

Tombo 00 2844

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELÉM

OCORRÊNCIAS DE SULFETOS METÁLICOS
EM ROCHAS SEDIMENTARES DA
BACIA AMAZÔNICA

do Prof. Dr. Arnaldo
com um abraço da equipe
de Sulfetos de Altamira - Marituba
Belém, 23 de Setembro de 1976
Arnaldo Marinho

Macambira

Edésio Maria B. Macambira
Nélio das Graças A.M. Rezende
José de Moura Carreira

SUMÁRIO

	Pág.
1. INTRODUÇÃO	1
2. LOCALIZAÇÃO E ACESSO	2
3. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS	5
4. GEOLOGIA REGIONAL	6
5. OCORRÊNCIAS SULFETADAS	10
5.1 - Rio Penetecaua	10
5.2 - Rio Cuparitinga	23
5.3 - Repartimento	31
5.4 - Rio Tapajós	38
6. ASPECTOS PALEOAMBIENTAIS	40
7. ASPECTOS GEOQUÍMICOS	45
8. CONSIDERAÇÕES SOBRE A GÊNESE	52
9. BIBLIOGRAFIA	62

FIGURAS

- Fig. 1 - Mapa de Localização
- Fig. 2 - Mapa Fotogeológico
- Fig. 3 - Coluna Crono-Litoestratigráfica
- Fig. 4 - Seção Geológica Colunar da Ocorrência Sulfetada do rio Penetecaua.
- Fig. 5 - Perfil Geológico Esquemático da Ocorrência Sulfetada do rio Cuparitinga
- Fig. 6 - Seção Geológica Colunar da Ocorrência Sulfetada do Repartimento
- Fig. 7 - Mapa Geológico da Ocorrência Sulfetada do rio Tapajós.

FOTOGRAFIAS

- Foto 1 - Aspecto geral das concreções
- Foto 2 - Concreção com estrutura interna radial
- Foto 3 - Concreção com estrutura interna concêntrica
- Foto 4 - Seções transversal e longitudinais da concreção
- Foto 5 - Seções transversais à concreção
- Foto 6 - Seção transversal à concreção, exibindo aspecto concêntrico
- Foto 7 - Núcleo de concreção formado por drusas de siderita
- Foto 8 - Concreção com estrutura concêntrica e núcleo ocupado por sulfetos
- Foto 9 - Seção transversal com núcleo inteiramente ocupado por sulfetos.
- Foto 10 - Concreção com aspecto de septária
- Foto 11 - Concreção com sulfetos disseminados no interior

- Foto 12 - Concreção apresentando associação de sulfetos, material carbonoso e siderita.
- Foto 13 - Fragmentos de concreções com núcleo de natureza silicosa.
- Foto 14 - Concreção cuja parte central é constituída por um núcleo concrecionário.

FOTOMICROGRAFIAS

- Fotomicrografia 1 - Parede das concreções
- Fotomicrografia 2 - Detalhe do contato entre a matriz e cristais
- Fotomicrografia 3 - Natureza composicional e textural do núcleo

TABELAS

- Tabela I - Caracterização Geoquímica das Fácies Sedimentares
- Tabela II - Relacionamento Químico das Concreções com os Folhelhos Encaixantes.

A B S T R A C T

During the Sulfetos de Altamira-Itaituba Project works, several occurrences of metallic sulphides were already revealed and concentrated into four groups. The first one occur in the heads of the Penetecaua river, the second on the Cuparitinga river, the third on the Repartimento region, and the last one on the Tapajos river. All the occurrences present similar features. The metallic sulphides were observed inside concretions that occur in the black shales of the Trombetas (Lower Silurian) and Curua (Upper Devonian) formations. On the Penetecaua occurrence, the mineralization is constituted by pyrite, chalcopyrite, sphalerite, arsenopyrite, covelite, bornite, chalcocite and, on a second plane, we can note siderite, ferruginous and carbonous materials. On the Cuparitinga occurrence we mainly have sphalerite and subordinately chalcopyrite and pyrite, all of them related to baryte and carbonates. On the Repartimento occurrence, pyrite and sphalerite were found, associated to baryte and iron oxides. Finally, the last group of mineralized rocks is situated on the Tapajos river and it is principally composed of galena. With the available data we can admit the mineralization as having a sedimentary origin. The geochemical analysis suggest that the Cuparitinga mineralization is mainly associated to Barium, the Repartimento mineralization to Barium and Iron, the Penetecaua one is related to Carbon and Iron, while on the Tapajos mineralization Lead is associated to sulphates and carbonates.

1. INTRODUÇÃO

A grande demanda e carência de metais não ferrosos, no cenário econômico nacional, levou a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, através de sua Superintendência Regional de Belém, a efetuar, em meados de 1974, estudos sobre a real possibilidade de mineralização de sulfetos metálicos, de origem sedimentar, na Bacia Amazônica.

Embora se soubesse que, mais de 40% da produção mundial de Cobre provinha de rochas sedimentares, poucas ou nenhuma eram, até então, as pesquisas geológicas referentes a sulfetos metálicos naqueles domínios litológicos.

Os estudos desenvolvidos demonstraram a possibilidade, nas rochas sedimentares da Bacia Amazônica, de seqüências favoráveis a acumulações metálicas do tipo "Kupferschiefer", "Mississippi Valley" e "Red Bed".

As evidências geológicas justificaram a apresentação de um ante-projeto para o Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM.

Tal idéia enquadrou-se na política de prospecção mineral do DNPM, e constituiu-se no Projeto Sulfetos de Altamira-Itaituba, objetivando um estudo econômico-mineral, voltado para mineralizações estratiformes, mormente de Pb, Zn e Cu, nas formações sedimentares da Bacia Amazônica.

O presente trabalho baseia-se em resultados parciais, até então obtidos pelo citado Projeto. As análises

ses petrográficas e calcográficas foram executadas na Secção de Laboratório/SUREG/BE, pelos geólogos Xafi da Silva Jorge João e José Maria Azevedo, respectivamente. Sob a chefia do químico Giuseppina G. de Araújo, foram realizadas, no Laboratório de Análises Minerais/CPRM-Rio de Janeiro, as análises químicas e geoquímicas. Os estudos palinológicos, foram efetuados por Eglemar Conde Lima (PETROBRÁS-RENOR).

2. LOCALIZAÇÃO E ACESSO

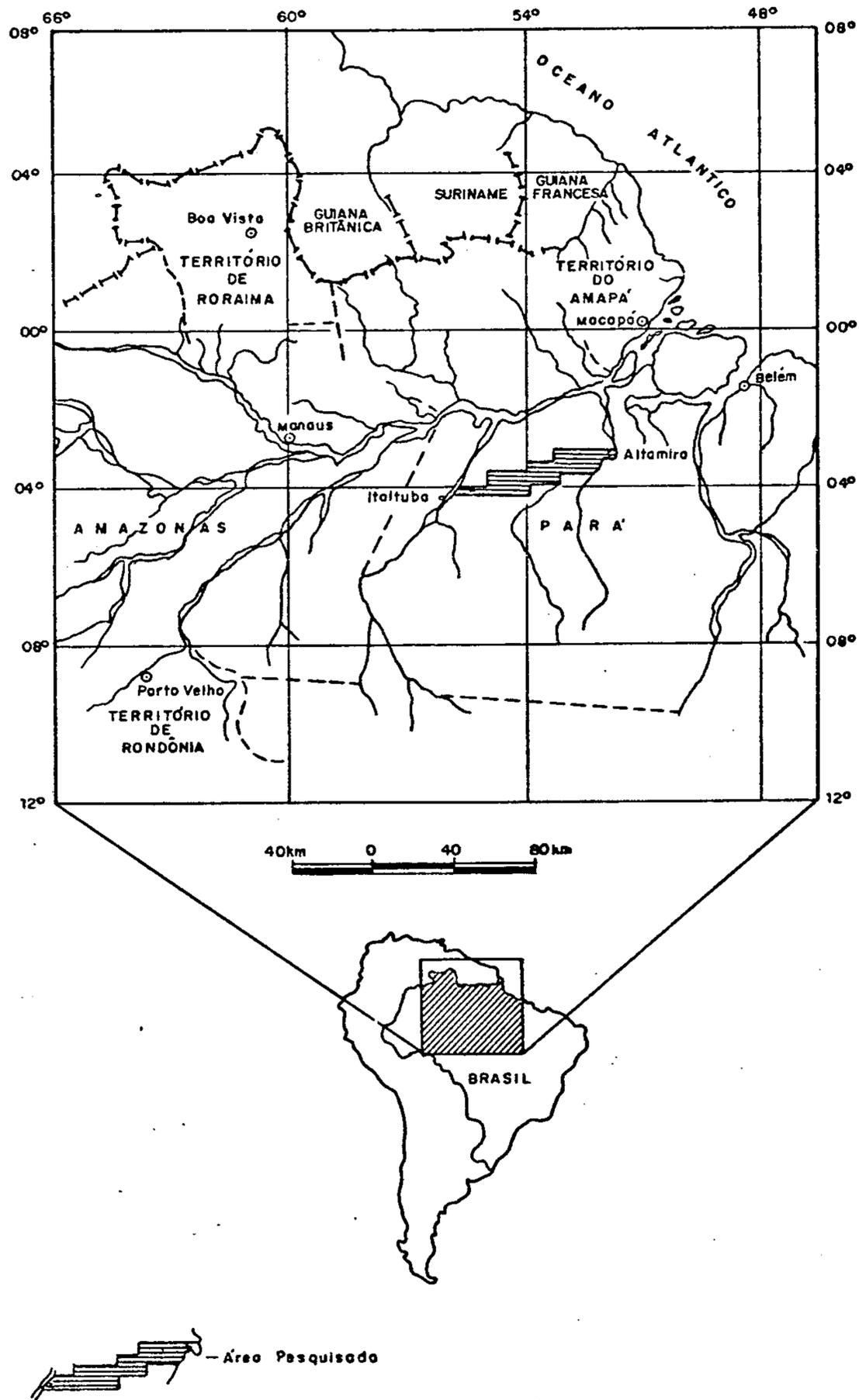
A região estudada compreende cerca de 15.000 km², inteiramente situada no Estado do Pará, abrangendo parte dos municípios de Porto de Moz, Senador José Porfiro, Altamira, Prainha, Santarém, Aveiro e Itaituba. Constitui uma faixa orientada aproximadamente no sentido NE-SW, com largura média de 30 km, cujos limites ocidentais e orientais correspondem, respectivamente, aos rios Tapajós e Xingu (Fig. 1).

A Rodovia Transamazônica (BR-230), a principal via de penetração, estende-se longitudinalmente e fornece acesso a toda a área pesquisada. A Santarém-Cuiabá (BR-165) complementa as condições de acesso, e ambas permitem conexão rodoviária com os principais centros econômicos do país. Centenas de quilômetros de estradas, de menores dimensões, distribuem-se perpendicularmente à BR-230, integrando o projeto de colonização do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA, que ocupa mais de 50% da área pesquisada.

Baseado no posicionamento geográfico, as vá

FIG. 1

MAPA DE LOCALIZAÇÃO.



rias ocorrências de sulfetos metálicos, descobertas até o momento, pelo Projeto Sulfetos de Altamira-Itaituba, podem ser agrupadas em quatro áreas principais. Salienta-se, en tretanto, que cada uma destas áreas contém vários aflo ramentos de rocha mineralizada, alguns espaçados de mais de 4 km.

De Leste para Oeste, a primeira destas mine ralizações foi denominada de ocorrência do rio Penetecaua, situada nas cabeceiras do citado curso d'água, no extremo Noroeste da Folha SA.22-Y-C-VI, e, segundo a divisão agrá ria, estabelecida pelo INCRA, um dos afloramentos minerali zados, situa-se no lote 44 da gleba 29. O acesso é feito através da Rodovia Transamazônica, a partir de Altamira, em direção a Itaituba, até a vicinal 27/29 e, através des ta até o lote 44 da referida gleba.

