,9	1,73	2,9	2,25
K <sub>2</sub> O	4,15	3,49	3,7	3,54	2,0	2,8
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,17	0,19	0,2	-	-	-

Obs.: 1 e 2 - Xistos da área de Guarai-Conceição e Xambioá-Vanderlândia, respectivamente; 3 - Micaxistos (Miyashiro, 1975); 4 - Argilas, folhelhos e ardósias (85 análises) (Miyashiro, 1975); 5 - Grauvacas (Wedepohl, 1969) e 6 - Grauvacas e pelitos (1:1) (Wedepohl, 1969)

TABELA 5 - MÉDIAS DE ANÁLISES DE ROCHAS SEDIMENTARES E METAMÓRFICAS

1974). Os minerais mais abundantes são biotita, quartzo e muscovita; calcita, plagioclásio, clorite, granada e estaurolita podem ser abundantes. Menos abundantes são cianita, microlina, plagioclásio, granada, estaurolita, clorita, epidoto, clacita, anfibólio, fibrolita, muscovita e biotita.

As associações minerais dos xistos referidos acima mostram o seguinte comportamento: regionalmente aparece a associação clorita + biotita + plagioclásio + muscovita + quartzo, mostradas pelas amostras PXV-I-33, PXV-II-71, etc (Tabelas 6, 7 e 8). Nas proximidades da Antiforme de Xambioá aparece a associação clorita + granada + biotita + muscovita + quartzo e nas proximidades da Antiforme do Lontra aparecem, ademais da última associação, os minerais estaurolita, cianita e fibrolita, este localmente.

A estaurolita e a cianita coexistem dentro da zona da granada em metamorfismo de grau médio sob pressões de moderadas a altas (Winkler, 1974). O comportamento das associações minerais enseja, então, o traçado da isógrafa da granada, nas proximidades das megadobras do Lontra e de Xambioá, concentricamente a essas estruturas (Figura 4). Isógradas concêntricas encontram respaldo na literatura, por exemplo em Jansen & Schuiling (1976), com referência a uma estrutura dômica em Naxos, na Grécia.

Outras ocorrências conjuntas de granada, estaurolita e cianita (Tabela 8) coincidem com a dobra-falha existente na parte central da área, como está indicado na Figura 4. As associações observadas nessa região fariam parte da zona da granada exposta a partir da profundidade pela evolução da estrutura já referida.

#### 4.2.2. Relações Microestruturais

A separação dos minerais em leitos, de uma parte micáceos e de outra quartzosos, constituindo uma foliação, é o fenômeno mais persistente das rochas. Assemelham-se, assim, às rochas da área de Guarai-Conceição, se bem que lá sejam raros os leitos quartzo-carbonáticos.

Microdobramento dessa foliação é exemplificado

	I-33	II-71	I-32	I-48	V-81
Plagioclásio	X	X	o?	o	o
Feldspato Pot.					
Muscovita	( )	( )	X	X	o
Biotita	X	X	X	X	X
Cianita					
Fibrolita					
Granada			o	o	o
Estaurolita					
Clorita	o	o		o	o
Epidoto					o
Calcita	X	X			
Anfibólio					

Obs.: 1) Quartzo é uma fase maior em todas as associações minerais; 2) X = maior, o = menor, ( ) = Retrógrado.

TABELA 6 - ASSOCIAÇÕES MINERAIS DAS PROXIMIDADES DA ANTIFORME DE XAMBIOÃ

	IV-52	IV-58	V-70	IV-05	IV-38	IV-43	V-75
Plagioclásio	o?	o?	o	o	o	o	
Feldspato Pot.			R				
Muscovita	X	X	X	X	X	( )	X
Biotita	X	X	X	X	X	X	X
Cianita						o	o
Fibrolita				o		o	
Granada				o	o	o	o
Estauroлита				o			
Clorita	X	X	o	o			
Epidoto	o	o	o		o		
Calcita	o	o	o				
Anfibólio					o		

Obs.: 1) Quartzo é uma fase maior em todas as associações minerais; 2) X = maior, R = remanescente, o = menor e ( ) = Retrógrado.

TABELA 7 - ASSOCIAÇÕES MINERAIS DAS PROXIMIDADES DA ANTIFORME DO LONTRA

	V-68	V-84	VI-49	VI-08	V-61	VI-04	VIII-08
Plagioclásio	o	o	o	o		o	o
Feldspato Pot.				R			
Muscovita	X	X	X	X	X	X	X
Biotita	X	X	X	X	o	X	X
Cianita						o	
Fibrolita							
Granada					X	o	o
Estauroлита					X	o	
Clorita					o	o	o
Epidoto	o	o	o				o?
Calcita	o						
Anfibólio							

Obs.: 1) Quartzo é uma fase maior em todas as associações minerais; 2) X = maior, R = remanescente, o = menor e ( ) = retrógrado.

