

PHL023256



0760

CONTRIBUIÇÃO TÉCNICA DEGEO-001/78

MINERALIZAÇÃO DE VANÁDIO  
NA  
FORMAÇÃO SERGI-BACIA DE TUCANO

*Do caso eslova  
amigo Faires,  
de Tucano, das companhias  
grande abacos do,  
Frank  
maio, 78*

Contribuição Técnica DEGEO-001/78

MINERALIZAÇÃO DE VANÁDIO  
NA  
FORMAÇÃO SERGI-BACIA DE TUCANO

Carlos Ivan Santana

Superintendência de Recursos Minerais  
Departamento de Geologia  
Grupo de Estudo das Bacias Sedimentares

Rio de Janeiro  
Fev-78

SUMÁRIO

Página

RESUMO

1 - INTRODUÇÃO .....	1
2 - TRABALHOS ANTERIORES .....	1
3 - A BACIA DE TUCANO .....	5
4 - O GRUPO BROTAS .....	7
4.1 - FORMAÇÃO ALIANÇA .....	8
4.1.1 - MEMBRO AFLIGIDOS .....	8
4.1.2 - MEMBRO BOIPEBA .....	9
4.1.3 - MEMBRO CAPIANGA .....	10
4.1.4 - IDADE, PALEONTOLOGIA E CORRELAÇÃO .....	10
4.1.5 - AMBIENTE DE DEPOSIÇÃO .....	11
4.2 - FORMAÇÃO SERGI .....	12
4.2.1 - LITOLOGIA .....	13
4.2.2 - COMPORTAMENTO ESTRATIGRÁFICO .....	14
4.2.3 - IDADE, CORRELAÇÃO E PALEONTOLOGIA .....	15
4.2.4 - AMBIENTE DE DEPOSIÇÃO .....	16
5 - AS MINERALIZAÇÕES DE VANÁDIO NA FORMAÇÃO SERGI ..	16
6 - DISCUSSÃO .....	21
7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	25
8 - FIGURAS .....	28

RESUMO - O presente trabalho trata da ocorrência de significan-  
tes teores de vanádio na Formação Sergi, na Bacia de Tucano Cen-  
tral e que chegam a alcançar valores de até 10%, chamando aten-  
ção para suas possíveis relações com modelos mineralizados se-  
melhantes, já conhecidos em outros países. Tenta ainda mostrar  
a necessidade de se realizar trabalhos de detalhe, objetivando  
definir o possível condicionamento estratigráfico e estrutural  
destas concentrações minerais.

## 1. INTRODUÇÃO

As ocorrências de vanádio conhecidas na Formação Sergi, dentro do rift do Recôncavo/Tucano/Jatobá estão localizadas na área de Tucano Central.

Tais ocorrências estão associadas com as mineralizações de urânio que ali ocorrem e que foram primeiro constatadas por Haynes, em 1956, em amostras da Fm. Sergi, obtidas no poço 1-MC-1-BA (Macaco nº1), perfurado pela Petrobrás em 1948 (Fig.1). Este poço é o mesmo que produz as águas quentes provenientes da Fm. Ilhas, de uma profundidade em torno de 560 (-360)m e que deu origem ao balneário de Caldas do Jorro.

Posteriormente, a partir de 1957, trabalhos desenvolvidos pela CNEN localizaram várias anomalias radioativas na região, notadamente no bordo oeste da bacia, também a oeste do citado poço, em afloramentos da Fm. Sergi nas adjacências e na Serra da Rua Nova.

## 2. TRABALHOS ANTERIORES

Com as ocorrências de urânio, à superfície, na região de Rua Nova, e em profundidade no Jorro, resolveu a CNEN executar estudos mais detalhados na área oeste da Bacia de Tucano Central.

Assim, após a constatação por Haynes em 1956, de confinamento nos arenitos e conglomerados (White & Pierson, 1974) da Formação Sergi entre 1626 (-1426)m e 1631 (-1431)m no poço 1-MC-1-BA, foi empreendida em 1959 uma prospecção aérea com helicóptero, cobrindo uma área de 1.500 km<sup>2</sup> entre as cidades de Euclides da Cunha e Caldas do Cipó. Constatou-se então uma zo

na anomala sobre a Serra da Rua Nova, constituída pela Fm. Sergi, a cerca de 15 km a oeste da cidade de Tucano.

Posteriormente, entre agosto de 1961 e maio de 1962 foi realizada uma prospecção sistemática de superfície na região anomala, cobrindo uma área de 200 km<sup>2</sup>, onde foram descobertas cerca de 40 anomalias radioativas em arenito acinzentado da Formação Sergi, a maioria mineralizada com carnotita ( $K_2O \cdot 2UO_3 \cdot V_2O_5 \cdot 2H_2O$ ), segundo Ramos e Maciel, 1974 e ainda com montroseita  $[VO(OH)]$  mineral de vanádio, (White & Pierson, 1974). Dentre estas anomalias, foram selecionadas três, denominadas pela CNEN de 13, 15 e 16, para teste com broca e outros serviços de detalhe, entre julho de 1962 e o final de 1963. Perfurou-se nesta fase 1.100m e executou-se mapeamento radiométrico numa área de 825 ha além de terem sido removidos cerca de 500 m<sup>3</sup> de material com a abertura de trincheiras. Como resultado destes trabalhos, Ramos e Maciel, 1974, concluíram que a camada mineralizada era apenas superficial, sem continuidade em subsuperfície.

Entre setembro e novembro de 1963, a CNEN contratou a PROSPEC S.A. para executar na bacia serviços de aerocintilometria que cobriram uma área de 39.000 km<sup>2</sup>, constatando-se então cerca de 244 anomalias que, verificadas entre março e junho de 1964, foram então descartadas em sua maioria, selecionando-se 67 delas para a realização de novos trabalhos. Entre julho de 1964 e julho de 1965 várias equipes da CNEN realizaram trabalhos de campo nestas 67 anomalias nas áreas de Araci, Jorro, Itaparica, Santa Brígida, Olindina, São João da Fortaleza e Rio Real, quando foram todas consideradas sem interesse pois, segundo Ramos e Maciel, 1974, a maioria era resultante de contrastes do "back-ground" entre tipos litológicos diferentes, jame-

las do cristalino e aluviões ligeiramente radioativos. #

A partir de julho de 1965 os trabalhos da CNEN voltaram a se concentrar na região de Rua Nova, onde foi feito um mapeamento geológico na escala de 1:2.000 nas zonas anômalas e serviços de geoquímica, com a coleta de 1.080 amostras de solo. Calcada nos resultados obtidos nestes trabalhos, a CNEN programou a execução de novas sondagens e no decorrer de 1966 foram perfurados cerca de 1.077m. Também neste ano realizou-se o mapeamento na escala de 1:20.000, numa área de 166 km<sup>2</sup> em torno das mineralizações de carnotita e foram feitos 31 perfis geológicos que totalizaram cerca de 42.474 metros. Tais trabalhos levaram J.N. Villaça e G.J. Ayres a concluir no Relatório Final da Bacia de Tucano, 1966, entre outras afirmações, que as mineralizações são nitidamente isoladas e sem continuidade lateral, o que serviu para afastar a hipótese, segundo Ramos e Maciel, 1974, da existência de concentrações econômicas de urânio na serra da Rua Nova e provocar o abandono desta área.

Mesmo com tais conclusões e recomendações, a CNEN voltou a executar trabalhos na Bacia de Tucano e em 1969 foram coletadas cerca de 34 amostras de água para análises geoquímicas, dentro do convênio USAID/MME. Os resultados fornecidos pelas análises e as interpretações de Bowles e Haynes do USGS no Relatório "Hydrochemical Investigations on Uranium in the Tucano Basin", provocaram a execução de mais campanhas de sondagens na área de Rua Nova (in Ramos e Maciel, 1974).