As ocorrências do grupo seguinte situam-se à margem direita do rio Cuparitinga, a montante da cachoeira de Pedra Branca e jusante da cachoeira do Furo do Breu. O acesso é feito, preferencialmente, por Santarém, deslocan do-se através da BR-165 até o rio Cuparitinga. Deste pon to, segue-se, cerca de 7 km, para jusante do referido cur so de água, até alcançar a área das ocorrências minerais. Estas, podem também ser alcançadas através de uma picada (6,3 km), que, partindo da Rodovia Transamazônica, atinge os afloramentos mineralizados do rio Cuparitinga.

O terceiro grupo de sulfetos metálicos situa -se no rio Cupari, na região denominada de Repartimento, que corresponde ao local em que o rio Cuparitinga se une ao rio Cuparipixuna, para formar o rio Cupari. O acesso po de ser feito por Santarém ou Itaituba, através do rio Tapa jós, até o local das ditas ocorrências.

O último grupo de rochas mineralizadas em sulfetos metálicos, situa-se a poucos quilômetros, a Sudoeste, do limite ocidental da área considerada. Esta ocorrência, denominada de rio Tapajós, foi a mais recentemente descoberta, tendo sido revelada pelos geólogos do Projeto Calcário-Itaituba. A área mineralizada é composta de vários afloramentos, situados na margem esquerda do rio Tapajós, entre as localidades de Barreirinha e São Vicente, estendendo-se para Oeste, até à Rodovia Transamazônica (BR-230), onde também se observaram afloramentos mineralizados. O acesso a Itaituba pode ser feito via aérea, e a partir desta cidade, alcança-se a zona mineralizada, por via fluvial (aproximadamente 50 km) ou por via rodoviária (40 km).

3. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

Observa-se a predominância do clima quente e úmido, registrando-se temperaturas médias anuais variando entre 25,6°C e 26,6°C. A umidade relativa do ar oscila entre 78% e 84%, com o índice pluviométrico atingindo valores entre 1697 e 1754 mm anuais.

Ocorre na área uma vegetação do tipo "hiléia amazônica", com predominância da Floresta Fechada, apresentando dois tipos de vegetação intrinsecamente relacionados à topografia. Nas partes mais altas, ocorre uma vegetação do tipo Floresta Densa, com árvores de grande porte, enquanto que nas partes mais baixas, ao longo dos rios e igarapés, observa-se uma típica Floresta de Várzea. Ao longo das rodovias federais, em consequência do sistema de colonização do INCRA, observa-se a substituição da floresta

primitiva por uma agricultura racional.

O solo predominante é o Latossol Vermelho Amarelado, destacando-se em segundo plano, o Podzólico Vermelho Amarelo, Areias Quartzosas Vermelhas Amarelas, Terra Roxa Estruturada e Solos Hidromórficos.

O relevo é bastante variado, apresentando desde feições praticamente planas até montanhosas, com altitudes máximas inferiores a 300 m. Baseados nas formas de relevo e drenagem é possível distinguir quatro principais superfícies de erosão, correspondentes aos diferentes estágios de aplainamento que atuaram na área.

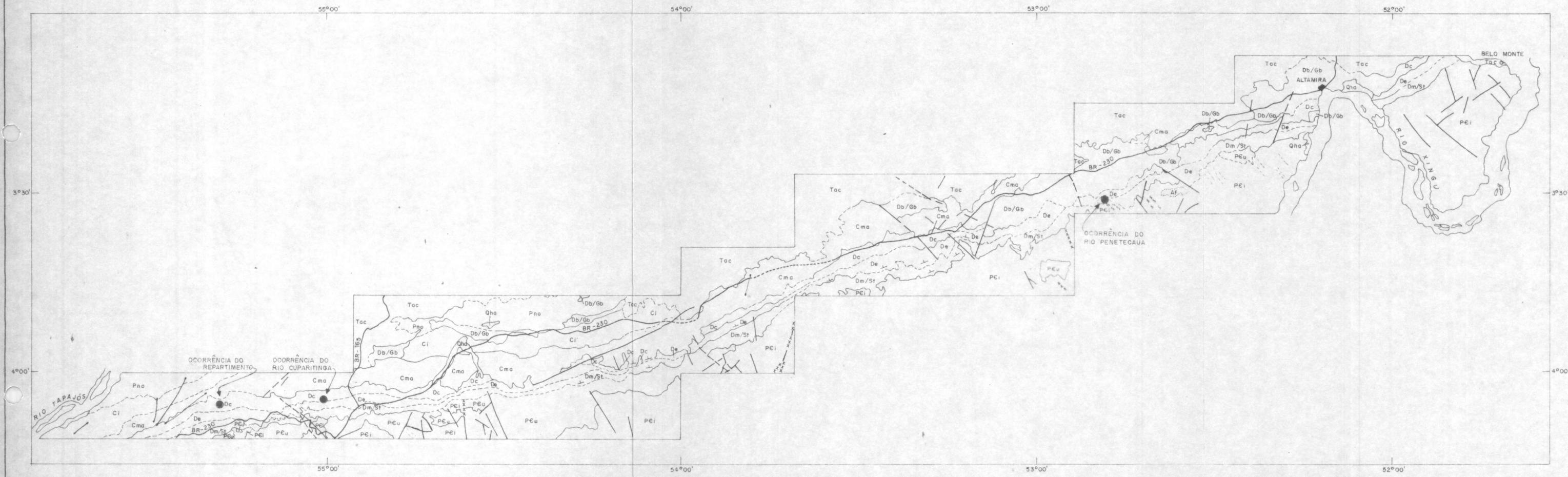
4. GEOLOGIA REGIONAL

A região, considerada, localiza-se no flanco sul da bacia sedimentar do Amazonas e compreende parte do extremo norte do Escudo Brasileiro. Abrange um conjunto de rochas ígneas, metamórficas e sedimentares, cujas idades variam do pré-Cambriano ao Recente (Fig. 2).

Sob o ponto de vista tectônico-estrutural, trata-se de uma área pertencente à Sinéclise do Amazonas, compreendida entre os arcos de Purus e Badajós. Grandes fraturamentos desenvolvem-se, principalmente, na direção $N45^{\circ}-55^{\circ}W$. As formações sedimentares compõem, isoladamente; faixas orientadas segundo ENE-WSW, com suaves mergulhos para NNW. As rochas básicas intrusivas representam a única atividade magmática que perturbou a seqüência sedimentar.

A coluna crono-litoestratigráfica (Fig. 3), a

Fig. 2



CONVENÇÕES

- Qha QUATERNÁRIO
- Tac TERCIÁRIO - Form. Alter do Chão
- Db/Gb JURO-CRETÁCEO - Rochas Básicas
- Pno PERMIANO - Form. Nova Olinda
- Ci CARBONIFERO - Form. Itaituba
- Cma CARBONIFERO - Form. Monte Alegre
- Dc DEVONIANO - Form. Curuá
- De DEVONIANO - Form. Ererê
- Dm DEVONIANO - Form. Maecuru
- St SULURIANO - Form. Trombetas
- PEu PRÉ-CAMBRIANO SUPERIOR
- PEi PRÉ-CAMBRIANO INDIFERENCIADO

- Contato definido
- - - Contato aproximado
- Contato litológico
- Falha indiscriminada
- Fratura
- xxxxx Zonas silteificadas
- ~ ~ ~ Zonas de cisalhamento
- Lineamentos estruturais
- ▲ Atitude de camada $\leq 10^\circ$
- Ocorrência mineral

- Zf Anfibolito
- Rio
- ◆ Cidade
- Povoado
- Rodovia Federal

Mapa apresentado no Relatório Preliminar - CPRM - Projeto Sulfetos de Altamira-Itaituba-MACAMBIRA, E.M.B. et alii - 1975.



MAPA FOTOGEOLOGICO



Fig. 3

COLUNA CRONO-LITOSTRATIGRÁFICA

ERA	SISTEMA	SÉRIE	GRUPO	FORMAÇÃO	MEMBRO	LITOLOGIA		
CENO-ZÓICA	QUATERNÁRIO	PLEISTOCENO		ALTER DO CHÃO				
	TERCIÁRIO	PALEOCENO						
MESO-ZÓICA								
PALEO-ZÓICA	PERMIANO	SUPERIOR		NOVA OLINDA				
		MÉDIO A INFERIOR		ITAITUBA				
	CARBONÍFERO	SUPERIOR		MONTE ALEGRE				
		INFERIOR						
	DEVONIANO	SUPERIOR			CURUA'	CURIRI		
						BARREIRINHA		
		MÉDIO		ERERÊ				
		INFERIOR	MAECURU	LONTRA				
	SILURIANO	INFERIOR		TROMBETAS	PITINGA			
	ORDOVICIANO							
PROTERO-ZÓICA	PRÉ-CAMBRIANO SUPERIOR		UATUMÃ					
	PRÉ-CAMBRIANO INDIFERENCIADO.					X X X X X X X X X X X X X X X X X X		

dotada neste trabalho, é uma adaptação de CAPUTO, M.V.; RODRIGUES, R. e VASCONCELOS, D.N. (1971), cujas unidades a florantes, na região pesquisada, são sumariamente descritas.

Complexo Basal - Esta unidade pertence ao Escudo Brasileiro, sendo representada por um complexo de rochas graníticas, gnáissicas, granodioríticas e migmatíticas.

Grupo Uatumã - Sobrejacente ao Complexo Basal, observa-se uma seqüência de rochas predominantemente vulcânicas, constituídas de tufos, tufitos, aglomerados e brechas, associada a derrames riolíticos e andesíticos.

Formação Trombetas - É a unidade sedimentar mais antiga (Ordoviciano-Siluriano), podendo ser subdividida, da base para o topo, nos membros Autás Mirim, Nhamundá, Pitinga e Manacapuru, dos quais apenas o Pitinga aflora na região considerada. Este compõe-se, predominantemente, de folhelhos cinza claro a escuro, com nódulos de pirita, intercalados com siltitos.

Formação Maecuru - Repousa discordantemente sobre a unidade anterior, sendo a sua idade admitida como devoniana inferior a médio. Apenas o Membro Lontra aflora no flanco sul, sendo constituído, predominantemente, por arenitos que variam de finos a conglomeráticos, brancos a cinza esbranquiçados, com abundante estratificação cruzada.

Formação Ererê - De idade meso-devoniana, recobre o Membro Lontra, de modo concordante e parcialmente gradacional. Consiste predominantemente de siltitos com intercalações

de arenitos.

Formação Curuá - Sua idade é admitida como devoniana superior e carbonífera inferior. É constituída, da base para o topo, pelos membros Barreirinha, Curiri e Oriximiná, dos quais apenas os dois primeiros afloram na área considerada. O Membro Barreirinha é composto, principalmente, por folhelhos cinza escuros a pretos, piritosos, com raros aleitamentos de siltitos e arenitos finos. O Membro Barreirinha passa gradacionalmente para o Curiri, caracterizado por folhelhos sílticos cinza plúmbeos a cinza escuros, com níveis de diamictitos.

Formação Monte Alegre - Na parte inferior, desta unidade, ocorre um conglomerado basal, sendo o restante composto por arenitos médios, brancos a esverdeados, friáveis, de grãos subarredondados. A Formação Monte Alegre assenta discordantemente sobre a seqüência anteriormente descrita, sendo sua idade aceita como carbonífera superior.

Formação Itaituba - Esta unidade, caracterizada pela presença de calcários e posicionada no Carbonífero Superior, apresenta contato tanto gradacional quanto abrupto com a Formação Monte Alegre. Os calcários, de cor cinza claro a cinza escuro, gradam desde margas até arenitos calcíferos, finos a médios, argilosos e micáceos.

Formação Nova Olinda - Apresenta contato dos tipos concordante e gradacional com a Formação Itaituba, tendo iniciado a sua deposição no Carbonífero e prosseguido até o Permiano. Caracteriza-se pela grande heterogeneidade, repre

sentada por halitas e anidritas, folhelhos e siltitos de cores variegadas, e calcários.

Intrusivas Básicas - São abundantes, em forma de diques e soleiras, de dimensões, por vezes, quilométricas. Constituem-se, principalmente, de diabásio de granulometria variada, apresentando-se, às vezes, texturalmente diferenciado a gabro.