TABELA 8 - ASSOCIAÇÕES DE MINERAIS A SE DE XAMBIOÁ

por várias amostras, como por exemplo PXV-IV-52 (Fotomicrografia 5), onde se observa que as micas foram transpostas e adquiriram a orientação de uma clivagem de cisalhamento.

Além das foliações, porfiroblastos de granulação média de granada, de estaurolita e de cianita, constituem outro aspecto notável da micro-estrutura das rochas. Pequenas inclusões orientadas, especialmente de quartzo, opacos e biotita ocorrem no interior dos porfiroblastos de granada e estaurolita. No caso da granada, observam-se inclusões sob a forma de padrão rotacional, ou, um núcleo rotacional e uma borda de cristalização normal (Fotomicrografia 6). Por vezes, parece que o porfiroblastos segue a orientação da foliação, tal como se vê na fotomicrografia 7.

Por fim, destacam-se microporfiroblastos de biotita e de muscovita muito parecidos aos seus similares da área de Guarai-Conceição (Fotomicrografia 8). O fenômeno aparece em amostras situadas nas proximidades das megadobras de Xambioá e do Lontra, tendo sido descrito por Hasui et al. (1977) como um evento de blastese estática nos metapelitos e por Montalvão (1978) como "cross mica".

#### 4.2.3. Petroquímica

Nesta área foram analisadas 6 amostras oriundas das zonas da biotita e da granada (Tabela 9) e o tratamento dos dados foi idêntico aquele empregado para as análises da área de Guarai-Conceição (ver Tabelas 4 e 5 Figura 3 e também Tabelas 6 e 7).

O comportamento das análises não mostra diferenças apreciáveis das rochas da área de Guarai-Conceição e todas as considerações feitas para aquela área também são válidas para esta, mas, em ambos os casos, o estudo em termos de metamorfismo ainda é insuficiente e as considerações são preliminares.

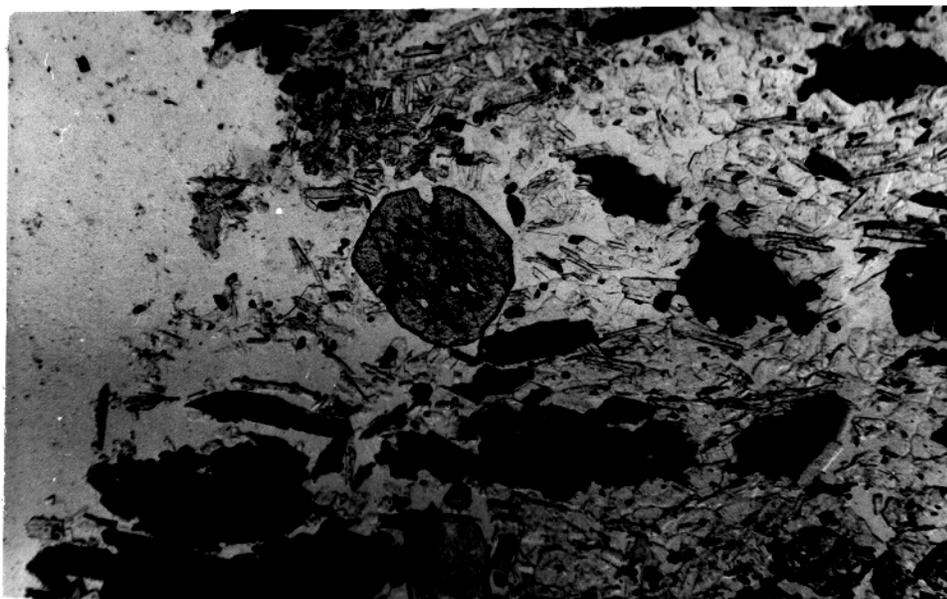
#### 4.3. Metamorfismo nos Caminhamentos Transversais

Se bem que rarefeita, a amostragem fornece uma razoável idéia sobre o comportamento do metamorfismo fora das