Com a criação da CPRM, foi ela encarregada de executar o Projeto Tucano, entre 1970 e 1971, quando então foram perfurados um total de 42 poços na área de Rua Nova, perfazendo cerca de 7.240m atravessados. Ainda em 1971 a CPRM voltou a perfurar na mesma região cerca de 4.996m dentro dos serviços do chamado

Projeto Mayhew. Nestas duas últimas campanhas foram registrados, aproximadamente, 12.236m de perfis gama e elétrico.

Em 1972, Gorsky & Gorsky, ambos da CNEN analisando 17 amostras de testemunhos obtidas de seis poços perfurados pela CPRM para a CNEN na área de Rua Nova, constatou elevados teores de vanádio que atingiram até 100.000 ppm (10%).

Geólogos da CPRM estiveram na região em 1976 e em amostras coletadas em afloramentos já intemperizados da Fm. Sergi, foram alcançados teores em torno de 4%.

Ainda em 1976, o Departamento de Geologia da CPRM através o seu Grupo de Estudos das Bacias Sedimentares reinterpretando alguns dos dados daquela região, recomendou que estudos mais específicos deveriam ser feitos para melhor se definir o condicionamento estratigráfico e tectônico das ocorrências conhecidas.

Em fins de 1977, a CPRM solicitou autorização à Nuclebrás para coletar algumas amostras dos testemunhos obtidos pela CNEN nas campanhas de Tucano e que se encontravam guardados na cidade de Currais Novos - RN.

Concedida a autorização, a CPRM deslocou um geólogo para efetuar a coleta. Entretanto, apesar do esforço da chefia do Distrito da Nuclebrás em Fortaleza que recondicionou grande parte das caixas de testemunhos, não foi possível se obter a amostragem desejada. Assim mesmo foram coletadas amostras de 14 poços, descontínuas e nas zonas aparentemente de maior interesse, Santana (1977). Estas amostras foram cortadas longitudinalmente em três partes - uma parte para a coleção permanente, uma para análise e a outra para a Nuclebrás. Agora em fevereiro de 1978, serão enviadas para análise no LAMIN-CPRM.

### 3. A BACIA DE TUCANO

Considerada por Asmus, 1972, como sendo um tafrogeossin clíneo, de acordo com a classificação de Dewey & Bird (1970) , ou como cratônica, graben ou rift por Klemme (1971), a Bacia do Recôncavo/Tucano/Jatobá foi formada a partir do aptiano como um ramo do rift principal (Asmus, 1972), responsável pela separação dos continentes sul-americano e africano. Entretanto, o rift de Tucano pode ter se constituído até o fim do barremiano no fendilhamento principal que, interceptando os lineamentos mais antigos representados pelos sistemas de falhas de Floresta, Itaparica e Cabo, não prosseguiu para norte e, em consequência de um possível afastamento diferencial mais pronunciado de um dos bordos do rift, basculou para leste, formando o apêndice da Bacia de Jatobá. Com a interseção e o abandono consequente, o rift principal assumiu nova posição mais a leste, que seria então o rift secundário, representada pela atual linha de costa, para norte da cidade do Salvador.

Segundo Asmus e Porto (1972), no neo-jurássico, num estágio pré-migração, o continente de Gondwana era emergente e as bacias então presentes em seu interior, não receberam qualquer influência marinha. Os sedimentos nelas depositados são encontrados atualmente nas bacias do Recôncavo/Tucano/Jatobá e, segundo Braun, 1966, também na bacia de Mirandiba e na Chapada do Araripe (Grupo Brotas), Sergipe/Alagoas (Formações Bananeiras e Serraria), no Brasil e nas bacias do Gabon (Formações M'Vone e N'Dombo), do Congo (Formação Grés Rouge de Base e Lucula), na África.

Deste modo, a bacia neo-jurássica onde se depositaram estes sedimentos era bem mais extensa. A presença das Forma-

ções Aliança e Sergi nestas bacias formadas pelo riftamento posterior, onde elas não foram depositadas, mas sim encaixadas, apresenta uma fração preservada dentro dos grabens. Segundo Ghignone, 1972, os resíduos conhecidos da Série Recôncavo (Fig.2) alcançam na região nordeste, cerca de 60.000 km<sup>2</sup> e estão dispersos por uma área de mais de 200.000 km<sup>2</sup>, sem se levar em conta as ocorrências nas bacias submarinas, presentes na costa de Sergipe e as existentes nas bacias costeiras africanas. Os dados até agora coligidos permitem deduzir que durante a sedimentação Aliança e Sergi a bacia era única e, posteriormente, no decorrer da fase sintectônica, dividiu-se numa série de fossas não necessariamente isoladas mas integrantes de um sistema de grabens interligados (Ghignone, 1972). Entretanto, estes grabens bem poderiam ser independentes sem a interligação sugerida por Ghignone, isto particularmente para as fossas que ficaram de um lado e de outro do rift principal.

Duas origens distintas têm sido atribuídas para essas bacias jurássicas, mas ambas admitem como causa principal o extenso levantamento crustal pré-rift. A interpretação proposta pelo IV Curso de Projetos Especiais em Geologia (CPEG-IV), na Petrobrás (1971), sugere que elas resultaram de uma depressão - a Depressão Afro-Brasileira, formada por adelgaçamento crustal e/ou falhamentos incipientes que, por sua vez, foram provocados por deformações tensionais na crista da intumescência. A outra interpretação, proposta por Estrela (1972), sugere, por outro lado, que as bacias jurássicas se constituíam em sinclinais periféricos, formados ao redor da intumescência, cujo centro situava-se na região atualmente ocupada pelas bacias do Espírito Santo e Campos, áreas onde parece não ocorrer sedimentos jurássicos.

Como resultado do tectonismo Wealdiano, os rifts-valley ou tafrogeossinclíneos abriram-se de sul para norte ao longo de antigas linhas de fraqueza formadas no pré-cambriano, até uma zona entre o nordeste do Brasil, à altura de Pernambuco e o oeste da África, onde estão atualmente a Nigéria e a República dos Camarões (Asmus, 1972).

Os sedimentos depositados nesse estágio constituem uma sequência continental caracterizada por uma intercalação de folhelhos e arenitos, formados dentro de um sistema deposicional que compreende desde os leques aluviais até os deltas lacustres.

Após a incursão marinha ocorrida no aptiano, começaram a se depositar os primeiros sedimentos marinhos até as Bacias de Sergipe/Alagoas e a partir de então formaram-se os extensos depósitos de evaporitos que ocorrem nas bacias marginais e submarinas. O sistema Recôncavo/Tucano/Jatobá, formado como um ramo do rift principal, segundo Asmus (1972), foi soerguido durante o aptiano, o que impediu sua inundação por essa incursão marinha, embora pelo norte tenha ela chegado até a Chapada do Araripe, no sul do Ceará e talvez até o norte de Tucano, na região de Salgado Melão (Braun, 1966).

#### 4. O GRUPO BROTAS

Constituindo a unidade basal do Supergrupo Bahia, o Grupo Brotas tem seu nome ligado ao vilarejo de Brotas, situado a aproximadamente 6 km a oeste da Vila de Mata da Aliança, no Recôncavo.

A designação de Folhelho Aliança e Arenito Sergi dada por Barnes em 1949, referia-se aos mesmos sedimentos que Shea-

rer, 1942, (in Pack e Almeida, 1945), chamou de Formação Brotas. O Estudo da Bacia realizado pelo SETEX/RPBA em 1958 e revisado em 1961, passou a designá-las de Formação Aliança e Formação Sergi, elevando a antiga Formação Brotas à categoria de Grupo. A Revisão Estratigráfica realizada por Viana C. F. et alii em 1971, manteve a designação de Grupo Brotas englobando as Formações Aliança e Sergi, como definido pelo citado Estudo da Bacia (Fig.2).

#### 4.1 - FORMAÇÃO ALIANÇA

A Formação Aliança teve seu nome derivado da localidade de Mata da Aliança no Recôncavo e sua seção-tipo situa-se na rodovia que liga Salvador à Feira de Santana (BR-324), a cerca de 6 km a oeste da localidade citada (Fig.3).