Formação Alter do Chão - Assenta discordantemente sobre as formações preexistentes, sendo constituída por intercalações de arenitos e argilitos, e, subordinadamente, conglomerados. Os arenitos são finos a médios, de cores variegadas, caulínicos, mal selecionados e pouco consolidados. Os argilitos são vermelhos, friáveis, contendo variada proporção de silte e argila. Sua deposição desenvolveu-se no Cretáceo Superior e no Terciário.

Aluviões Recentes - Compreende argilas de cores variegadas, areias quartzosas e cascalhos, distribuídos, sobretudo, ao longo dos diversos cursos d'água.

5. OCORRÊNCIAS SULFETADAS

5.1 - Rio Penetecaua

De uma maneira geral, os afloramentos situam-se no leito e nas margens de um riacho, que, em alguns locais, chega a formar escarpas com vales abruptos e profundos.

A seção geológica em que se encontra a minera

lização pode ser observada na Fig. 4, onde se notam três estratos bem distintos.

Na base, observam-se rochas do Complexo Basal, representadas por gnaisses e migmatitos, de composição predominantemente granítica, de idade pré-Cambriana.

Sobrejacente, em contato discordante, observa-se o Membro Pitinga, da Formação Trombetas, do Siluriano Inferior. Esta unidade é composta por folhelho de cor cinza escura a preto, bem laminado, físsil, algo carbonoso, radioativo, plástico, apresentando intercalações de níveis mais sílticos, contendo micro-fósseis, com fraturas preferencialmente na direção $N55^{\circ}W$ e mergulhos sub-verticais para NE e SW. O Folhelho Pitinga apresenta-se sub-horizontal, com mergulhos inferiores a 3° para NNW. A espessura do pacote pode ser estimada em cerca de 30 m. Uma das características destes folhelhos é a presença de, pelo menos, dois níveis de tilitos, com aproximadamente 15 cm de espessura, constituídos, predominantemente, de seixos de folhelho, apresentando, em alguns locais, um cimento piritoso.

Estratigraficamente acima do folhelho, e em contato discordante, encontra-se o Membro Lontra da Formação Maecuru, admitido como pertencente ao Devoniano Inferior. Esta unidade é representada por um arenito, de cores branca, amarela, creme e cinza-claro, composto predominantemente de grãos de quartzo sub-arredondados, friável, predominantemente homogêneo, apresentando, em alguns locais, uma suave e decimétrica estratificação paralela, devido a variações granulométricas. A granulometria do arenito é média a fina, com alguns níveis mais grosseiros, poroso, com uma matriz caulínica e apresentando característicos paredões abruptos, com erosão alveolar.

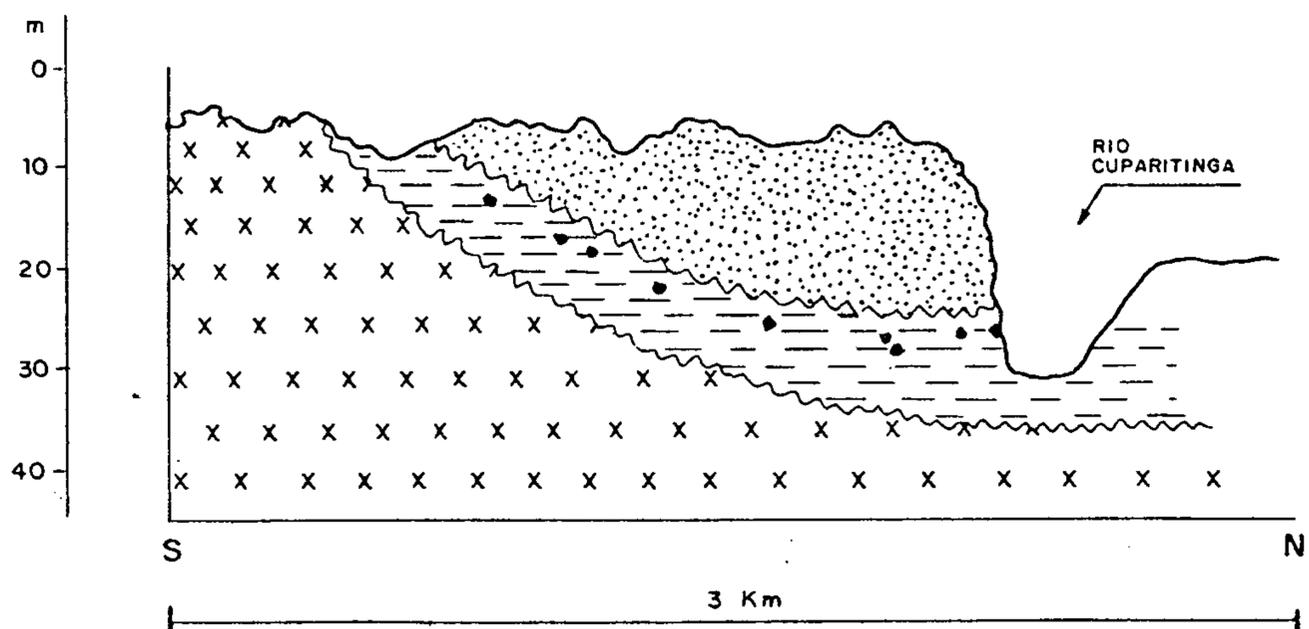
Fig. 4

SEÇÃO GEOLÓGICA COLUNAR DA OCORRÊNCIA
SULFETADA DO RIO PENETECAUA

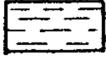
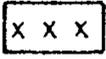
SISTEMA	SÉRIE	FORMAÇÃO	MEMBRO	ESPESSURA (m)	LITOLOGIA	DESCRIÇÃO
DEVONIANO	INFERIOR	MAECURU	LONTRA			Arenitos finos a médios, brancos a creme, friáveis, subarredondados.
SILURIANO	INFERIOR	TROMBETAS	PITINGA	30		Folhelho preto, físsil, micro-fossilífero, piritoso, fraturado, com concreções de sulfetos metálicos e níveis de filitos piritosos.
PRÉ-CAMBRIANO INDEFINIDO.						Complexo de rochas graníticas, gnáissicas, migmatíticas, etc.

Fig. 5

PERFIL GEOLÓGICO ESQUEMÁTICO DA OCORRÊNCIA
SULFETADA DO RIO CUPARITINGA



LEGENDA

-  MEMBRO LONTRA — Formação Maecuru
-  MEMBRO PITINGA — Formação Trombetas
-  COMPLEXO BASAL

Os sulfetos encontram-se no interior de concreções. Estas ocorrem disseminadas em todo o pacote de folhelho, sobretudo na parte superior do Membro Pitanga, formando como que um nível, de aproximadamente 5 m de espesura. Nesta ocorrência, a percentagem em volume das concreções, na massa de folhelho, é variável, todavia, admite-se que no nível considerado, a concentração é em torno de 2%. Durante os trabalhos geológicos preliminares, foi comprovada uma extensão superior a 1.000 m, para o deseenvolvimento lateral do nível, nesta ocorrência.

Devido à escassez de afloramentos e ao estágio inicial das pesquisas, não se pôde constatar a presença de outros níveis. Contudo, o exame "in loco" das concreções encaixadas nos folhelhos, sugere a possibilidade de constituírem outros níveis, sem que se constatasse a sua continuidade.

As formas das concreções (Foto nº 1) são variáveis, predominando sobretudo, as de aspecto discóide, esférico e elíptico. Suas dimensões são também variáveis, podendo o diâmetro maior situar-se entre 10 a 30 cm, e, em alguns casos, alcançar 50 cm.

As concreções são facilmente separáveis da rocha encaixante, deixando, após a retirada, um molde quase que perfeito. A superfície das concreções, na maioria dos casos, apresenta-se áspera, podendo observar-se também superfícies lisas ou enrugadas. Predomina, nas superfícies externas das concreções, tonalidade escura a quase preta, salientando-se o marrom escuro, o cinza escuro, o vermelho escuro etc. Algumas apresentam manchas amareladas e avermelhadas, devido a processos de intemperismo relacionados à ação de óxidos férricos.



Foto 1 - Aspecto geral das concreções, observando-se diferentes formas e tamanhos.



Foto 2 - Concreção apresentando estrutura interna radial, cuja parte central é formada por drusas de barita associada a blenda.

As concreções apresentam, geralmente, um núcleo interno, podendo ou não ser central. Salienta-se, entretanto, que em algumas concreções inexiste tal núcleo. Quanto à estrutura interna, podem ser radial (Foto nº 2), em camadas concêntricas (Foto nº 3), maciças (Foto nº 4), ou sem nenhuma orientação. Casos existem em que se observa a combinação das estruturas mencionadas (Foto nº 5).

O aspecto concêntrico é causado, principalmente, pela maior ou menor concentração de sulfetos metálicos, bem como pela variação da granulometria dos constituintes não metálicos. Observam-se, ainda, aspectos concêntricos de natureza secundária, relacionados a fenômenos intempéricos (Foto nº 6).

O núcleo das concreções pode ser não mineralizado (Foto nº 6), como pode ser constituído por drusas de minerais metálicos associados a não metálicos (Foto nº 7), ou estar inteiramente ocupado por metálicos (Foto nº 8), que em alguns casos, por si sós, constituem quase que inteiramente a concreção. Em outros casos, o núcleo metálico pode estar envolvido por uma "névoa" de constituintes de mesma natureza (Foto nº 9).

Algumas concreções, apresentam aspectos semelhantes a septárias, com tamanho e forma idênticos, inclusive com a presença de septos (Foto nº 10).

Os sulfetos, encontrados nas concreções, são observados, ora constituindo as paredes internas dos geodos das concreções, ora disseminados nas concreções, formando massas irregulares (Foto nº 11), centimétricas, não orientados e com aspecto de encrave, ou ainda finamente disseminados no material da concreção.



Foto 3 - Concreção exibindo estrutura interna concêntrica e o núcleo ocupado por siderita drusiforme e sulfetos.



Foto 4 - Seções transversal e longitudinais da concreção, exibindo estrutura interna maciça. Observa-se na parte central o núcleo concrecionário. Os sulfetos estão no contato do núcleo com as paredes da concreção e finamente disseminados em ambas as partes.

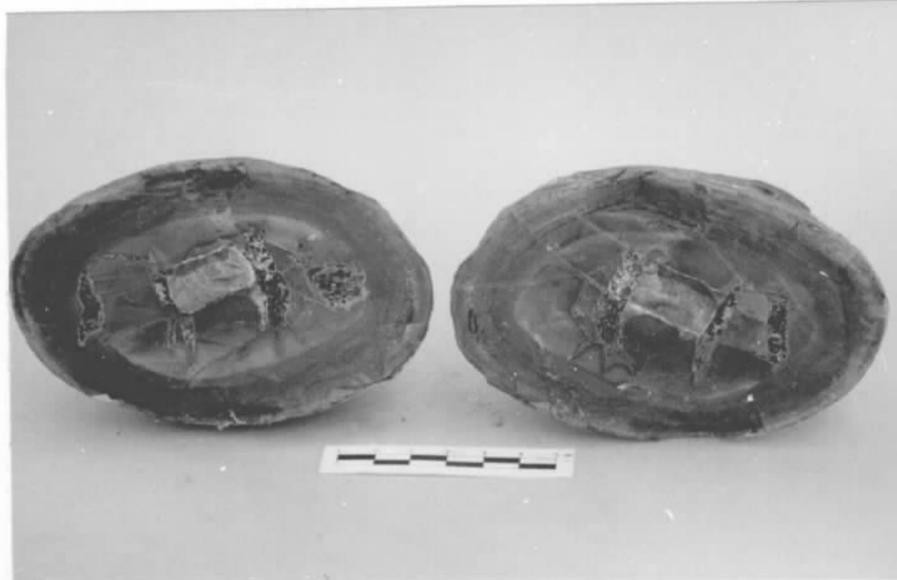


Foto 5 - Seções transversais à concreção, observando-se a combinação das estruturas radial e concêntrica. O núcleo é ocupado por sulfetos, também disseminados nas paredes das concreções.