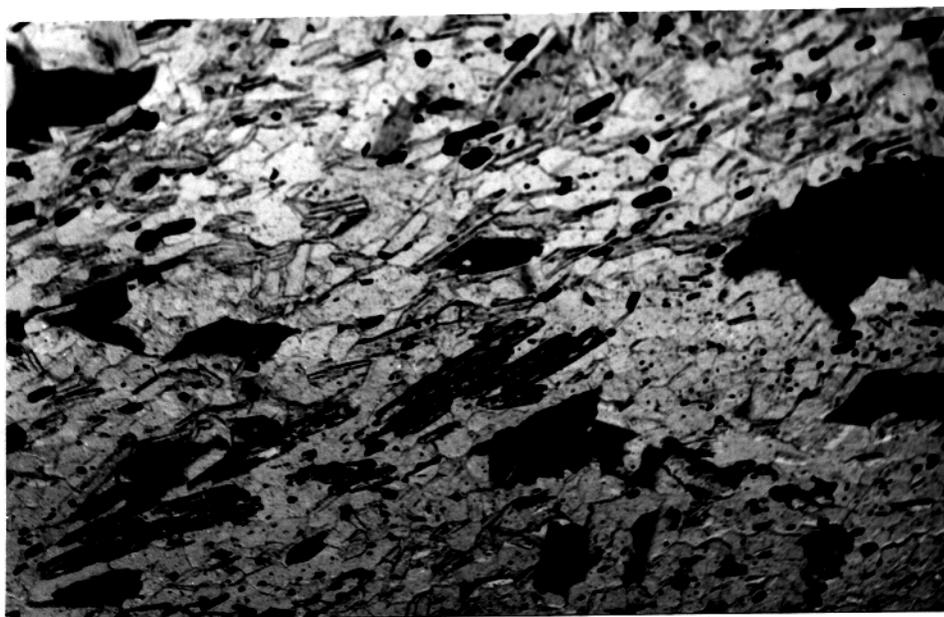
Fotomicrografia 5. Clivagem de cisalhamento do evento  $F_3$  e xistosidade  $S_1$ . Observa-se transposição de  $S_1$ .

PXV - IV - 52, X 10



Fotomicrografia 6. Granada com centro rotacional xenomórfico e borda de cristalização normal idiomórfica.

PXV - VI - 04



Fotomicrografia 7. Grânulos de cianita (relevo alto) alinhados segundo  $S_1$ .

PXV - VI - 04, X 10



Fotomicrografia 8. Vê-se claramente, grãnu  
los de biotita, microporfiroblãsticos, de cristali  
zação tardia.

PXV - V - 70, X 10

	II-71	IV-05	IV-38	IV-52	IV-58	IV-70
SiO <sub>2</sub>	69,26	58,00	52,34	65,85	65,52	70,87
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,49	19,26	19,96	15,14	14,52	12,88
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,94	11,92	11,73	6,65	8,08	5,02
MgO	2,22	3,02	3,01	2,82	2,70	2,00
CaO	2,06	1,85	4,16	2,11	0,74	2,63
Na <sub>2</sub> O	2,30	1,34	3,59	2,11	4,00	2,32
K <sub>2</sub> O	3,76	3,11	3,31	4,24	3,30	3,27
TiO <sub>2</sub>	0,71	1,25	1,19	0,80	0,82	0,75
MnO	0,08	0,15	0,46	0,09	0,11	0,08
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,18	0,11	0,26	0,19	0,22	0,19

Obs.: Análises executadas pelo Prof. Dr. Carlos Alberto R. de Albuquerque;  
 2) Os valores estão recalculados para 100%.

TABELA 9. ANÁLISES QUÍMICAS PARA A ÁREA DE XAMBIOÃ-VANDERLÂNDIA (% em peso)

áreas descritas anteriormente. Foram examinadas 8 amostras de xistos.

As associações minerais observadas, exceto nas proximidades da localidade de Pé do Morro, mostram sempre a associação clorita + biotita + plagioclásio + muscovita + quartzo. A situação é indicativa na zona da biotita.

Uns 30 km a NW de Troca Tapa e nas adjacências de Pé do Morro encontram-se xistos portadores de granada. Abreu (1978) reportou uma estrutura dômica das rochas nessa região, semelhante, em princípio, a uma antiforme. Os fatos sugerem uma isógrada da granada dentro da zona da biotita, tal como no caso das antiformes do Lontra e de Xambioá.

As relações microestruturais mostram uniformidade em muitas amostras. Aparece, constantemente, uma separação em leitos quartzosos e leitos micáceos; turmalina, epidoto, etc. ocorrem com mais frequência nos leitos micáceos. Essa foliação constitui a feição estrutural mais repetitiva dos caminhamentos.

Microdobramento da foliação, por vezes associado com fraturas e transposição de micas dos leitos micáceos, é visível em muitas rochas. As amostras PFO - 054 e PFO - 094 tipificam bem a situação.

Outra feição destacada é a cristalização tardia de biotita. A amostra PFO - 118 apresenta biotitas microporfiroblásticas, transversias à foliação, que possuem em seu interior rastros de opacos e epidoto; essa amostra é, sem dúvida, um dos mais belos exemplares estudados.