Na Revisão Estratigráfica da Bacia Recôncavo/Tucano, (Viana, C.F. et alii, 1971) as antigas sub-unidades Inferior, Média e Superior passaram a ser chamadas, respectivamente, Membros Afligidos, Boipeba e Capianga.

##### 4.1.1 - MEMBRO AFLIGIDOS

Este membro tem como seção de referência, a coluna atravessada entre 1378 e 1510 no poço 1-CG-1-BA (Capianga nº1). Na sua parte basal ocorrem conglomerados e arenitos conglomeráticos, cinza avermelhados, constituídos de grânulos e seixos de rochas cristalinas e sílex disseminado em matriz argilosa e também intercalações de evaporitos. Acima desta sequência, ocorrem folhelhos vermelho-tijolo, localmente manchados de verde, muito micáceos, com ocasionais intercalações de siltitos vermelhos, micáceos (Fig.3).

Da mesma maneira que toda a formação, este membro diminui gradativamente de espessura para norte.

O seu contato inferior é discordante com o embasamento pré-cambriano e em algumas áreas do Recôncavo, Tucano e Jatobá, também com as formações paleozóicas, sobre as quais ocasionalmente se sobrepõe. O contato Superior com o Membro Boipeba é gradacional e é marcado na passagem dos folhelhos vermelhos para os arenitos cinza-avermelhados e esbranquiçados.

#### 4.1.2 - MEMBRO BOIPEBA

Seu nome é derivado da Fazenda Boipeba, no Município de Catu, no Recôncavo, onde foi perfurado o poço 1-BP-2-BA (Boipeba nº2), no qual sua seção-tipo foi definida no intervalo 2050-2172m (Fig.3).

Sua litologia consiste de arenitos cinza-esbranquiçados, vermelho-púrpura, marrom, vermelho-amarelado, finos a médios, subarredondados, regularmente classificados, argilosos, feldspáticos, micáceos, com algumas estratificações cruzadas do tipo planar, finamente acamadas. Próximo à base ocorrem duas camadas de arenitos conglomeráticos, constituídos de seixos e grânulos de rochas metamórficas (op. cit.).

A espessura do Membro Boipeba também decresce de sul para norte e no Recôncavo se apresenta com 230m no poço 1-DJC-1-BA (Dom João Central nº1) e em Tucano com apenas 25m no poço 1-TL-1-BA (Tarrachil nº1), (op. cit.).

Como sua litologia é essencialmente arenosa, tanto seu contacto inferior e superior com os folhelhos dos Membros Afligidos e Capianga, são bruscos e facilmente marcados. Quando o Membro Afligidos não está presente na seção, seu contacto in

ferior é discordante com as rochas pré-cambrianas ou paleozóicas.

#### 4.1.3 - MEMBRO CAPIANGA

É o membro superior da Formação Aliança. Seu nome é derivado da Vila de Capianga, no Município de Entre Rios, no Recôncavo, onde no poço 1-CG-1-BA (Capianga nº1) teve sua seção-tipo definida entre 1190-1300m.

Sua litologia caracteriza-se pela presença de folhelhos vermelho-tijolo, localmente manchados de verde e cinza esbranquiçado, quebradiços, muito micáceos, com ocasionais intercalações de calcários microcristalinos. Na parte superior são frequentes as intercalações de arenito vermelho-acastanhado, fino a síltico, muito micáceo (Fig.3).

Aflora nas bordas oeste e norte do Recôncavo e também em Tucano. Em subsuperfície tem distribuição uniforme, apresentando um espessamento gradativo de sul para norte. No poço 1-DJC-1-BA, no sul do Recôncavo, sua espessura é de 63m. No poço 1-CG-1-BA, no nordeste do Recôncavo é de 110m e em Tucano Sul e Central sua espessura média é da ordem de 80m. No norte de Tucano, no poço 1-TL-1-BA, atinge 142m de espessura (op. cit.).

Os sedimentos deste membro correlacionam-se com os da Formação Bananeiras da Bacia de Sergipe/Alagoas e seu contacto superior com a Formação Sergi é gradacional.

#### 4.1.4 - IDADE, PALEONTOLOGIA E CORRELAÇÃO

A Formação Aliança é relativamente pobre em fósseis, apesar de ocorrerem na porção norte da bacia, abundantes leitões

decimétricos de coquina (Braun, 1966). De um modo geral, os que ocorrem distribuem-se indistintamente pelos seus membros, tornando-se mais escassos em direção ao sul, chegando a desaparecer na porção meridional da Bacia (Viana, C.F. et alii, 1971).

Correlaciona-se com a Formação Bananeiras da Bacia Sergipe/Alagoas, com os sedimentos vermelhos da Chapada do Araripe também denominados de Formação Aliança por Braun, 1966, e com os das Bacias do Gabão e Congo na África.

#### 4.1.5 - AMBIENTE DE DEPOSIÇÃO

Segundo Braun, 1966, a Fm. Aliança, pela sua cor vermelha, deve ter se depositado em águas rasas e bem arejadas. Sua cor deve ser original do material que lhe serviu de fonte, porque os solos autóctones formados sob clima tropical, possuem normalmente uma coloração amarelada ou avermelhada. Contudo, para que esta cor tenha sido preservada, o ambiente deposicional não poderia ter sido redutor, a não ser que a razão de sedimentação tenha sido muito rápida, o que, efetivamente, não deve ter ocorrido. Como a deposição da argila é geralmente lenta, se o meio tivesse sido redutor, grande parte do óxido férrico passaria a ferroso e o sedimento teria uma cor cinza ou castanho-esverdeada. As manchas ou leitos esverdeados que ocasionalmente ocorrem na Fm. Aliança e que algumas vezes apresentam uma pequena concentração de carbonato de cálcio, ou estão associadas à zonas de ostracodes, o que indica ter ocorrido esporádicas condições redutoras, ou à zonas com matéria orgânica.

Quando nos siltitos, a coloração esverdeada pode ser atribuída à redução posterior por efeito de soluções percolantes. A presença de evaporitos nesta formação indica ter havido

intensas condições de evaporação, o que sugere um clima acentuadamente seco à época da deposição de seus sedimentos.

Por isto, de acordo com Braun (op. cit.), a Fm. Aliança deve ter se depositado em ambiente fluvial, numa planície de inundação, sob clima peridesértico.

#### 4.2 - FORMAÇÃO SERGI

Seu nome é derivado do Rio Sergi em cujo vale aflora sua seção-tipo, ao longo da estrada de ferro que liga Stº Amaro à Vila de Afligidos (Fig.4).

Barnes, B.E. & Luz, A.A., em 1949, ao redefinirem o Sergi, cujo termo foi primeiramente usado por Taylor em 1946, subdividiram-no em três membros - Inferior, Médio e Superior e em zonas - G, F, E, D e C, esta última correspondendo ao topo da Formação. Posteriormente, em 1962, Miura, estudando os testemunhos desta formação no poço 7-Ba-75-BA (Buracica, nº75), subdividiu-a em 7 zonas, assim agrupadas:

Sergi Inferior - Zona I

Sergi Médio - Zonas H, G, F

Sergi Superior - Zonas E, D, C

Andrade, 1964, estudando os testemunhos do Campo de D. João - Mar Sul com o auxílio dos perfis elétrico, descreveu a zona J, sotoposta à zona I. Silva, 1966, realizando estudos de superfície no bordo oeste da Bacia do Recôncavo, reconheceu as mesmas zonas descritas por Miura, com variação apenas nas suas espessuras, conforme pode ser visto na tabela I, abaixo:

TABELA I  
Variação das Espessuras (em metros) das Zonas da Formação Sergi

LOCAIS E POÇOS	ZONAS							
	C	D	E	F	G	H	I	J
Vale do Rio Sergi .....	10	20	25	14	44	10	40	-
7-Ea-75-BA .....	11	10	61	30	3	68	54	-
Campo D. João - Mar Sul .....	15-23	14-23	16-22	15-20	25-31	24-25	20-28	-

Fonte: B. Tec. PETROBRAS, Rio de Janeiro, 9 (2): 181-209, abr./jun. 1966.