Foto 6 - Seção transversal à concreção exibindo um aspecto concêntrico, causado por fenômenos intempéricos. O núcleo é formado por drusas de siderita, não se observando mesoscopicamente a presença de sulfetos. Estes, encontram-se finamente disseminados nas paredes da concreção, e em torno dos cristais de siderita.



Foto 7 - O núcleo de concreção é formado por drusas de siderita (cristais centimétricos) associada a pirita, calcopirita e blenda.



Foto 8 - Concreção de estrutura concêntrica, cujo núcleo é inteiramente ocupado por sulfetos.



Foto 9 - Seção transversal a uma concreção cujo núcleo é inteiramente ocupado por sulfetos, e envolvido por uma "névoa" de constituintes da mesma natureza.



Foto 10 - Concreção com aspecto de septária, cujos septos estão preenchidos por metálicos.



Foto 11 - Concreção em que os sulfetos estão disseminados no seu interior, contrastando com os aspectos até então observados.

As análises calcográficas, das concreções da ocorrência do rio Penetecaua, determinaram pirita, calcopirita, esfalerita, arsenopirita, covelita, bornita e calcosita, cujas percentagens variam de amostra para amostra.

A pirita ocorre abundantemente, em agregados de esferulitos ou pequenos nódulos, mais cristalinos nas bordas, nos quais pode ser observado um nítido crescimento concêntrico. Raramente é verificada uma tendência ao idiomorfismo, lembrando, por vezes, formas esqueléticas. Normalmente mal cristalizada, porém sempre formando, ou tendendo a formar grandes massas concentradas, com superfícies de péssimo polimento. Ocorre também em cristaltos, dispersos na parede das concreções. Há casos de substituição de pirita por goetita. Os nódulos dos núcleos piritosos encerram, às vezes, porções de matéria orgânica. Estes nódulos piritosos sugerem tratar-se de primitivas bactérias (?), ou micro-organismos mineralizados, no seio dos outros minerais, à semelhança do que ocorre em Rammelsberg, Alemanha. Tais nódulos apresentam textura framboidal, desenvolvendo-se e aglomerando-se para formar placas irregulares. Acredita-se que alguns destes cristais de pirita possam ser marcassita, porém, devido ao diminuto tamanho, não se pode assegurar a presença deste mineral.

É possível identificar, em observação mesoscópica, a calcopirita em pequeníssimos pontos. Ocorre em cristais xenomórficos, pouco desenvolvidos, com aspecto vermiforme e amebóide, por vezes relativamente bem distribuídos. Foi constatada a presença da calcopirita, em minúsculas inclusões, dispersas nas paredes das concreções. Há casos em que a calcopirita praticamente se confunde com a pirita.

A esfalerita ocorre em pequenas placas, sem

forma definida, com tendência a se aglomerar e atingir maiores dimensões, porém sempre mostrando péssimo polimento. As cores de reflexão interna chegam a tons avermelhados, implicando em um teor de ferro relativamente alto. Clivagem e maclas são observadas. Verificaram-se, nos cristais de esfalerita, pequenas inclusões de calcopirita e muito raras de pirita. A esfalerita, de um modo geral, ocorre circundando a pirita, sendo os seus limites simples e bem delineados. Algumas vezes, nas bordas dos cristais de esfalerita, ocorre calcopirita, a qual parece estar envolvida por aquele mineral.

A arsenopirita revelou-se em pequenos cristais, alguns um pouco mais desenvolvidos, observando-se um certo automorfismo. Apresenta-se relativamente bem distribuída, geralmente em faixas, às proximidades das massas piritosas, sem contudo penetrar nestas. Às vezes chega a ser confundível com a pirita, seja pela cor natural (ligeiramente amarelada), seja pela anisotropia exibida (um pouco fraca).

A presença de covelita foi identificada em pequenas manchas, às vezes com razoável distribuição nas paredes das concreções. Percebe-se incipiente substituição a calcopirita, o mesmo ocorrendo com a esfalerita.

A bornita e a calcosita são bastante raras, nas amostras estudadas, entretanto observa-se uma pequena predominância da bornita. Suas dimensões são muito reduzidas, porém, exibem belas texturas de substituição a calcopirita.

Associados a estes minerais metálicos, observa-se, principalmente, esfalerita e material carbonoso (Fo

to nº 12). A siderita de cor marrom-claro a transparente, forma cristais idiomórficos, de dimensões milimétricas, alguns chegando a atingir centímetros, de aspecto drusiforme, crescidos sobre a pirita.

Estudos, em seção delgada (Fotomicrografia 1), permitem observar, que as paredes da concreção são compostas, predominantemente, por uma matriz microcristalina, carbonática, de natureza siderítica. Os grânulos de siderita apresentam coloração marrom-amarelado e, propriedades óticas características dos carbonatos romboédricos, porém, variáveis, em função da presença de íons, como manganês e zinco, em sua estrutura cristalina, ou do aumento da concentração do ferro bivalente. Exibe alta birrefringência, polarizando-se nos tons de ordem superior, com aspecto irrisado.

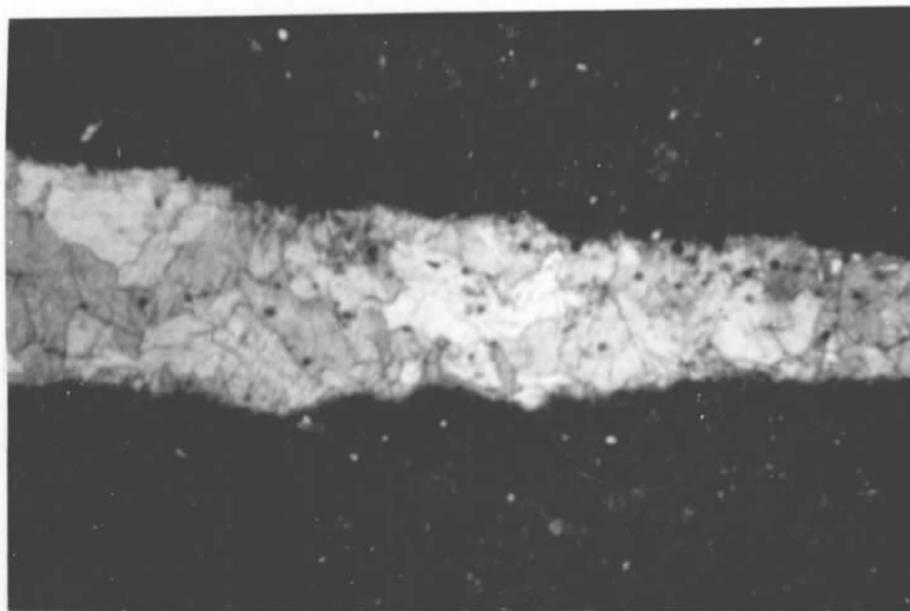
Observam-se, também, disseminados na matriz siderítica, quantidades minoritárias de quartzo microcristalino, e, mais raramente, grânulos de calcedônia e palhetas de sericita. Verificou-se, ainda, a presença de fragmentos de micro-organismos.

5.2 - Rio Cuparitinga

Os afloramentos mineralizados do rio Cuparitinga situam-se, predominantemente, na margem esquerda do referido curso d'água. Encontram-se linearmente distribuídos, espaçados entre si de 1 a 2 km, ocupando uma extensão em torno de 5 km. Salienta-se, entretanto, que nos riachos que desaguam neste intervalo, foram revelados outros afloramentos mineralizados.



Foto 12 - Concreção exibindo uma íntima associação de sulfetos com material carbonoso e pequenos cristais de siderita.



Fotomicrografia 1 - 12,5X-LN - Parede das concreções. Observam-se veios milimétricos de carbonato siderítico, em acentuado grau de recristalização, contrastando com a matriz de mesma composição, constituída de grãos microcristalinos.

Estas exposições caracterizam-se por formarem desenvolvidas escarpas verticais, atingindo altura superior a 10 m, e cerca de 100 m de extensão, margeando o rio Cuparitinga. Os afloramentos situam-se ao nível d'água, sendo sua observação subordinada a flutuação do nível fluvial, tornando-se impossível durante o período das cheias. Salienta-se, também, que, mesmo durante o período seco, se tornam difíceis as observações geológicas, devido parte do afloramento ficar submerso, e à impraticabilidade de se trabalhar a bordo de um barco.

O panorama geológico é semelhante ao descrito para a ocorrência do rio Penetecaua. Na base da coluna estratigráfica (Fig. 5), observa-se o Complexo Basal, constituído de gnaisses, migmatitos e granitos. Assentando-se de maneira discordante, observa-se o Membro Pitanga, da Formação Trombetas (Siluriano Inferior) composto de folhelhos cinza escuro a preto, físseis, duros, algo betuminosos, microfossilíferos, em alguns locais piritosos, com níveis de tilitos piritosos e disposto de maneira sub-horizontal, com suave ($<5^{\circ}$) mergulho para NNW. Sobrejacente ao Membro Pitanga, encontra-se, de maneira discordante, o Membro Lontra da Formação Maecuru, de idade devoniana inferior. Esta unidade é representada por uma seqüência de arenitos friáveis, de cores branca, cinza claro, creme, amarela e rósea, de granulação fina a média, regular a bem selecionado, formando característicos paredões com mais de 10 m de altura.

É interessante notar (Fig. 5) que, na faixa de ocorrência dos folhelhos Pitanga, não foram encontradas mineralizações, devido a espessa cobertura de solo e vegetação. As mineralizações só foram observadas, nas profundas barrancas escavadas pelo rio Cuparitinga, que rompeu

todo o pacote de arenito e parte do folhelho, formando uma seção que exhibe as rochas mineralizadas.

Nesta área, as mineralizações ocorrem também sob forma de concreções, porém formando exposições mais desenvolvidas, e inclusive com maior percentagem de concreções mineralizadas (em alguns locais superiores a 5%).

As concreções são semelhantes às anteriormente descritas, todavia, diferindo, principalmente, no que diz respeito à composição mineralógica. Encontram-se, ainda, disseminados em folhelhos pretos do Membro Pititinga, formando um nível de aproximadamente 3 m de espessura, e com uma extensão, constatada nesta ocorrência, de cerca de 5 km.

Apresentam formas esférica, elíptica, discóide e irregular, com o diâmetro máximo de 10 a 30 cm. A superfície externa das concreções é predominantemente lisa, apresentando esfoliação esferoidal. Esta superfície exhibe variação de cores cinza, marrom e vermelha, sendo que, às vezes, devido a impregnações de óxidos férricos, adquire cores amarela, vermelha claro e laranja. A parte interna das concreções apresenta, geralmente, tonalidades castanho e cinza.

As concreções de estrutura interna maciça e/ou radial são mais frequentes, ao contrário do observado na ocorrência do Penetecaua, em que as estruturas concêntricas são comuns. Na ocorrência do rio Cuparitinga são raras, e, em apenas algumas amostras, observa-se um suave e gradacional acamamento.

Nesta ocorrência, os núcleos estão geralmente ocupados por drusas, fragmentos de rocha (?), material si

licosos, associados à matéria orgânica mineralizada, ou ainda podem estar ocupados por material concrecionário (Foto nº 13).

É interessante salientar que, em várias concreções, principalmente naquelas que têm drusas no seu interior, foi observada a presença de água com pH igual a 5. Apesar deste valor ser comum, nesta região, admite-se que esta água seja conata, em virtude do aspecto afanítico da concreção, aliado à total ausência de poros, e à impermeabilidade das suas paredes.

Em alguns locais, devido a maior abundância das concreções, estas chegam a formar agrupamentos, ficando interligadas entre si, e, devido a processos diagenéticos tomam aspecto de um nível contínuo e regular, com espessura média de 15 cm, podendo alcançar comprimento superior a 30 m.

Os sulfetos ocorrem, preferencialmente, de três maneiras: em forma de drusas, no interior das concreções; quando o núcleo é desenvolvido a mineralização situa-se no contato deste com as paredes da concreção; observa-se também que os metálicos ocorrem disseminados nas paredes das concreções, em forma de cristais decimimétricos a centimétricos.