Síntese do Metamorfismo - O quadro das variações do metamorfismo no espaço indica, em resumo, um zoneamento regional de oeste para este, aparecendo, sucessivamente, a partir dos sedimentos pouco deformados e de características anquimeta-mórficas das proximidades do Craton Amazônico, as zonas da sericita, clorita e biotita. A granada forma zona concêntrica ao redor da Antiforme de Xambioá e, juntamente com estauroлита e cianita, ao redor da Antiforme do Lontra (Figura 5). As ocorrências de fibrolita no flanco oeste da Antiforme do Lontra poderiam estar ligadas a efeitos metassomáticos locais (Spry, 1974,

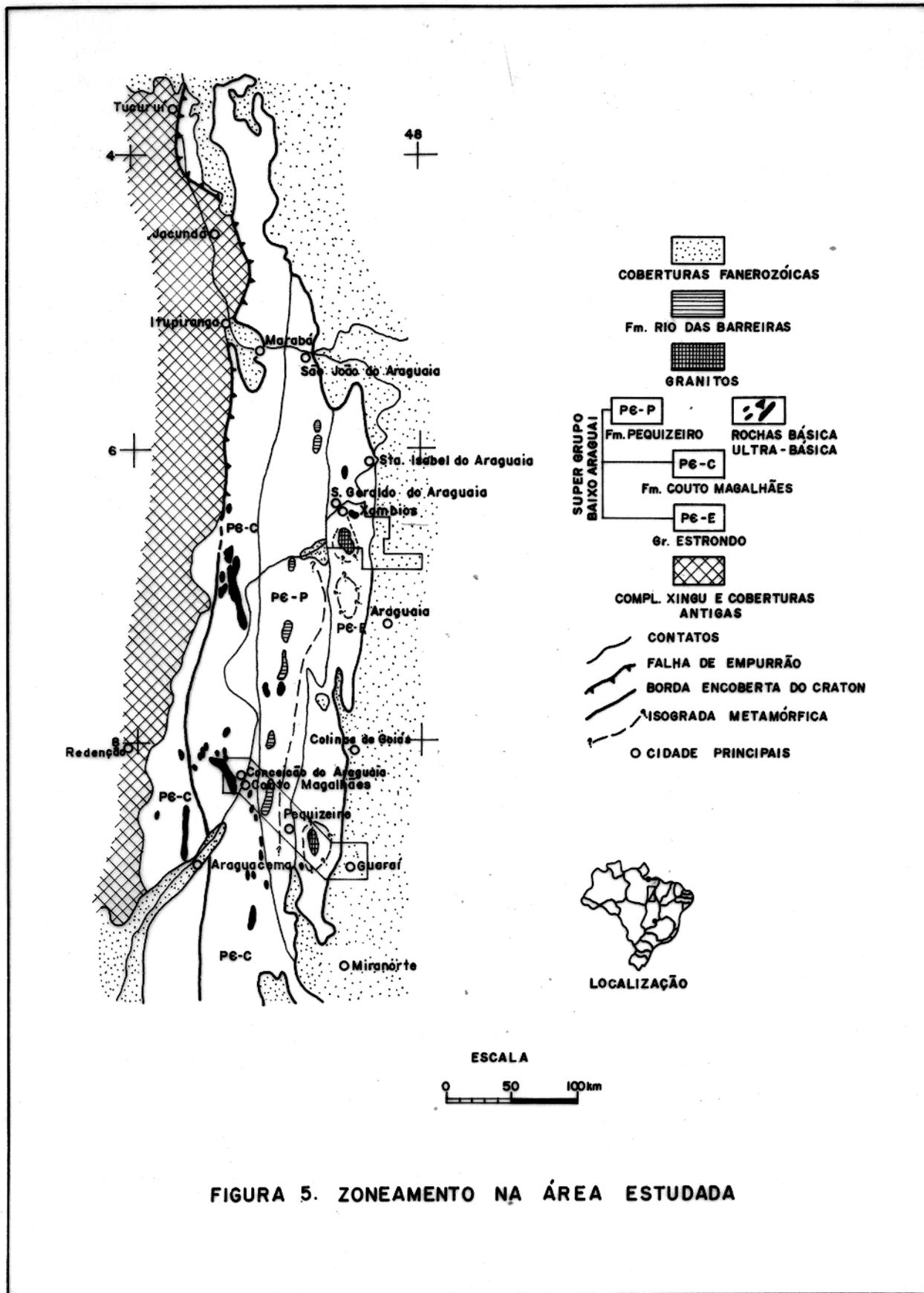


FIGURA 5. ZONEAMENTO NA ÁREA ESTUDADA

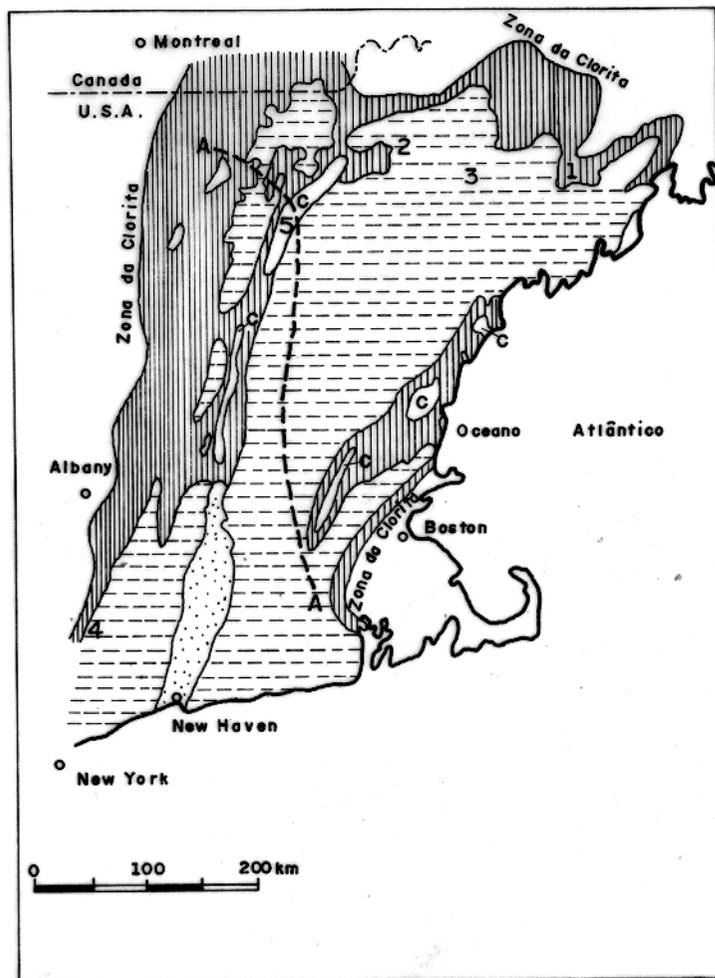
cita a comum associação da fibrolita em metassomatose).

As zonas da sericita, clorita, biotita e granada correspondem à fácies xisto verde e a parte da zona da granada com estaurolita e/ou cianita à fácies anfibolito no sentido de Turner (1968). A passagem gradativa do grau de metamorfismo entre Araxã e Tocantins, conforme se deduz da análise das Tabelas 2, 3, 6, 7 e 8, anteriormente sugerida por Helmbold (1960), Puty et al. (1972), Amaral (1974), Hasui et al. (1975) e Hasui et al. (1977), fica plenamente demonstrada.