O zoneamento da Formação Sergi, de acordo com Miura, 1962, é apresentado na Fig.5 (in Silva, N.M. 1966) e sua seção-tipo mais atualizada, modificada por Viana, C.F. et alii (1971), a partir do zoneamento citado, na fig. 4.

Para efeito dos estudos com vista às mineralizações de vanádio, o zoneamento definido por Miura, se também presente em Tucano, é mais adequado por ser mais detalhado. Na zona G (Fig.5), são descritas estruturas do tipo "rolls", que conforme será visto mais adiante, estão associadas com tais mineralizações na Província do Platô do Colorado, USA.

#### 4.2.1 - LITOLOGIA

De um modo geral, constitui-se de arenitos finos a conglomeráticos, de coloração pardo-amarelada, cinza-esverdeado, vermelho-pálido, vermelho-amarronzado. Variam de mal a regularmente classificados, de sub-angulares a subarredondados, argilosos, pouco feldspáticos, raramente micáceos e caulínicos, com alguns seixos de sílex quando conglomeráticos. Marcas de onda

e estratificação cruzada são frequentes. No terço superior ocorre um intervalo conglomerático de espessura variável, felds

ático, muito argiloso, localmente caulínico (Viana, C. F. et alii, 1971).

A litologia das diversas zonas definidas por Miura e suas estruturas estão detalhadas na Fig. 5.

Braun, 1966, reporta a notável ocorrência de troncos silicificados, principalmente nos bordos da bacia, na área setentrional de Tucano Central e em Tucano Norte e Jatobá.

#### 4.2.2 - COMPORTAMENTO ESTRATIGRÁFICO

Com grande extensão lateral, entretanto possivelmente bem inferior àquela da fase pré-rift, a Fm. Sergi tem suas maiores espessuras na porção sul do Recôncavo, onde chega a atingir 440m no poço 7-I-22-BA (Itaparica nº22). Sem perder sua homogeneidade litológica, torna-se gradativamente menos espessa para norte, o que permite classificar como lençol sua forma geométrica (Viana, C.F. et alii, 1971).

Tanto o seu contacto inferior com a Fm. Aliança, quanto o superior com a Fm. Itaparica, são gradacionais. Este é colocado arbitrariamente no topo do primeiro pacote espesso de arenitos abaixo dos folhelhos da Fm. Itaparica no Recôncavo, em Tucano Sul e, possivelmente, até a porção meridional de Tucano Central. Segundo Braun, 1966, o Candéias quando ocorre diretamente sobre o Sergi, nas áreas de Tucano Central, Norte e Jatobá, é separado por uma discordância erosiva e angular.

Entretanto, segundo Viana, C.F. et alii, 1971, a Formação Candéias desaparece na porção central da bacia, entendendo-se assim que esta formação só ocorre até Tucano Central. Dentro

deste raciocínio, a unidade mapeada por Braun (1966), como Candeias/Ilhas, embora correspondesse bioestratigraficamente a esse litotopo no Recôncavo, deveria, litologicamente, representar apenas, a antiga Formação Ilhas. Entretanto, os primeiros metros das camadas pelíticas que ocorrem a nordeste do Raso da Catarina, na Bahia, apresentam idêntico aspecto aos dos níveis inferiores da Formação Candeias no Recôncavo. Deste modo, da região de Tucano Central para norte, a Formação Sergi estaria, discordantemente, ou sob a Formação Candeias ou sob os sedimentos do Grupo Ilhas.

#### 4.2.3 - IDADE, CORRELAÇÃO E PALEONTOLOGIA

A Formação Sergi é estéril. Sua idade atribuída ao Jurássico Superior, foi determinada com base nos ostracodes da Fm. Aliança.

Madeira silicificada tem sido encontrada em Tucano Central, Norte e Jatobá à semelhança das que ocorrem na Fm. Serra, Bacia de Sergipe/Alagoas.

Os sedimentos Sergi também ocorrem nas bacias de Almada, sul da Bahia e na Chapada do Araripe no Estado do Ceará.

Como a Fm. Sergi, da mesma maneira que a Aliança, foi depositada numa fase pré-rift que ocupava uma área bem mais ampla, sua presença nas fossas tectônicas resulta, simplesmente, do seu afundamento posterior no interior delas. Por isso, seria lógico que, ao menos no Brasil, fosse mantido o mesmo nome onde quer que ocorressem. Quando se correlaciona duas ou mais formações, subentende-se que, sendo contemporâneas, foram depositadas em bacias diferentes e individualizadas, o que não foi o caso nem do Sergi, nem do Aliança.

#### 4.2.4 - AMBIENTE DE DEPOSIÇÃO

De acordo com Braun, 1966, a Fm. Sergi possui caracteres evidentes de ter sido depositada em ambiente fluvial. A estratificação é tipicamente torrencial e a gradação de sedimentos finos para grosseiros é irregular. Em Gravatá, município de Petrolândia - PE, na Bacia de Jatobá, Braun assinala a presença de matações com 10 a 40cm de diâmetro, envoltos por uma matriz pouco intemperizada onde foram identificados feldspatos e mica. Também o arredondamento dos grãos varia de subarredondados a sub-angulares o que, de conformidade com as demais características citadas e pela presença de grande número de troncos mutilados de coníferas de considerável porte, sugere um regime torrencial. Sob essas condições, devem ter se formado inicialmente depósitos de leques aluviais coalescentes. Correntes com grande competência devem ter se constituído no fator responsável pela extensa distribuição dos arenitos.

A área mineralizada da região de Tucano Central, estaria, dentro do conceito de sistemas deposicionais, nas partes mais distais dos leques aluviais.

#### 5. AS MINERALIZAÇÕES DE VANÁDIO NA FORMAÇÃO SERGI

Conforme já citado anteriormente, o trabalho de V. A. Gorsky & Gorsky (1972) ambos da CNEN, feito após a execução dos Projetos Tucano e Mayhew pela CPRM para a CNEN em 1971, assinala que foi encontrada na Formação Sergi em seis poços perfurados na área de Rua Nova, uma zona de arenitos carbonáceos, ligeiramente radioativos e fortemente mineralizados por vanádio. Em 17 amostras analisadas determinou-se a seguinte composição da faixa mineralizada: minerais de vanádio, como patronita, quis queita, hewetita, carnotita (secundária), montroseita, associa  
16.

dos com sulfetos, como bravoita, calcopirita; fosfatos, como apatita e colófana e, por fim, urânio disperso e em forma de compostos urano-orgânicos.

A mineralização principal apresenta-se como um material sulfuroso-vanadífero constituído, principalmente, de patronita ( $VS_4$ ), pequena proporção de quisqueita ( $C, S, V, H_2O$ , etc.), com a presença dos elementos Fe, Ni, Cu, Co, Ti, Mn e atingindo teores de vanádio de até 10%. Esta mesma associação mineralógica foi encontrada no poço 1-MC-1-BA no Jorro, no arenito Sergi com cofinita, entre -1426 e -1431m de profundidade.

Este tipo de ocorrência e associação assinalada por Gorsky & Gorsky, apresenta muita semelhança e tem características marcadamente acentuadas com aquelas definidas por Stanton (1972), e por ele chamada "Associação Arenito-Urânio-Vanádio-Cobre".

Não só o tipo do arenito Sergi, depositado em ambiente continental, como também as associações mineralógicas nele contidas, com as notórias ocorrências de vanádio e urânio, além de outros fatores servem para corroborar ainda mais essa associação. Quanto ao cobre, pouco relatado em ocorrências nesta formação, foi identificado no LAMIN-CPRM em amostras coletadas por Santana e Rocha, 1976, durante uma viagem de reconhecimento realizada à região, com vista às ocorrências de vanádio. Algumas destas amostras alcançaram teores 20 vezes maiores do que os valores médios definidos por Turekian, K.K. & Wedepohl, K. H., 1961, para os arenitos.