A "suite" mineralógica, revelada nesta ocorrência, é composta, principalmente, de esfalerita, pirita e calcopirita, intimamente associadas a barita e a compostos carbonáticos (Foto nº 14).

A esfalerita ocorre em placas, onde os cristais mostram amplo crescimento, no seio dos minerais não metálicos que compõem a concreção, sendo notório que seus



Foto 13 - Vários fragmentos de concreção em que o núcleo é ocupado por material de natureza silicosa, associada a matéria orgânica e sulfetos, podendo ser interpretado como uma primitiva concreção, ou um núcleo autóctone. Os sulfetos encontram-se disseminados em toda a concreção, principalmente no contato da concreção com o núcleo.



Foto 14 - Concreção cuja parte central é ocupada por um núcleo concrecionário, observando-se desenvolvidos cristais de barita associada a blenda.

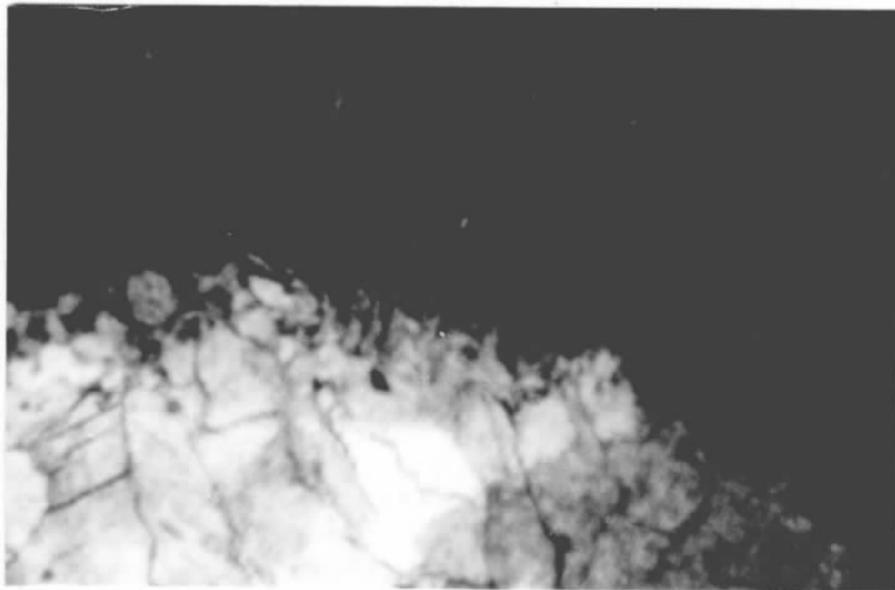
limites não penetram nas paredes da concreção, cuja textura é fina. As tonalidades predominantes, de suas reflexões internas, variam de esbranquiçadas a amareladas, sugerindo não serem elevados os teores em ferro. A esfalerita apresenta um bom polimento, sendo observadas clivagens e maclas, estas bem visíveis.

Observou-se a pirita em forma de minúsculos pontos alinhados em forma de um "terço" situado ao longo do limite da esfalerita, com o núcleo concrecionário, ou com as paredes das concreções ou, ainda, associado aos minerais não metálicos (Fotomicrografia 2). Sua ocorrência é em forma de esferulitos ou pequenos nódulos, aglomerados em grupos, mais cristalinos nas bordas, com crescimento concêntrico, e, quando mais desenvolvidos, tornam-se um pouco alongados. Observam-se, também, no interior dos esferulitos, diminutas porções de matéria orgânica (?).

Calcopirita ocorre em pequenas placas xenomorfas, às vezes com tendência ao desenvolvimento, aproximadamente orientadas à pirita. É comum apresentar adensamento de esferulitos de pirita, em suas bordas. Raramente são observados cristais de calcopirita totalmente circundados por esfalerita. Sua afinidade com pirita, nas paredes da concreção, é nitidamente maior do que com a esfalerita.

Observações microscópicas permitem extrapolar para as paredes das concreções, nesta ocorrência, uma homogeneidade composicional, em termos matriciais, sem zoneamento ou níveis gradacionais.

As raras mudanças de tonalidade, tornando-se geralmente mais escuras em torno do núcleo, são devidas à maior concentração de minúsculos cristais de sulfetos. Entretanto, de um modo geral, observam-se, para as paredes



Fotomicrografia 2 - 50X-LN - Detalhe do contato entre a matriz microcristalina e os cristais mais desenvolvidos, ambos de natureza carbonática, onde se observam concentrações de sulfetos, controladas a parentemente pelos planos de fratura.

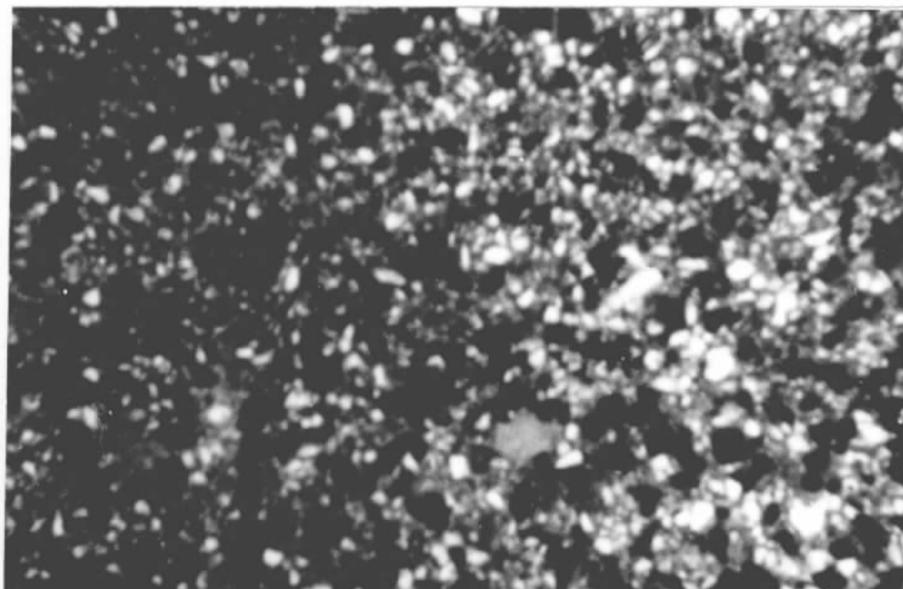
destas concreções, características estruturais e mineralógicas semelhantes às descritas para a ocorrência anterior, e de um certo modo, predominantes nas demais ocorrências.

Análises petrográficas do material (Fotomicrografia 3), que por vezes ocupa o núcleo de concreção, revelaram que este apresenta uma natureza composicional diferente da observada para as paredes das concreções. O núcleo é constituído por uma massa microcristalina, composta de grãos angulares de quartzo, esferulitos metálicos e foram identificados Chithinozoas e Tasmanalles, associados a uma matriz argilo-siderítica. Em algumas amostras, o núcleo exibe um certo bandeamento mineralógico. Salienta-se, que a presença de microfósseis é observada no núcleo concrecionário e nas paredes das concreções.

5.3 - Repartimento

Os afloramentos situam-se ao longo do baixo rio Cuparitinga e no rio Cupari. Estão linearmente espaçados de 2 a 3 km, abrangendo uma extensão superior a 5 km. Entretanto, como nesta região o rio torna-se bastante meandroso, o percurso abrangido pelos afloramentos mineralizados, ao longo do rio, torna-se superior a 10 km.

Os afloramentos constituem-se principalmente de barrancos e de lageiros, situados preferencialmente na margem direita, canalizando e assoalhando os cursos d'água. Tal como anteriormente descrito para a ocorrência do rio Cuparitinga, os do Repartimento apresentam o mesmo obstáculo, com relação à flutuação do nível fluvial, e assim sendo, somente no ápice do período seco, é que se podem fazer as melhores observações.



Fotomicrografia 3 - 12,5X-LN - Observa-se a natureza composicional e textural do núcleo concrecionário diferente da apresentada pelas paredes das concreções.

A seção geológica, na qual se encontram as mineralizações, pode ser observada na Fig. 6. As camadas estão dispostas sub-horizalmente, com suaves mergulhos ($<5^{\circ}$) para N e NNE.

Este conjunto inicia-se, da base para o topo, com o Membro Lontra, da Formação Maecuru. Este consiste de arenitos que variam de finos a conglomeráticos, brancos a cinza-claros, mal selecionados, sub-angulares, friáveis, com abundante estratificação cruzada. Observam-se, também, níveis de siltitos, micáceos, argilosos, de cor cinza-claro a cinza-escuro.

Sobrejacente, em contato concordante e parcialmente gradacional, encontra-se a Formação Ererê, representada predominantemente de siltitos com intercalações de arenitos. Os siltitos exibem tonalidades cinza, sendo laminados, argilosos e micáceos. Os arenitos são, em geral, finos a médio, argilosos, de cor branca, amarela e cinza, friáveis e maciços.

Esta unidade passa gradacionalmente ao Membro Barreirinha, composto de folhelhos cinza escuro a preto, micáceos, laminados, físseis, aparentemente carbonosos, microfossilíferos, duros a meio moles, radioativos, com aspecto sub-ardosiano e com intercalação de folhelhos sílticos. Em alguns locais, é comum a presença de pirita, ocorrendo sob a forma de oolitos e pisolitos ou, ainda, como finas lâminas concordantes com os planos de estratificação.

A unidade imediatamente sobrejacente à descrita, e em contato gradacional, é o Membro Curiri. Caracteriza-se por um conjunto de siltitos e folhelhos. Os folhelhos apresentam tonalidades cinzentas, laminados, micáceos,