A presença da cianita e a ausência de glaucofana, jadeita e andaluzita enquadram a área nos tipos pressão-média ou média para alta de acordo com Miyashiro (1975) e Turner (1968), respectivamente. Os minerais mais comuns, biotita, granada, estaurolita, etc e a série de fácies também correspondem ao tipo pressão-média, exceto pela ausência de fácies granulito. Assemelha-se às Highlands da Escócia e aos Apalaches Setentrionais, possuindo de comum com os Apalaches a mesma sucessão de zonas, a dificuldade de individualizar zonas na parte da fácies anfibolito e o desenvolvimento submeridiano das zonas (Figura 6).

Provavelmente as condições físicas do metamorfismo na Faixa Paraguai-Araguaia (ramo setentrional) foram idênticas às condições atuantes nos Apalaches e nas Highlands da Escócia. Além disso, a presença da estaurolita mais muscovita, indicando condições distantes do limite superior de estabilidade da estaurolita, fornece evidência de um metamorfismo não muito forte (área hachureada na Figura 7).

O estabelecimento dessas condições se deu gradativamente, conforme atestam as relações microestruturais e o próprio zoneamento regional. A matriz das rochas foi formada por recristalização e cristalização dos sedimentos originais, surgindo clorita, biotita, epidoto, quartzo, etc. Com a continuação do metamorfismo, cristalizaram-se granada, estaurolita e cianita, englobando muitos dos minerais pré-existentes que aparecem como rastos no interior da granada, estaurolita e cianita; a idade relativa desses últimos minerais é incerta. O ciclo metamórfico foi encerrado com a cristalização de microporfiroblastos