Assim, de acordo com Stanton, depósitos deste tipo de associação ocorrem em rochas sedimentares de origem fluvial em muitas partes do mundo. Os maiores deles estão no oeste e su-doeste dos USA e se constituem numa das principais fontes de

urânio do mundo, sendo a principal daquele país, além de serem também importantes fontes de cobre e vanádio.

Num mesmo depósito os três metais têm, dificilmente, a mesma importância. Alguns contêm quase que exclusivamente urânio, com pequenas quantidades de vanádio. Outros contêm urânio, tendo também grandes quantidades do componente vanádio. Alguns são compostos inteiramente de cobre e outros ainda contêm cobre-vanádio em proporções variáveis. Poucos ou raros depósitos contêm os três metais. A única combinação que não parece ocorrer é a de cobre-vanádio, com urânio ausente. As mais importantes ocorrências de minérios ricos em vanádio nos USA, estão na chamada Província Platô do Colorado, notadamente em sua porção central e nos Estados de Wyoming e South Dakota.

A idade dos depósitos varia do Carbonífero ao Terciário. Os minérios de urânio-vanádio parecem ter suas principais ocorrências, na Província do Platô do Colorado, no Triássico (Conglomerado Shinarump) e no Jurássico (Formação Morrison) e os de cobre, que podem também conter prata, parecem ter se desenvolvido, principalmente, no Permo-Triássico, embora também ocorram no Jurássico.

Um fato importante é que tais depósitos são muito pouco espessos, variando de menos de um metro a algumas dezenas, mas são amplamente distribuídos por grandes áreas, dentro de uma determinada zona do arenito. Nestas zonas, os depósitos individuais ocorrem sob a forma lenticular ou como massas irregulares, geralmente bastante alongadas e dentro deles os minerais estão preenchendo os espaços porosos de arenitos ou conglomerados e numa direção paralela à orientação de troncos fósseis e outras marcas de lineação de correntes. As rochas hospedeiras são assim interpretadas como depósitos de paleocanais. A maioria

dos depósitos ocorre próxima ou nas partes mais espessas das lentes, onde sedimentos mais finos, troncos e outros tipos de material carbonoso estão presentes. Comumente cortam o acamamento e formam estruturas concrecionais conhecidas como "rolls" (um corpo de minério, curvado em seção e de grande comprimento comparativamente à sua largura e espessura).

Ainda segundo Stanton, as partes mineralizadas dentro do arenito principal são zonas conglomeráticas arenosas ou sílticas e estão relacionadas a uma variedade de características sedimentares, tais como: contactos de sedimentos grosseiros com lamitos, espessura da unidade grosseira, acunhamentos ("pinch-outs"), canais fluviais e vários detalhes de sua forma, troncos fósseis e outros restos de plantas. Quando estudados sob o aspecto regional, parecem manter alguma relação com zonas de falhas de grande porte, eixos principais de dobramentos, etc.

Os estudos efetuados por Stanton, permitiram concluir quanto aos depósitos deste grupo que:

- a - Ocorrem em sedimentos clásticos continentais e marinhos marginais, depositados sob condições flúvio-deltáicas.
- b - Normalmente mostram uma configuração relacionada às lentes de sedimentos grosseiros e ao contacto destas com os sedimentos mais finos.
- c - Como complemento a esta clara relação individual com características sedimentares de pequena escala, pode apresentar relações com características tectônicas de caráter regional.
- d - Estão, em todos os casos, virtualmente associados com restos orgânicos.

Os principais minerais de minério encontrados, nestes depósitos são:

Urânio - Uranita, Cofinita e Asfaltito Uranífero.

Vanádio - Roscoelita (mica vanadífera), montroseita e camadas de minerais de argila vanadífera.

Cobre - Calcocita, Covelita, Calcopirita e Bornita.

A origem da concentração das zonas mineralizadas foi estudada por J.W. Finch (1933), notadamente para os minérios de cobre deste tipo de ocorrência. A maioria de suas observações, aplica-se, entretanto, para o vanádio e para o urânio. Segundo ele, embora ocorram em formações do tipo "Red-Beds", raramente estão associados a estratos de cor vermelha.

Ainda segundo Stanton, 1972, é bastante claro, e isto tem muita significação, que enquanto as concentrações minerais ocorrem, inquestionavelmente, em unidades sedimentares preferenciais e, dentro destas, estão localizadas em lentes específicas ou em outras estruturas sedimentares por efeito de soluções caracteristicamente próximas à superfície, não são do tipo estratiforme. Quase todos os caracteres de sua ocorrência indicam que eles foram depositados nas suas posições atuais, em uma época posterior à sedimentação. Em sua forma atual eles são, seguramente, produtos de soluções de subsuperfície. O que não se conhece é a natureza ou a fonte precisa destas soluções. Dentre as três principais hipóteses discutidas por Stanton, a que parece se assemelhar às mineralizações do Sergi é a que considera que as soluções que concentraram os minérios seriam águas superficiais tendo como rocha hospedeira um aquífero artesianos ou subartesianos, ao longo do qual percolaram tais soluções superfi

ciais, como é o caso desta formação na área de Rua Nova. A precipitação para a concentração e formação das zonas mineralizadas se deu em ambientes redutores na presença de bactérias redutoras de sulfato, relacionadas à decomposição da vegetação presente no sedimento. Isto é corroborado pelo fato de que, embora muitos dos sedimentos associados sejam do tipo "red-bed" (contendo abundante  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), as camadas mineralizadas não são vermelhas, conforme também observaram Garrel & Jensen (1958).

O vanádio ocorre em tais depósitos sob as formas  $\text{V}^{++}$ ,  $\text{V}^{3+}$  e  $\text{V}^{5+}$  e o processo mais importante na intemperização dos compostos de vanádio é a produção do íon vanadato  $(\text{VO}_4)^{3-}$ . Este combina com a água formando ácido vanádico, o qual pode por sua vez, combinar com cations apropriados para formar vanadatos ou ser reduzido para compostos como a montroseita, por exemplo, que foi um dos minerais identificados por Gorsky & Gorsky (1972), nas zonas mineralizadas não oxidadas do Sergi, na área de Rua Nova, Bacia de Tucano.

## 6. DISCUSSÃO

Apesar das recomendações e conclusões dos trabalhos da CNEN terem sido, na maioria dos casos, taxativamente pessimistas quanto ao potencial da área, sempre eram realizados novos trabalhos. As mineralizações, segundo Ramos e Maciel, 1974, são apenas superficiais, sem continuidade em subsuperfície ou, segundo Villaça e Ayres, entre outras conclusões expostas no Relatório Final da Bacia de Tucano, 1966, nitidamente isoladas e sem continuidade lateral, o que serviu, de acordo com Ramos e Maciel, 1974, para abandonar a área em função da impossibilidade de existir na região, concentrações econômicas de urânio.

Entretanto, as frequentes reavaliações e os seguidos trabalhos de perfuração na área de Rua Nova desenvolvidos pela

CNEN, mostram que ainda persistem incertezas e que a região não pode ser considerada, definitivamente, como não promissora, mesmo para urânio, quanto mais para o vanádio. Os estudos realizados, apesar de complexos, parecem não ter compartimentado as mineralizações aos zoneamentos da Fm. Sergi e a outros condicionamentos estratigráficos e estruturais.