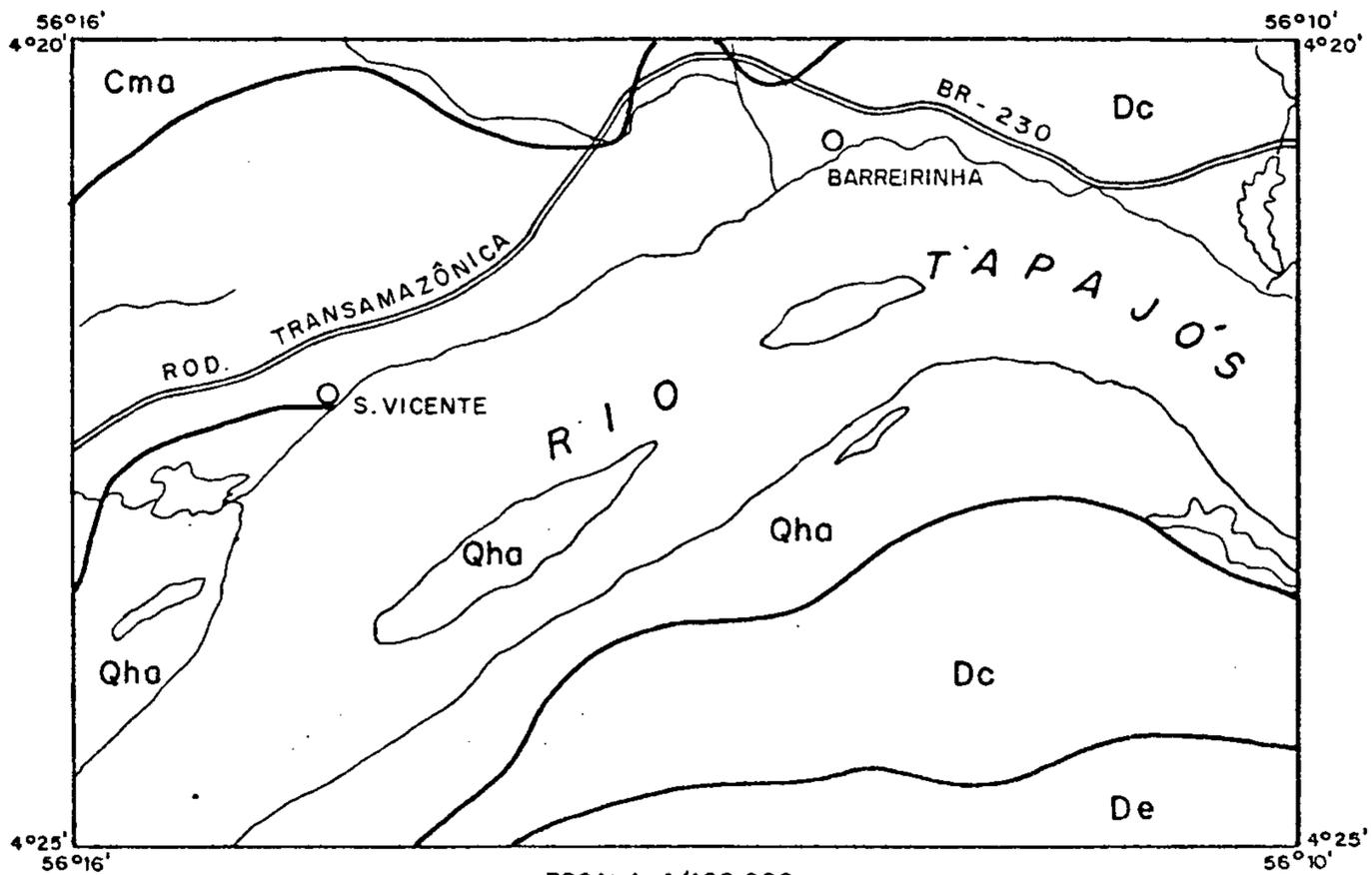
Fig. 6

SEÇÃO GEOLÓGICA COLUNAR DA OCORRÊNCIA
SULFETADA DO REPARTIMENTO

SISTEMA	SÉRIE	FORMAÇÃO	MEMBRO	ESPESSURA (m)	LITOLOGIA	DESCRIÇÕES
CARBONÍFERO	SUPERIOR	MONTE ALEGRE		60		Arenitos médios, brancos, friáveis, ferruginosos.
DEVONIANO	SUPERIOR	CURUA'	CURIRI	10		Folhelhos siltíticos a siltitos, de cores escuras, com níveis de diamictitos.
			BARREIRINHA	80		Folhelhos cinza escuros a preto, micro-micáceos, algo carbonosos, físeis, radiativos, micro-fossilíferos, localmente piritosos.
	MÉDIO	ERERÊ	50		Siltitos de cores variegadas, friáveis, com intercalações de arenitos e argilitos.	
	INFERIOR	MAECURU	LONTRA	60		Arenitos finos a conglomeráticos, brancos, amarelados, friáveis, subarredondados.

Fig. 7

MAPA GEOLÓGICO DA OCORRÊNCIA
SULFETADA DO RIO TAPAJÓS



ESCALA 1/100.000

LEGENDA

Qha	QUATERNÁRIO - Aluvião Recente	Dc	DEVONIANO SUPERIOR - Curuá
Cma	CARBONÍFERO SUPERIOR - Monte Alegre	De	DEVONIANO MÉDIO - Ererê

sílticos e com intercalações de arenitos muito finos. Sobrepõem-se siltitos argilosos, de cor cinza a preto, quase maciços, micáceos, piritosos, contendo seixos disseminados de folhelho, quartzo, arenito, sillexito, quartzito etc.

Na área do Repartimento, o Membro Curiri encerra esta seqüência transgressiva, sendo recoberto pela formação Monte Alegre, em contato de natureza discordante erosional. Esta unidade é representada, quase que exclusivamente, por arenitos predominantemente médios, cor branca e creme, e às vezes amarela, devido a impregnações de óxidos de ferro, friáveis, grãos arredondados e laminação cruzada.

Neste caso, as mineralizações também se encontram no interior de concreções que estão disseminadas nos folhelhos pretos do Membro Barreirinha. Apresenta-se, ainda, como que constituído um nível de cerca de 3 m de espessura, que pode ser observado em afloramentos, esparsos, por uma extensão linear superior a 5 km.

As concreções são de aspecto semelhante às já descritas. Ocorrem de forma arredondada a discóide, geralmente com textura maciça a radial, superfície externa lisa, com esfoliação esferoidal, predominando as cores cinza claro e vermelho-amarelado (devido à impregnação de óxidos férricos) e, internamente, observam-se as cores cinza escuro e marrom avermelhada.

Esta ocorrência distingue-se por apresentar uma grande variação das características composicionais e texturais, nas concreções, quando se examinam os diversos afloramentos. Face o caráter preliminar da pesquisa, não se pôde estabelecer um controle altimétrico perfeito, de

maneira a poder assegurar que tais mudanças são devidas a vários níveis com concreções de natureza diferente, ou a simples mudanças laterais, no mesmo nível.

Desta maneira, os afloramentos do extremo Les te, deste agrupamento, caracterizam-se pelo gigantismo das concreções, cujo diâmetro maior ultrapassa 1,0 m e o menor 0,5 m. Estas concreções encontram-se como que alinhadas em mais de 100 m de extensão, imersas na massa de folhelhos pretos. Em virtude do seu tamanho, e da sua posição, em barranca vertical do rio, não se pôde fazer um estudo completo do seu interior. Entretanto, pôde-se verificar que a mesma é constituída de uma massa afanítica de carbonatos e sulfatos, onde se observam cristais bem desenvolvidos de barita, de cor vermelha e branca, associados aos metálicos.

O segundo grupo, caracteriza-se por apresentar o interior das concreções, quase que totalmente constituído por uma espécie de "colmeia", cujo o interior é formado por uma massa afanítica de carbonatos e sulfetos. As paredes milimétricas da "colmeia" são formadas de barita, com as cores branca, vermelha e rósea. Os sulfetos, situam-se no contato da barita com a massa afanítica de carbonatos e sulfetos.

É interessante notar que uma seção, segundo o eixo maior da concreção, exhibe belos mosaicos poligonais, cujos limites são ocupados por barita e sulfetos metálicos.

O outro grupo é mais semelhante aos observados nas outras ocorrências. Exhibe forma discóide, estrutura interna maciça a radial, sendo constituído quase que essencialmente por material afanítico, de natureza semelhan

te à descrita para a ocorrência do Cuparitinga, com a su perfície externa subdividida poligonalmente, apresentando as fendas preenchidas por metálicos. Neste tipo, a blenda ocorre ora disseminada, ora no núcleo da concreção.

Estudos calcopetrográficos demonstraram que a pirita ocorre em forma de esferulitos, por vezes unidos formando massas irregulares, disseminados em grande abun dância na massa carbonática. É curioso notar que nesta ma triz siderítica aparecem cristais mais desenvolvidos, sem contudo apresentar pirita, inclusa nestes cristais. A pi- rita ocorre em suas bordas, formando uma seqüência pon ti lhada que circunda o cristal, de maneira semelhante à des crita para as ocorrências anteriores.

Examinando esta matriz carbonática, observa -se que apresenta uma estrutura poligonal, com uma massa de cimento carbonático-piritoso, como que dividindo a mas sa afanítica carbonática ou separando os cristais mais de senvolvidos.

Observa-se também, em direção ao centro das concreções, um suave zoneamento, para cores mais escuras. Tal fato deve-se não só à diminuição da granulometria dos carbonatos, como também à maior concentração de metálicos.

Em algumas amostras a pirita mostra-se bastan te arsenífera, chegando, inclusive, a formar típicos cris tais de arsenopirita. Verificou-se também em outros aflo ramentos, um alto teor de cobre nas piritas, com mutações para calcopirita.

A arsenopirita ocorre em placas irregulares e a calcopirita em cristais xenomórficos, ambos imersos em uma matriz carbonática.

Em algumas lâminas, a pirita apresenta-se em forma de "agulhas" associada a óxidos de ferro, formando uma espécie de veios, na massa carbonática.

Outro aspecto a salientar, válido também para as demais ocorrências, é a alta densidade das concreções, em relação aos folhelhos encaixantes, algumas vezes superior ao dobro do valor encontrado para as rochas hospedeiras. Assim, obtiveram-se para os folhelhos valores de densidade, na faixa de 2,1 a 2,3 chegando, algumas vezes, a 2,5. Nas concreções, são comuns valores de 3,5 a 4,3 sendo que algumas medidas ultrapassam a 4,5.

Salienta-se também, particularmente para esta ocorrência, que as concreções mineralizadas não apresentam qualquer diferença significativa em valores de radioatividade, em relação aos folhelhos encaixantes. Desta maneira, são comuns valores no intervalo de 100 a 200 cps, estando o cintilômetro aplicado sobre as concreções ou no pacote do folhelho.

5.4 - Rio Tapajós

Um dos maiores obstáculos neste estudo, inerente às enérgicas condições de intemperismo químico, é a ausência de rochas e concreções inalteradas. Embora tal dificuldade esteja presente em todas as ocorrências descritas, é nesta que se observa mais frequentemente, impedindo a obtenção de dados mais elucidativos.

Os afloramentos estudados formam barrancos verticais, no rio Tapajós, sujeitos a flutuações do nível d'água e à cobertura vegetal. Observou-se também a presença de rochas mineralizadas, em cortes de estrada, na Rodo

via Transamazônica, apesar de bastante mascarados pelos processos de pedolização.

O panorama geológico (Fig. 7), apresentado, é correlacionável ao verificado para a ocorrência do Repartimento. A unidade que contém a mineralização é o Membro Barreirinha, da Formação Curuá, constituído, predominantemente, de folhelhos cinza escuro a preto, micáceos laminados, microfossilíferos etc., com aspectos semelhantes aos descritos para aquela ocorrência. Subjacente a esta unidade, em contato gradacional, observa-se uma seqüência de siltitos com tonalidade variadas, laminados, argilosos e micáceos, com intercalações de arenitos finos a médios, argilosos, brancos a cinza, friáveis e maciços, pertencentes à Formação Ererê. Sobreposto de maneira discordante sobre o Membro Barreirinha, encontram-se os arenitos da Formação Monte Alegre.

Como nas outras ocorrências, os sulfetos metálicos encontram-se no interior de concreções, disseminados no pacote dos folhelhos Barreirinhas, sem contudo se poder verificar peculiaridades sobre a dispersão e a percentagem das concreções, nos folhelhos.

Nesta ocorrência, as concreções apresentam forma e tamanho semelhantes às que predominam nas ocorrências já descritas, com cores variando de cinza escuro a cinza claro. Devido ao adiantado estado de alteração, não se pode tecer maiores detalhes sobre a constituição das concreções. Quanto à estrutura interna, observou-se que predomina a concêntrica, em redor de um núcleo central. O material das paredes é predominantemente afanítico, composto essencialmente de carbonatos. Não obstante o estado de oxidação apresentado pelos vários minerais metálicos, foi

ainda possível identificar galena. Este mineral não foi reconhecido nas demais ocorrências, sendo a sua presença constatada, no núcleo das concreções, em forma de cristais milimétricos, subédricos, disseminados em uma massa argilosa, que se acredita tratar-se de carbonatos e sulfatos, resultantes da oxidação dos sulfetos.

6. ASPECTOS PALEOAMBIENTAIS

Estudos realizados demonstraram, em termos generalizados, uma semelhança litológica, entre as unidades mineralizadas, ou seja, entre os folhelhos pretos do Membro Pitanga (Formação Trombetas) e os do Membro Barreirinha (Formação Curuá). Entretanto, estas duas camadas são totalmente independentes entre si, pois a existência de uma discordância erosiva, entre o Siluriano Inferior e o Devoniano Inferior, elimina a possibilidade de qualquer interferência.

O maior impasse a um estudo mais detalhado foi causado pelo péssimo estado de preservação em que se encontram os micro-fósseis, devido ao excessivo processo de carbonização a que foram submetidos. Não obstante, as análises micro-paleontológicas dos folhelhos do Membro Pitanga revelam a presença de abundantes Chithinozoas, seguidos por Achritarchas, menos frequentes Leiofusas, e raros esporomorfos. Entretanto, esta abundância não foi constante, considerando-se os vários afloramentos mineralizados.

Entre as espécies de Chithinozoas foram identificados, principalmente, Sphaechitina cf.s. Sphaerocefa

la (EIS), *Ancyrochitina ancyrea* EISENACH, e outros gêneros não classificados. Dentre os Leiofusas, foram identificadas *Leiofusa* cf. *estrecha* CRAMER, *Leiofusa* cf. *bernesga* CRAMER e *Leiofusa Striatifera* CRAMER. Entre os Achnithar-chas, foram identificadas formas de *Baltisphaeridium*, e, entre os esporomorfos, salienta-se a presença de *Leiotriletas* cf. *Pagius* ALLEN.