**LOCALIDADES**

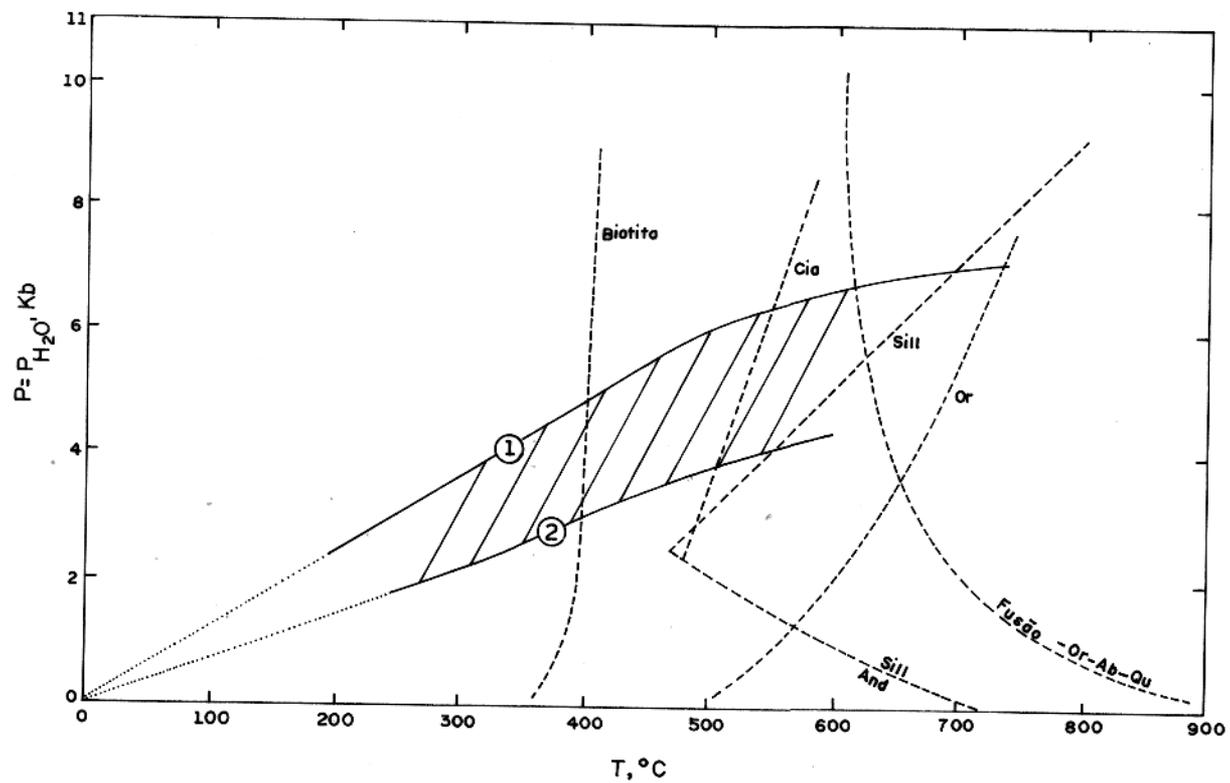
- 1- Waterville
- 2- Errol
- 3- Bryant
- 4- Dutchess County
- 5- Woodsville

**LITOLOGIA**

-  Formações triásicas (pós metamórficas)
-  Rochas não metamorfizadas & zonada Clorita (c)
-  Zonas da Biotita e Granada
-  Zonas da Estaurolito, Sillimanita, & Sillimanita K-Feldspato
- A---A Limite entre regiões pressão média & baixa

**FIGURA 6. ZONAS METAMÓRFICAS PALEOZÓICAS NOS APALACHES**

Fonte: MIYASHIRO (1973)



- ① Zonas de Barrow
- ② Vermont-New Hampshire

FIGURA 7. GRADIENTE ESPERADO PARA A FAIXA PARAGUAI-ARAGUAIA

Fonte: TURNER (1968)

tos de biotita e de muscovita, já numa fase de esfriamento do pacote metasedimentar.

## 5. O METAMORFISMO E EVOLUÇÃO GEOLÓGICA

A Tabela 10 põe em relevo as relações entre o metamorfismo e a evolução geológica, representada pela história deformacional.

A xistosidade de plano-axial  $S_1$ , composta pela orientação preferencial dimensional das micas e leitos quartzo-feldspáticos, surgiu durante o evento deformacional  $F_1$ . Nesse evento, os minerais da foliação cristalizaram-se sintectonicamente, de modo a originar a orientação mineral.

Os porfiroblastos de granada, estaurolita e cianita possuem inclusões de quartzo, epidoto, opacos, etc. da xistosidade  $S_1$ . O fenômeno reflete um crescimento dos porfiroblastos com substituição volume a volume da xistosidade.

Por vezes, a granada mostra um núcleo rotacional. A rotação pode ocorrer por deslocamento interplanar das superfícies de xistosidade adjacentes ao cristal de granada (Roy, 1966), mecanismo provavelmente associado ao dobramento por flexão descrito por Mattauer (1973); ou por crescimento do cristal num meio que sofre cisalhamento simples (Spry, 1974). Por já existirem em  $F_2$  condições para rotação, a granada deve ser Sin- $F_2$ .