Deste modo, apesar da grande metragem perfurada nas várias campanhas realizadas na região de Rua Nova, cerca de 14 383m e dos perfis gama e elétrico registrados nas duas últimas e que totalizaram, aproximadamente, cerca de 12 206m perfis, não se tem conhecimento de estudos que analisem as zonas mineralizadas da Fm. Sergi dentro do detalhe que os perfis permitem obter. Os perfis possibilitariam correlacionar tais zonas e identificar com segurança sua presença e continuidade lateral. Um aspecto muito importante e que deve ser ressaltado, é que as conclusões da maioria dos trabalhos sempre se referem apenas à continuidade das mineralizações. O que deve ser visto é, principalmente, a continuidade do horizonte estratigráfico que as contém. Isto, evidentemente, depois de estudos que permitam compartimentar ou associar esta ou aquela zona mineralizada a um determinado nível estratigráfico. Feito isto e persistindo o horizonte estratigráfico "encaixante", pode-se concluir pela não continuidade das mineralizações. Mas é importante caracterizar a obediência estratigráfica destas zonas a determinados níveis, se realmente houver, procurando defini-los com o auxílio dos perfis e outros parâmetros sedimentológicos, para neles concentrar os esforços exploratórios e não, aleatoriamente, por toda a formação.

Por outro lado, também não se tem conhecimento de estudos que analisem as mineralizações presentes naquela porção da

Bacia, dentro de um contexto mais amplo que compreenda os vários aspectos faciológicos, sedimentológicos, estratigráficos, hidrodinâmicos, etc., e a sua gênese, seu possível condicionamento tectônico e as suas implicações com a origem da formação do próprio rift de Tucano.

Quando, na maioria das vezes, alguns geólogos se mostram pouco otimistas quanto ao potencial da região, eles normalmente estão condicionados ao urânio e não ao vanádio, apesar dos dois juntamente com o cobre e o próprio arenito, constituírem a associação definida por Stanton. Entretanto, não se deve descartar a possibilidade de ocorrerem ali, importantes depósitos de urânio. Stanton mostra também que numa mesma área dificilmente ocorrem os três metais com grandes concentrações. Por outro lado, tem sido feito comentários de que as mineralizações de Rua Nova são de caráter local, pois só as encontraram em uns poucos afloramentos. Além de prematura, esta é uma conclusão carente de suporte técnico porque, conforme discutido acima, não se conhece o condicionamento estratigráfico das mineralizações ou seu modo de ocorrência. Para que possa se chegar a tal conclusão, está se pressupondo que nas demais exposições a porção aflorante era a mesma do afloramento mineralizado. E se nenhum estudo de detalhe foi feito neste sentido pela CPRM, como garantir isto? Se em seis poços perfurados pela CNEN no Projeto Tucano, logicamente espaçados e distantes um do outro, foram encontradas mineralizações de até 100.000 ppm, como podem as mesmas serem tão locais e restritas? Não se quer afirmar que sejam contínuas, mas é óbvio que se deve fazer um estudo adequado para que se possa chegar a qualquer conclusão, seja ela qual for, com segurança.

Portanto, pelo que foi visto, são evidentes as semelhanças entre as mineralizações do Sergi e as conhecidas em outros

países e que comprovadamente têm sido responsáveis por uma grande parcela da produção mundial de urânio, vanádio e cobre.

Também é evidente que o país importa quase 100%, senão sua totalidade, do vanádio aqui consumido e que o desenvolvimento industrial brasileiro exigirá cada vez mais, maiores importações deste metal, hoje adquirido sob a forma de liga com o ferro. O preço do vanádio é elevado e, a depender de sua proporção, a liga está custando em média Cr\$ 242,50/kg.

Apesar disto, sabe-se da existência de uma notável ocorrência de 100.000 ppm (10%) de vanádio, que até então não foi devidamente avaliada. Se há uma jazida, não se sabe, mas que estudos detalhados devem ser feitos, e o quanto antes, não se tem dúvidas.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, G - 1964 - Relatório Sobre a Definição do Sergi no Campo de D. João Mar - Sul. PETROBRÁS/RPBa (Rel.Interno).
- ASMUS, H.E. e PORTO, R. - 1972 - Classificação das Bacias Sedimentares Brasileiras, Segundo a Tectônica de Placas - XXVI Congr. Bras. de Geologia, v.2, pp. 67-90.
- BARNES, B.E. - 1949 - Súmula dos Progressos da Geologia da Superfície do Recôncavo em 1949. CNP, Rel. Interno nº59.
- BRAUN, O.P.G. - 1966 - Estratigrafia dos Sedimentos da Parte Interior da Região Nordeste do Brasil - (Bacias de Tucano-Jatobá, Mirandiba e Araripe). DNPM, Divisão de Geologia e Mineralogia, Bol. nº236.
- CNP - 1948 - Perfil Elétrico do Poço 1-MC-1-BA (Macaco nº1), CNP/PETROBRÁS (int.).
- CPRM - 1976 - Anteprojeto Cobre-Vanádio e Fosfato nas Bacias de Tucano-Jatobá . CPRM/DEGEO/DIGEOM (int.).
- DNPM/MME - 1977 - Boletim de Preços - Bens Minerais e Produtos Metalúrgicos, Ano IV, nº20, Divisão de Economia Mineral, DNPM.
- ESTRELLA, G.O. - 1972 - O Estágio "Rift" nas Bacias Marginais do Leste Brasileiro, XXVI Congr. Bras. de Geologia, v.3, pp. 29-34.
- GHIGNONE, J.I. - 1972 - Ensaio de Paleogeologia do Nordeste e as Sequências Sedimentares, XXVI Congr. Bras. de Geologia, v.3, pp. 21-28.

- GORSKY, V.A. & GORSKY, E. - 1972 - Mineralização Vanadífera em Tucano, Bahia. CNEN/DEM (Rel. Interno).
- MIURA, K. - 1962 - Estudos Preliminares da Zonação do Arenito Sergi no Campo de Buracica. PETROBRÁS/RPBa (Rel. Interno).
- PACK, O.L. e ALMEIDA, A.L. - 1947 - Annual Geological Report for the Year of 1945. CNP (rel. Interno).
- PETROBRÁS, SETUP/Ba, CPEG-IV - 1972 - Análise Comparativa da Paleogeologia dos Litorais Atlântico, Brasileiro e Africano, coordenado por F.C. Ponte. PETROBRÁS, Public. Interna.
- PETROBRÁS, RPBa - 1961 - Basin Study (revisão). PETROBRÁS/RPBa/SETEX, Rel. Interno nº 554.
- RAMOS, J.R. de A. & MACIEL, A.C. - 1974 - Atividades de Prospeção de Urânio no Brasil 1966-1970. CNEN/DEM, Bol. nº3.
- RAMOS, J.R. de A. & MACIEL, A.C. - 1974 - Prospeção de Urânio no Brasil 1970-1974. CNEN/DEM, Bol. nº4.
- SANTANA, C.I. - 1977 - Furos da CNEN na Bacia de Tucano Perfurados pela CPRM em 1971. CPRM/DEGEO/DIGEOM, Rel. Interno.
- SILVA, N.M. - 1966 - Paleocorrentes Depositionais na Formação Sergi. Bol. Téc. da PETROBRÁS, v.9, nº2, pp.181-209.
- STANTON, R.L. - 1972 - Some Stratabound Ores of Sedimentary Affiliation, In Ore Petrology - cap. 16, pp. 541-577 - McGrawHill Book Company.
- TUREKIAN, K.K. & WEDEPOHL, K.H. - 1961 - Distribution of the Elements in Some Mayor Units of the Earth's Crust. Geol. Soc. of Am. Bull., v.2, pp. 175-192.

- VIANA, C.F.; GAMA Jr., E.G.; SIMÕES, I.A.; MOURA, J.A.; FONSECA, J.R.; ALVES, R.J. - 1971 - Revisão Estratigráfica da Bacia Recôncavo/Tucano. Bol. Téc. da PETROBRÁS, v.14 , nºs 3/4, pp. 157-192.
- WHITE, M.G. & PIERSON, C.T. - 1974 - Sumário da Prospecção para Minerais Radioativos no Brasil no Período de 1952 a 1960. CNEN/DEM, Bol. nº1.

8. FIGURAS

Fig. 1 - Bacia de Tucano, localização.

Fig. 2 - Unidades Estratigráficas das  
Bacias do Recôncavo/Tucano.

Fig. 3 - Seção-Tipo da Formação Aliança.