Estudos efetuados por CAROSI et alii (1972) salientam, além da fauna citada, a presença dos Graptozoa, Brachiopoda, Gasteropoda, Coelenterata, Pelecypoda, Chefalopoda e Annelidea.

Estudos paleontológicos, nas concreções, revelaram que apesar destas terem sido submetidas a um intenso processo metalogenético, foi ainda possível revelar a presença de microfósseis. Estes estão presentes nas paredes das concreções e no núcleo concrecionário, sendo que nesta parte a frequência de micro-organismos é muito mais acentuada do que nas paredes das concreções. Foram identificados principalmente Chithinozoas, esporos de algas vermelhas (Rhodophiceas) em aderência com metálicos e Tasmannalles. Vestígios de outros organismos também estão presentes. Esta assembléia indica uma idade siluriana, concordante com a dos folhelhos encaixantes.

O ciclo Pitinga pertence à primeira transgressão marinha na Bacia Amazônica. A invasão provinha do Leste, e, à medida que se desenvolvia o processo de subsidência, o mar atingia uma área cada vez maior, possivelmente representando, segundo DAEMON & CONTREIRAS (1971), o máximo da transgressão siluriana na Amazônia, estendendo-se até as áreas da plataforma oeste.

Esta transgressão corresponde a uma deposição relativamente brusca, com ambientes litorâneos a sub-litorâneos, havendo nas regiões de baías, sedimentação calma dos folhelhos, em ambientes restritos e com boa preservação de matéria orgânica.

Com relação às condições climáticas reinantes, pode-se admitir que o clima era predominantemente frio, post-glacial, porém com mutações atestadas pela fauna, caracterizada por Graptolitos e pela presença de vários níveis de tilitos.

Trabalhos de DAEMON & CONTREIRAS (op. cit.) atestam que máximos de Tasmanites sp., associados a Chithinozóários e Achritarchas, indicam a possibilidade de deposição em meio redutor, de baixa salinidade.

A topografia glacial do Membro Nhamundá (subjacente ao Pitinga) limitou o aporte de material terrígeno, que criava condições mais restritas à bacia, favorecendo, porém, a ingressão marinha (CAROZZI, op. cit.).

As regiões dos contrafortes do Planalto Brasileiro, compostas de rochas do Complexo Basal, vulcânicas do Grupo Uatumã e sedimentos de plataforma, devem ter contribuído com detritos, para a deposição da Formação Trombetas.

O Membro Barreirinha corresponde à segunda grande transgressão. A diferença nos fósseis achados, acima e abaixo dos limites entre os dois períodos transgressivos, sugere que o tempo representado pela discordância foi bastante longo para o processamento da evolução e diferenciação de formas (DAEMON & CONTREIRAS, op. cit.).

As análises palinológicas dos folhelhos encaixados

xantes das mineralizações revelaram a presença de Chithinozoas do gênero Lagenochitina sp. e outros gêneros não classificados, tais como Leiofusas gênero Navifusa Bacillum (DEUNFF), Achritarchas (Duvernaysphaera radrata BRITO) e abundantes espécies do gênero Maranhites.

No tempo Barreirinha, a invasão marinha provinha do Leste, formando extensas lâminas d'água, sem contudo terem atingido grandes profundidades.

Máximos de Tasmanites sp., indicam período transgressivo e sedimentação em ambiente redutor, com vasas ricas em matéria orgânica, parecendo ligados a climas frios e baixa salinidade do meio ambiente (DAEMON & CONTREIRAS, op. cit.).

As camadas bem foliadas, com sedimentos finos, levam a considerar um ambiente de deposição com águas calmas e baixa energia, com circulação restrita, precárias condições de aeração e boa preservação de matéria orgânica. Os níveis mais sílticos, corresponderiam às oscilações no ambiente deposicional, porém, superada a fase de instabilidade, observa-se um retorno às condições iniciais, como se deduz da observação dos estratos superpostos.

O fluxo de material era feito por correntes de baixa energia, transportando apenas, para a área de acumulação, os clásticos finos. A área-fonte constituiu-se de rochas do Complexo Basal, Grupo Uatumã e sedimentos mais antigos.

Pelo exposto, admite-se que haja uma semelhança entre as características dos ambientes deposicionais das unidades portadoras das mineralizações. E, como não se encontrou evidencia de uma relação entre os referidos estratos, admite-se a possibilidade de uma repetição das

condições ambientais, de maneira que se pudesse justificar a presença de mineralizações semelhantes, em estratos independentes.

Examinando-se a coluna geológica regional, sob os critérios de sedimentação defendidos por LOMBARD, citado por NICOLINI (1970), observa-se, com relação ao pacote Trombetas, uma sedimentação de uma seqüência arenosa, representada pelos membros Autás-Mirim e Nhamundá, que passam para uma seqüência de sedimentos finos (folhelhos) do Membro Pitinga, e, posteriormente, para uma regressão marinha representada pelos arenitos do Membro Manacapuru.

Deste panorama, pode-se admitir que se trata de uma parte de um ciclo sedimentológico, onde se verifica a passagem de uma seqüência positiva para uma negativa.

Pelo exposto, pode-se aceitar que o Membro Pitinga, se situa no ponto de reversão de uma seqüência positiva para uma negativa. Tal situação é mundialmente conhecida como favorável à formação de depósitos de sulfetos de origem sedimentar.

Analisando a seqüência sedimentar, de acordo com o conceito de bio-resistasia de ERHART (citado por NICOLINI, op. cit.), os ciclos bio-rexistásicos estão evidenciados. Para tanto considera-se a seqüência arenosa inferior como uma fase rexistásica, a seqüência de folhelhos negros, como biostásica, seguida pela seqüência arenosa superior, caracterizando mais uma fase de rexistasia.

Conclusões idênticas podem ser obtidas para o Membro Barreirinha, porém com muito maior evidência, em virtude da seção geológica ter sido melhor preservada pela erosão.

Considerando-se que a sedimentação se inicia por arenitos (Formação Maecuru), passa a clásticos finos (Formação Ererê) e prossegue com folhelhos pretos do Membro Barreirinha, retorna-se a uma sequência de clásticos finos (Membros Curiri e Oriximiná) que evolui para os arenitos da Formação Faro.

Com base no exposto, pode-se admitir que o Membro Barreirinha represente uma inversão de uma sequência positiva para uma negativa, como também uma sequência tipo reuistasia-biostasia-reuistasia.

7. ASPECTOS GEOQUÍMICOS

As amostras foram analisadas via úmida para elementos maiores. Por espectrografia de caráter semi-quantitativo e espectrofotometria de absorção atômica determinaram-se os elementos menores e traços.

Devido a falta de sensibilidade analítica os elementos Ti, Ag, As, Au, Be, Bi, Mo, Nb, Sb, Sn, W e U, tiveram seus resultados de restrito significado.

Mereceram especial atenção nos estudos geoquímicos, os folhelhos pretos Pitinga e Barreirinha, que constituem as rochas hospedeiras das mineralizações, bem como, as concreções que encerram as mineralizações. Baseado em evidências sedimentológicas e litológicas, acredita-se que os fenômenos geoquímico-metalogenéticos estejam relacionados a estes ambientes, rejeitando-se nesta fase da pesquisa, estudos mais detalhados das unidades adjacentes.

Na tabela I, apresenta-se o relacionamento

TABELA I
CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICA DAS FÁCIES SEDIMENTARES
 (TEORES EM P.P.M.)

ELEMENTOS FÁCIES SEDIMENTARES	Cu	Pb	Zn	Cd	Co	Ni	B	Ba	V	Cr	La	Sc	Mn	Y	Zr	Sr
TEORES NORMAIS EM CALCÁRIOS SEDIMENTARES *	5	5	4	—	0,2	3	10	20	2	—	—	—	—	—	—	—
	—	7	—	0,1	—	—	—	—	—	5	6	1	1300	15	20	610
	20	10	20	—	2	10	18	200	20	—	—	—	—	—	—	—
TEORES NORMAIS EM FOLHELHOS *	20	20	100	—	5	20	30	450	50	10	20	—	—	—	—	—
	50	210	300	0,3	20	70	—	—	130	100	—	15	850	25	160	300
	300	400	1000	—	50	300	100	700	2000	500	40	—	—	—	—	—
FOLHELHOS PITINGA	5	10	5	<0,5	5	7	<10	50	20	10	<20	5	50	30	10	50
	40	30	80	1,5	15	50	100	1000	120	150	80	15	300	40	200	100
	100	50	390	4,0	70	100	200	5000	150	300	100	30	>5000	70	300	200
FOLHELHOS BARREIRINHA	< 5	<10	<200	<20	< 5	< 5	<10	20	20	20	20	5	10	<10	<10	<100
	30	30	—	—	10	25	35	240	150	90	30	15	135	25	180	—
	200	150	3000	20	100	200	150	1500	700	300	100	70	>5000	500	>1000	150
MÉDIA DAS CONCREÇÕES **	70	20	65	<0,5	<0,5	15	<10	20	20	10	<20	10	2000	15	15	—
	600	100	500	2,5	100	200	—	40	30	50	25	20	5000	40	50	<100
	>1000	7000	>10000	4	1000	700	10	50	50	70	50	30	>5000	70	150	—

* Segundo LEVINSON (1974)
 HAWKES & WEBB (1962)
 KRAUSKOPF (1972)

—	Valor mínimo
—	Valor médio
—	Valor máximo

** Consideraram-se amostras das paredes das várias concreções

geoquímico do Cu, Pb, Zn, Cd, Co, Ni, B, Ba, V, Cr, La, Sc, Mn, Y, Zr e Sr, com as fácies sedimentares acima descritas. Acrescentam-se, também, dados admitidos pela bibliografia internacional, como comuns em folhelhos pretos e calcários sedimentares.

Examinando o relacionamento geoquímico entre o Folhelho Pitinga, com o "range" apresentado como normal para folhelhos pretos, observa-se, em amplos termos, uma concordância dos valores apresentados, principalmente com relação ao Co, Cr, Sc e Zr. Para certos elementos, como o Cd, Ba, La, B e Y, os folhelhos Pitinga apresentaram um teor mais alto que a média dos folhelhos, porém, situação inversa verificou-se para o V, Pb, Zn, Ni, Sr e Mn. Considera-se, entretanto, que tais diferenças não são significativas, podendo estar relacionadas às limitações de amostragem ou inerentes ao método espectrográfico.

Panorama semelhante verificou-se com relação ao folhelho Barreirinha, isto é, uma ampla similaridade com os padrões apresentados para os folhelhos pretos. Verificam-se valores concordantes para o Cu, B, Sc, Y e Zr. Reconhecem-se, para o folhelho Barreirinha, teores mais elevados de Co, Ba e La, sem entretanto serem considerados como anômalos, da mesma maneira que se verificam teores mais baixos para Pb, Ni, V, Cr, Mn e Sr, sem poderem ser aceitos como um empobrecimento nestes elementos. Para o Cd e o Zn, o método espectrográfico limitou o estudo do comportamento geoquímico destes elementos. Entretanto, salienta-se uma amostra que apresentou um enriquecimento nestes elementos (3000 ppm de Zn e 20 ppm de Cd) que podem ser considerados como anômalos. Todavia, as demais amostras mostraram teores concordantes com os admitidos como padrão.

Examinando ainda os resultados da Tabela I, é interessante comparar-se os valores encontrados para os folhelhos Pitinga com os dos folhelhos Barreirinha. Para estes, constatou-se uma maior concordância do que a verificada nas comparações feitas, principalmente em termos de Cu, Zn, Cd, Co, Ni, Cr, Sc e Sr. Não significativas diferenças podem ser notadas, quando se observam resultados superiores de B, Ba, La e Mn, do Pitinga em relação ao Barreirinha, assim como resultados inferiores em termos de Pb, V, Y e Zr.