A cristalização relativa da granada, estaurolita e cianita não foi deduzida das relações microestruturais. Por comparação com outras áreas (Roy, 1966; Sen e Chakraborty, 1967 e Spry, 1974), a cristalização da estaurolita e cianita, bem como a borda dos cristais rotacionais da granada, é colocada após o evento deformacional  $F_2$ .

Microporfiroblastos de biotita e de muscovita são controlados pelos fraturamentos ocorridos no evento  $F_3$ . A cristalização desses minerais sugere esfriamento do pacote metasedimentar a partir da cristalização dos porfiroblastos de estaurolita e cianita.

Ainda não existem dados radiométricos suficientes para o estudo geocronológico da área. Dispõe-se de idades K-Ar em biotitas com valores entre 426 e 516 m.a. (Hasui et al, 1975) e também K-Ar em flogopitas e biotitas com valores de 386 e 483 m.a. (Basei, in Silva et al, 1974). Os valores sugerem uma idade

FASE DE DEFORMAÇÃO	F <sub>1</sub>			F <sub>2</sub>			F <sub>3</sub>		
	PRÉ	SIN	PÓS	PRÉ	SIN	PÓS	PRÉ	SIN	PÓS
QUARTZO			---					---	---
PLAGIOCLÁSIO			---					---	---
MUSCOVITA	---	---	---					---	---
CLORITA	---	---	---					---	---
BIOTITA	---	---	---					---	---
GRANADA				---	---	---			
ESTAUROLITA					---	---			
CIANITA					---	---			
CARBONATO			---						
FASE DE CRISTALIZAÇÃO	PRÉ	SIN	PÓS	PRÉ	SIN	PÓS	PRÉ	SIN	PÓS
FOLIAÇÃO SURGIDA	S <sub>1</sub>						S <sub>2</sub>		
FOLIAÇÃO DEFORMADA	S <sub>0</sub>			S <sub>1</sub>			S <sub>1</sub>		

TABELA 10. RELAÇÃO ENTRE METAMORFISMO E DEFORMAÇÃO

mínima para o pico do metamorfismo, aproximando-se provavelmente da cristalização das biotitas e muscovitas pós-F<sub>3</sub>.

## 6. CONCLUSÕES

Os dados apresentados nos capítulos anteriores permitem aventar algumas conclusões sobre o metamorfismo que atuou na área estudada, bem como da relação deste com outros fenômenos geológicos.

a) A grande extensão dos xistos das Formações Estrondo e Pequizeiro, a grande extensão dos filitos da Formação Couto Magalhães e a ocorrência de lentes de calcário nessa última unidade (Barboza, et al, 1966) apontam uma ascendência sedimentar para as rochas sob enfoque. Estratificação cruzada e acamamento gradual nos quartzitos do flanco oeste da Antiforme de Colméia (Guerreiro e Silva, 1976) reforçam essa asserção. Já o tratamento químico não permite muitas considerações, por ainda ser superficial.

b) As zonas regionais da sericita, clorita e biotita, além das associações da zona da granada sem estauroлита, indicam metamorfismo da fácies anfibolito.

A presença da cianita e a ausência da glaucofana, jadeita e andaluzita enquadram esses terrenos metamórficos num metamorfismo tipo pressão-média (Miyashiro, 1975).

As características observadas assemelham-se às características do metamorfismo nas Highlands da Escócia e nos Apalaches Setentrionais. Entretanto, diferem dos Apalaches por não terem atingido, como naqueles terrenos, a parte alta da fácies anfibolito.

c) A distribuição das associações minerais dentro do edifício orogênico reflete um zoneamento metamórfico regional, representado a partir do Cráton Amazônico pelas zonas da sericita, clorita e biotita, incluindo os anquimetamorfitos no limite do cráton. Localmente a zona da granada emoldura as megadobras do Lontra e de Xambioá, na parte norte da área.

A distribuição das zonas metamórficas compõe um edifício tecto-orogênico assimétrico, cuja polaridade dirige-se para o Cráton Amazônico.

As ocorrências de fibrolita no flanco oeste da Antiforme do Lontra são muito localizadas e sugerem crescimento

metassomático, um fenômeno comum com este mineral.

d) A relação entre o metamorfismo e os eventos deformacionais deixa ver uma evolução de caráter polifásico. A instalação do metamorfismo é reconhecida pela foliação de plano-axial  $S_1$ , resultado da interação entre deformação  $F_1$  e o metamorfismo (cristalização de micas, quartzo, feldspato, etc). Granadas rotacionais cristalizaram-se provavelmente no evento  $F_2$ . O pico do metamorfismo foi encerrado com a blastese de microporfiroblastos de biotita e muscovita, ao lado de ligeiro retrometamorfismo nas biotitas e granadas  $\text{sin-}F_2$ . As deformações finais de caráter ruptural ultrapassam o metamorfismo.

e) Do que foi visto em termos de metamorfismo e deformação, cuja história, como concluiu Abreu (1978), é atribuível a um ciclo tecto-orogênico, o autor é levado a concluir que o metamorfismo pode ser considerado como unicíclico e polifásico. A idade do pico do metamorfismo permanece desconhecida, mas suas manifestações finais do Ciclo Brasileiro.