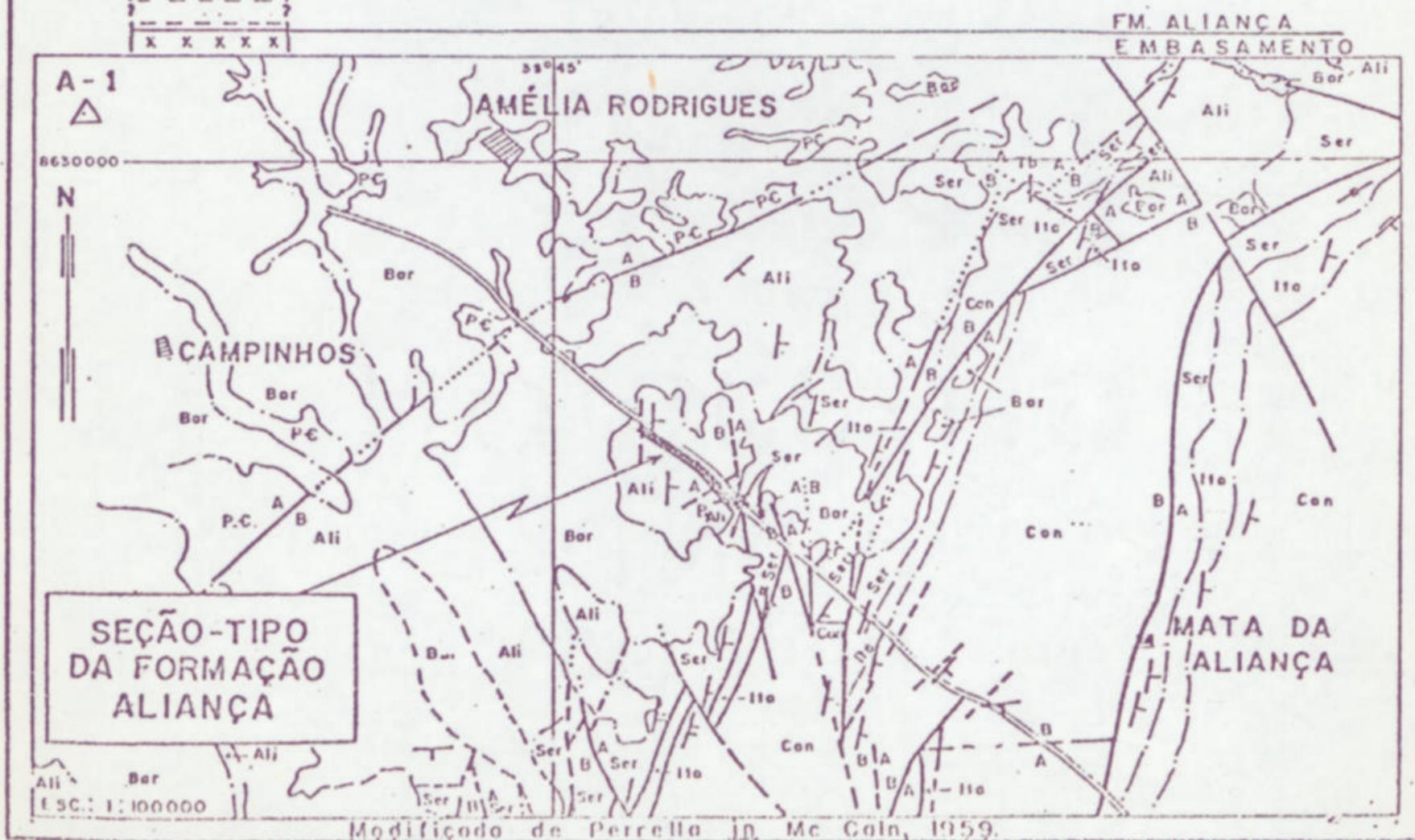
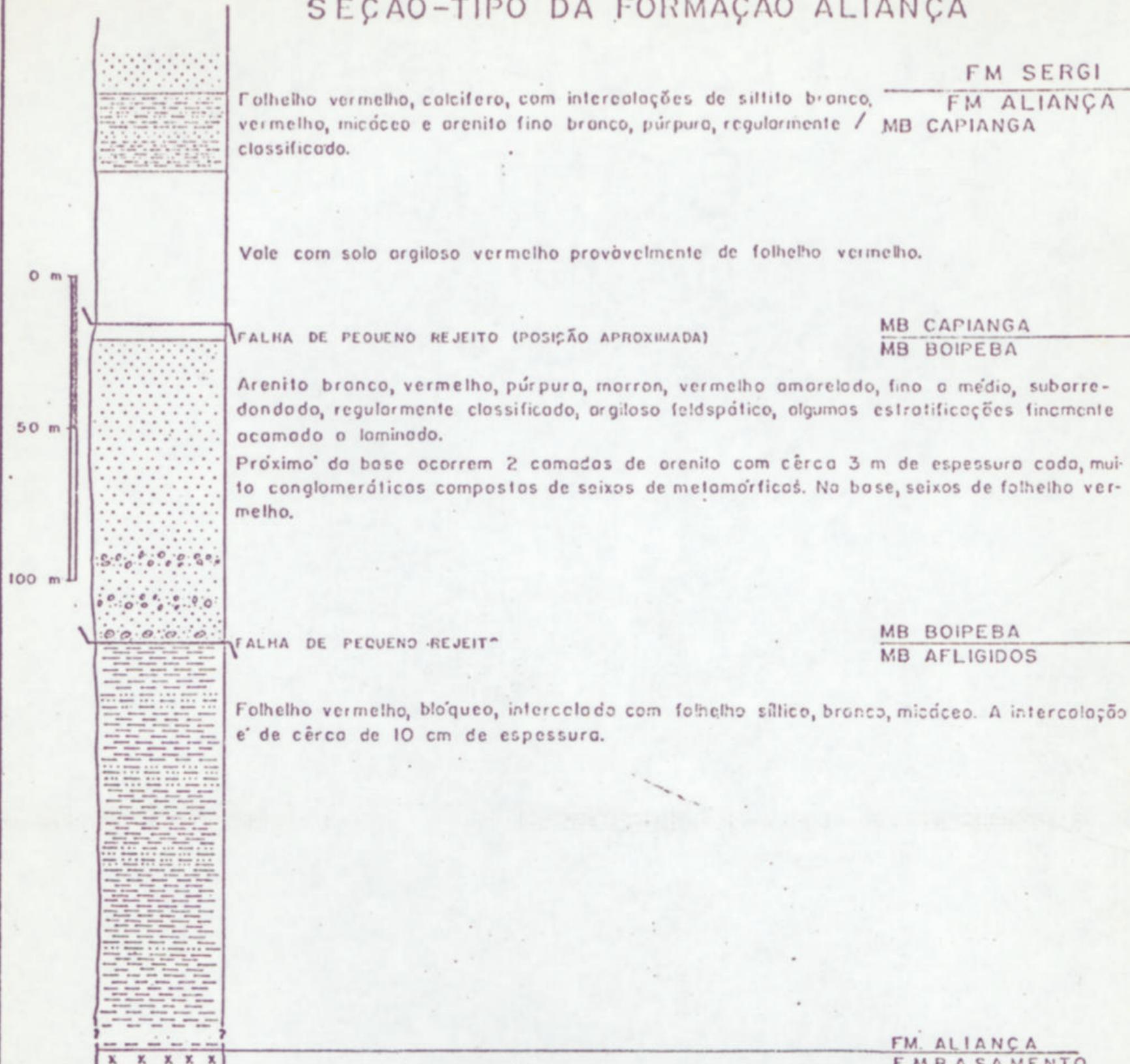
Fig. 4 - Seção-Tipo da Formação Sergi.

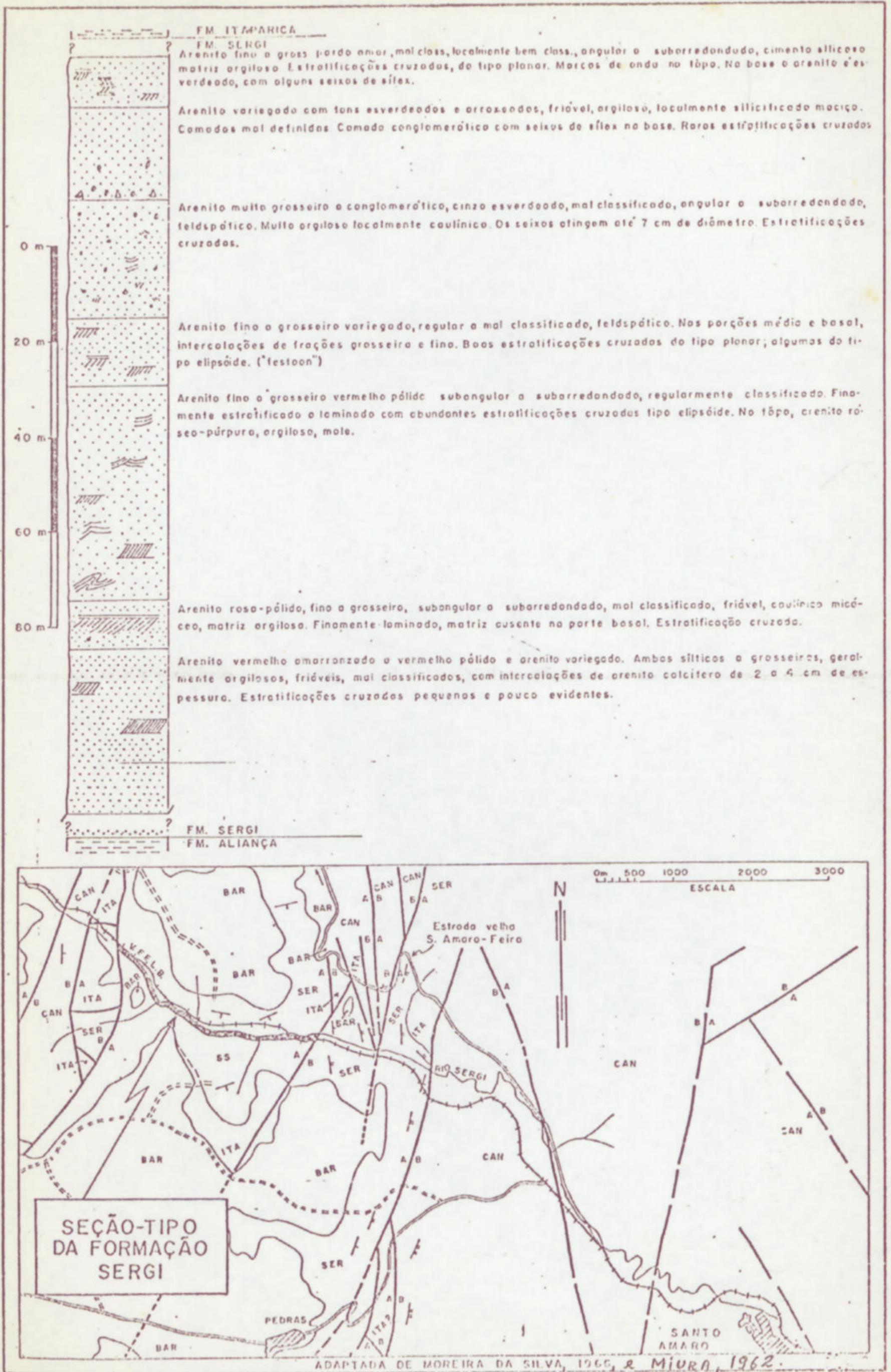
Fig. 5 - Seção Estratigráfica (zoneamento)  
da Formação Sergi.





# SEÇÃO-TIPO DA FORMAÇÃO ALIANÇA

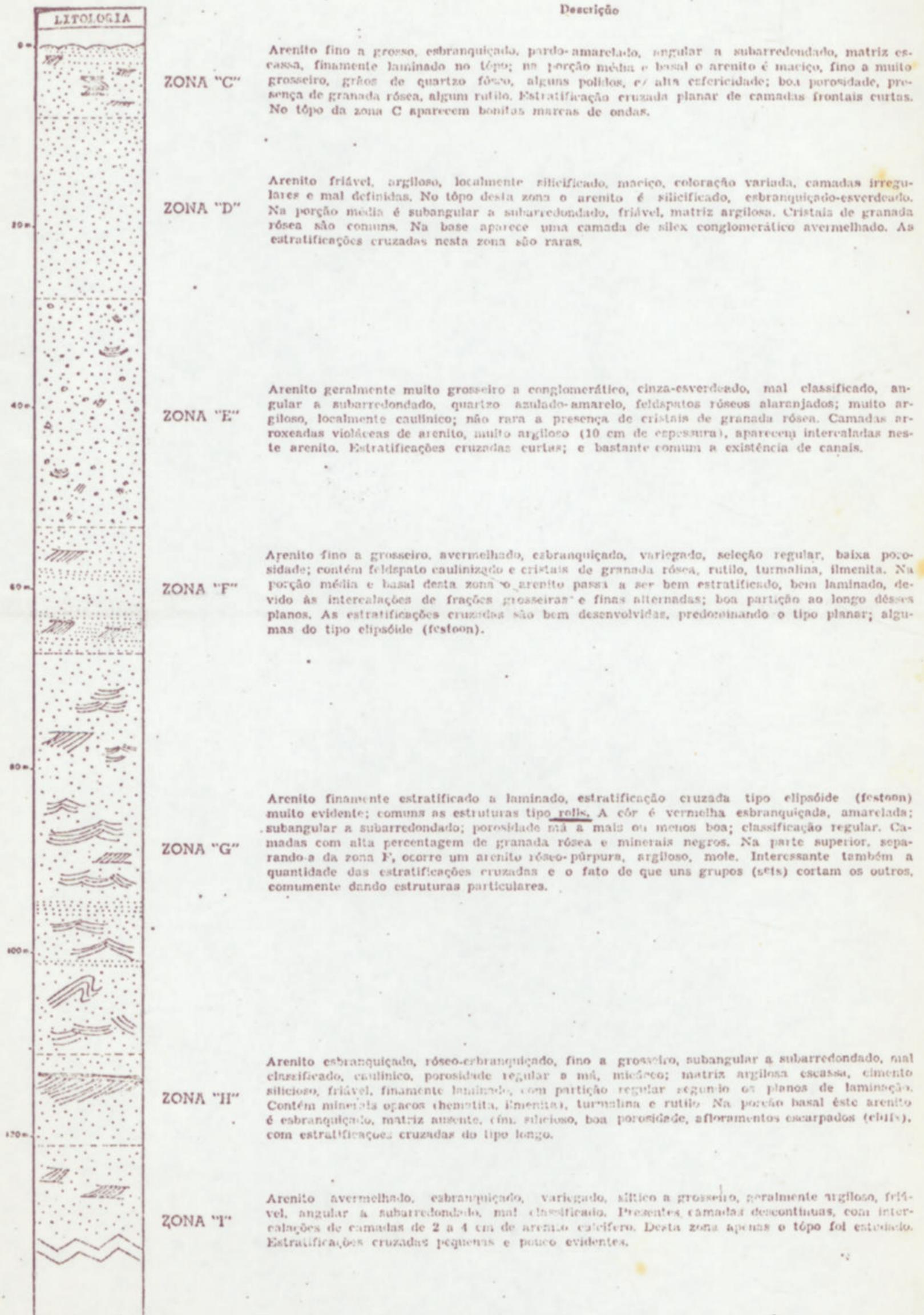




Fonte: VIANA, C.F. et alli, 1971.

Fig.4

Seção estratigráfica -- Formação Sorgi (Escala 1:400)



Fonte: SILVA, N.M.; Bol. Tec. Petrobrás v.9, nº2, 1966.

Fig. 5