7. BIBLIOGRAFIA

- ABREU, Francisco de Assis M. de - 1978 - Esboço Estratigráfico Estrutural da Faixa de Dobramentos Paraguai-Araguaia. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Pará, Belém, 150 p.
- ALMEIDA, F.F.M. de, HASUI, Y. e BRITO NEVES, B.B. de - 1976 - The Upper Precambrian of South America. Bol. Inst. Geoc., USP, 7: 45-80.
- AMARAL, G. - 1974 - Geologia Pré-Cambriana da Região Amazônica. Tese de Livre Docência - Inst. Geoc., USP, 212 p.
- BARBOSA, O., ANDRADE RAMOS, J.R. de, ANDRADE GOMES de e HELM BOLD, R. - 1966 - Geologia Estartigráfica, Estrutural e Econômica da Área do Projeto Araguaia. DNPM, Monografia XIX, 94 p.
- GUERREIRO, M.G.S. e SILVA, J.M.R. da - 1976 - Projeto Guarai-Conceição. Convênio DNPM/UFPa, Belém, ilustr. Datilografado.
- HASUI, Y., HENNIES, W.T. e IWANUCH, W. - 1975 - Idades Potássio-Argônio do Pré-Cambriano da Região Centro Norte do Brasil. Bol. Inst. Geoc., USP, 6: 77-83.
- HASUI, Y., ABREU, Francisco de Assis M. de e SILVA, J.M.R. da - 1977 - Estratigrafia da Faixa de Dobramentos Paraguai-Araguaia no Centro Norte do Brasil. Bol. Inst. Geoc., USP, 8: 107-117.
- HELMBOLD - 1960 - in: Brasil. Departamento Nacional da Produção Mineral. Relatório Anual da Diretoria. 1959. Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Div. Geol. e Min.
- HOSCHEK, G. - 1967 - Untersuchungen zum Stabilitätsbereich von Chloritoid und Staurolith. Contr. Mineral. Petrol. 14, 123-162.
- JANSEN, J.B.H. e SCHUILING, R.D. - 1976 - Metamorphism on Naxos: Petrology and Geothermal Gradients. Am. J. Sci., 276: 1225.1253.
- MATTAUER, A. - 1973 - Les Déformations des Matériaus de l'Ecorce Terrestre, 1ª ed., Paris, Hermann, 225 p.

- MYASHIRO, A. - 1975 - *Métamorphism and Metamorphic Belts*, 1ª ed., Londres, George Allen & Unwin Ltd., 492 p.
- MONTALVÃO, R.G.G. - 1978 - Litoestratigrafia do Grupo Araxá (Grupo Estrondo) e Grupo Tocantins. An. XXX Congr. Bras., Recife, 2: 649-657.
- MORAES REGO, L.F. de - 1933 - Notas Geográficas e Geológicas sobre o Rio Tocantins. B. Museu Paraense Emílio Goeldi. Belém. 9: 271-288.
- PUTY, C.O.F., MARTINS, R.C., MONTALVÃO, R.M.G., JORGE JOÃO, X. da Silva, CARREIRA, J.M., SILVA, C.H., NEVES, A.P., GIFFONI, L.E., LOURENÇO, R.S. e FRIZZO, S.J. - 1972 - Projeto Marabá. Relatório integrado, v. 1, Dep. Nac. Prod. Min.
- ROY, A.B. - 1966 - Interrelation of Metamorphism and Deformation in Central Singbhum, Eastern India. *Geologia en Mijnboun*, 45: 365-374.
- SEN, S.K. e CHAKRABORTY, K.R. - 1967 - Regional Metamorphism around Kandra, Singbhum, Bihar. *Con. Mineral. and Petrol.*, 16: 210-232 p.
- SILVA, G.G. da, LIMA, M.I.C. de, ANDRADE, A.R.F. de, ISSLER, R. S. e GUIMARÃES, G. - 1974 - Geologia das Folhas SB-22 Araguaia e parte da SB-22 Tocantins. Projeto RADAM, 4(I).
- SPRY, A. - 1974 - *Metamorphic Textures*, 1ª ed., Londres, Pergamon Press, 350 p.
- TROW, R.A.J.; VAZ, L.F. SLONGO, T.T.; NAKASATO, N. - 1976 - Geologia da Região de Tucuruí, Baixo Tocantins, Pará. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 29, Belo Horizonte. Resumos dos Trabalhos. p. 18.