Examinando-se os resultados analíticos, exibidos pelas fácies representadas pelos folhelhos, observa-se uma quase perfeita concordância entre os teores dos elementos considerados, significando que nenhuma das litologias estudadas pode ser considerada anômala para qualquer elemento. Pequenas variações podem ser anotadas, no que diz respeito a um mais alto teor em Cd, e La, e, valores inferiores de Sr, quando se comparam os resultados dos folhelhos Pitinga e Barreirinha, em relação aos padrões adotados. Verificaram-se, para o Pitinga, os mais altos resultados em B e Ba. Porém, admite-se que estas diferenças podem ser atribuídas às limitações da coleta e das análises, intrínsecas a esta fase da pesquisa. .

Analisando a fácies geoquímica carbonática, representada pelas paredes das concreções, com o teor médio de calcários sedimentares, destaca-se, em muito, o mais alto teor nas paredes das concreções, para quase todos os sedimentos considerados, à exceção do B, que apresentou valores concordantes, e do Ba e do Sr, que tiveram resultados inferiores. Baseados nestes parâmetros, pode-se admitir, em base preliminar, que ocorreu nas concreções um

fenômeno geoquímico-metalogenético, que enriqueceu estas feições em elementos metálicos.

Panorama semelhante, observa-se quando se compara um teor encontrado para as paredes das concreções, com os obtidos para os folhelhos encaixantes. Este contraste é notoriamente acentuado, quando se consideram os valores de Cu, Pb, Zn, Co, Ni e Mn, que formam uma típica associação geoquímica, relacionada a sulfetos. Para o Sc, Y, Ba e (Cd) de filiação litófila, verificam-se valores concordantes. Resultados inferiores das concreções em relação à encaixante são observados para o B, V, Cr, Zr e Sr.

Estudando-se o relacionamento químico, entre os folhelhos encaixantes, com as concreções mineralizadas (Tabela II), caracteriza-se, ainda mais, a contrastante natureza dos ambientes considerados. Salienta-se, em primeiro plano, o alto teor de SiO_2 dos folhelhos, em relação às concreções, bem como o enriquecimento em ferro, destas feições, com aquela litologia. Destacam-se também mais altos teores em MgO , CaO e P_2O_5 nas concreções, e resultados mais elevados de Na_2O e K_2O , nos folhelhos.

Baseados nas comparações expostas, e nos estudos calco-petrográficos, aventam-se as seguintes observações:

- O enriquecimento em minerais metálicos faz-se presente, quando, no ambiente geoquímico dos folhelhos pretos, aparece um ambiente geoquímico carbonático. Devido a esta mudança de ambiente os elementos-traço, contidos no ambiente do folhelho, são enriquecidos e precipitados na fase carbonática.

- Os folhelhos encaixantes, com base nos a

TABELA II
RELACIONAMENTO QUÍMICO DAS CONCREÇÕES COM OS FOLHELHOS ENCAIXANTES
 (TEORES EM PERCENTAGEM)

MATERIAL \ COMPOSTOS	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	FeO	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
		—	—	—	—	—	—	—	—
CONCREÇÕES *	5,20	1,70	0,02	0,10	1,00	4,30	0,06	—	0,26
	9,30	3,30	0,95	0,80	36,20	18,90	0,07	<0,01	0,41
	14,10	4,90	1,46	1,49	49,50	67,40	0,09	—	0,49
FOLHELHOS PRETOS	49,90	16,10	0,08	0,06	0,10	0,60	0,26	0,36	0,06
	59,70	19,30	0,86	0,10	2,00	2,20	0,41	3,05	0,16
	67,80	24,70	1,18	0,23	4,20	5,30	0,60	4,05	0,52

—	Valor mínimo
—	Valor médio
—	Valor máximo

* Consideraram-se amostras das paredes das várias concreções.

tuais dados disponíveis, não apresentam enriquecimento anômalo, apresentando teores compatíveis com os admitidos como padrão para aqueles tipos de rocha.

- Os folhelhos Pitinga e Barreirinha apresentam, em amplos termos, aspectos geoquímicos semelhantes, não se podendo afirmar a existência de teores contrastantes, sob o ponto de vista de elementos-traço, entre as duas litologias.

- As concreções carbonáticas, quando comparadas com os teores admitidos como padrão para os calcários sedimentares, apresentam um notável enriquecimento, principalmente em termos de Cu, Pb, Zn, Co, Ni, Mn e Fe, refletido no aparecimento de sulfetos de Cu, Zn e Fe e carbonatos de ferro.

- Baseado nos resultados mineralógicos e petrográficos, é patente a associação geoquímica dos sulfetos metálicos com o ferro (cristais de siderita), o carbono (material carbonoso) e carbonatos (massa micro-cristalina de carbonatos), na ocorrência do Penetecaua.

- No tocante à ocorrência do Cuparitinga, apesar de encaixada na mesma unidade (Folhelho Pitinga) e das ocorrências estarem distanciadas cerca de 250 km, a associação geoquímica, relacionada aos sulfetos metálicos, está principalmente representada pelo bário, sulfatos (cristais de barita) e carbonatos (massa afanítica das paredes das concreções).

- A mesma associação do Cuparitinga é observada na ocorrência do Repartimento, apesar destas duas ocorrências estarem em unidades geológicas distintas e espaçadas de mais de 40 km.

- As várias ocorrências comportam-se também de maneira diferente, quanto à predominância do elemento-traço metálico. Na do Penetecaua predominam o Cu, nas do Cuparitinga e do Repartimento o Zn e na do Tapajós o Pb.

8. CONSIDERAÇÕES SOBRE A GÊNESE

No atual estágio dos conhecimentos torna-se difícil emitir exatos conceitos sobre a gênese destas ocorrências de sulfetos metálicos.

Baseados nas evidências mineralógicas, petrográficas, sedimentológicas e geoquímicas, pode-se admitir que as ocorrências, situadas na Formação Trombetas, têm uma origem semelhante àquelas encontradas na Formação Curuá, aceitando-se que houve uma repetição do fenômeno metalogênico, em um ambiente semelhante, na mesma borda da bacia, porém em épocas diferentes. As variações observadas entre as diversas ocorrências, são frutos de peculiaridades locais, sendo que tais variações e repetições são, de certa maneira, frequentes em alguns ambientes sedimentares.

Em amplos termos, qualquer depósito mineral pode ser resultante de fenômenos magmáticos, de fenômenos sedimentológicos ou, em alguns casos, da interferência de ambos.

Considera-se, em primeiro lugar, a influência de uma fonte magmática, que pudesse originar as concreções mineralizadas. A única atividade ígnea que se tem conhecimento, na bacia sedimentar, é representada pelas rochas básicas. Estas, ocorrem sob a forma de diques a soleiras, de idade mesozóica e representadas quase que exclusivamente

por diabásio. Estudos realizados pelos geólogos que estudaram estas rochas comprovam a esterilidade destes corpos, principalmente com relação a sulfetos. Da mesma forma, não se verifica qualquer diferenciação ou fase fluída que pudesse contribuir para as mineralizações.

As concreções estão inclusas em camadas horizontais, nas quais as fraturas são quase que ausentes, e os estratos mostram-se absolutamente "tranquilos", denunciando não terem sido perturbados por atividades magmáticas.

Por outro lado, durante os trabalhos de campo, não se verificou qualquer relacionamento das concreções com as rochas básicas, com qualquer conduto tectônico-mineralizante, nem com qualquer outra evidência que pudesse justificar a participação deste magmatismo básico, na gênese das concreções.

Entretanto, ao se analisarem os parâmetros estratigráficos, paleoambientais e litológicos, torna-se mais evidente a origem sedimentar para as concreções mineralizadas:

- A mineralização é de caráter estratiforme, em camadas tendendo à horizontalidade e situando-se em um nível bem definido, cujas mineralizações foram identificadas em um espaçamento superior a 250 km, na Formação Trombetas, e maior do que 80 km na Formação Curuá.

- A mineralização apresenta um controle paleoambiental bem definido, e somente se torna evidente, quando predominam as condições de águas calmas, ambiente restrito, com pouca circulação, clima frio, presença de micro-organismos e abundância de matéria orgânica.

- Estudos calcopetrográficos realizados so bre os cristais de esfalerita, demonstraram que as cores predominantes de suas reflexões internas, são em tons es branquiçados e amarelados, sugerindo-se não se tratar de um mineral formado a altas temperaturas, estando sua gênese relacionada a ambiente sedimentar.

- A presença de micro-fósseis, associada aos sulfetos metálicos, traduz uma prova evidente do íntimo re lacionamento com fenômenos sedimentares.

- As análises de elementos-traço demonstraram parâmetros e associações geoquímicas, típicas do ambiente secundário, não revelando concentrações de elementos e/ou associações filiadas a fenômenos magmáticos.

- A zona mineralizada está confinada a um es trato sedimentar bem característico: Membros Pitinga e Barreirinha. Observa-se um perfeito controle litológico so bre a mineralização. Apesar das variedades litológicas, a mineralização está confinada a folhelhos cinza escuro a preto, físseis, algo carbonosos, radioativos, localmente piritosos e micro-fossilíferos, inclusive independentes do tempo geológico.

Baseado nos argumentos já expostos, a par do desenvolvimento geológico da Bacia Sedimentar do Amazonas, conhecendo-se o caráter dos seus sedimentos que indicam tratar-se de uma plataforma estável e observando-se uma to tal ausência de fenômenos metamórficos, pode-se concluir a inexistência de uma fase magmática, relacionada às mine ralizações, e, então, admitir-se uma gênese no âmbito pura mente sedimentar.

Ao aceitar-se como viável o processo sedimen

tar, resta justificar o relacionamento das concreções com a encaixante, isto é, se elas são singenéticas, de origem contemporânea com a encaixante, ou epigenética, de origem posterior à encaixante. Com este intuito, abordam-se os seguintes aspectos:

- As concreções distribuem-se nas camadas da encaixante, entre os planos de fissilidade do folhelho. Não se observam planos de acamamento truncados pelas concreções. Segundo alguns sedimentólogos, isto é uma prova de que a concreção se originou ao mesmo tempo que a rocha encaixante.

- Em alguns afloramentos observa-se que os planos de acamamento curvam-se para cima e para baixo da concreção, e geralmente apresentam o contorno da parte superior bem mais curvado do que o da parte inferior. Tais curvaturas têm sido interpretadas de modo diferente, pelos estudiosos do assunto. Para alguns, o crescimento das concreções pode forçar os leitos para cima e para baixo, sendo portanto evidência de origem epigenética; para outros, estas curvaturas seriam devidas à acomodação dos leitos, os inferiores forçados pelo peso das concreções e os de superiores, acomodando-se ao declive da concreção, evidenciando origem singenética. Assim, fornecendo evidências para dupla interpretação, este fato não constituirá critério, por si só, para se chegar à conclusão da origem singenética ou epigenética (SUGUIO, 1973).

- De um modo geral, para todas as ocorrências estudadas, os planos de acamamentos do folhelho mostraram-se curvados em torno das concreções. Todavia, em algumas amostras da ocorrência do rio Penetecaua, observou-se a estratificação passando através da concreção. Segundo al

guns autores, tal fato constitui uma prova irrefutável do epigenismo. Entretanto, esta pequena percentagem não deve ser considerada a ponto de nortear os critérios interpretativos, mas somente ressaltar a complexidade do assunto. Por outro lado, SUGUIO (op. cit.) afirma que não existe nenhuma delimitação brusca entre esses tipos. Pode, inclusive, existir uma passagem transicional, e que algumas concreções possam ter origem mixta, isto é, a parte central seja de origem singenética e a externa epigenética.

A presença de fósseis, no interior das concreções, atesta que a matéria orgânica deve ter sido decisiva na formação da concreção e, portanto, esta deve ser de origem singenética. Ressalta-se que a assembléia encontrada nas concreções é semelhante e de mesma idade à encontrada nos folhelhos encaixantes. Este fato foi perfeitamente comprovado na ocorrência do Cuparitinga.

- Um dos requisitos básicos para que se pudessem admitir um epigenismo para as concreções, seriam condições favoráveis à percolação de soluções ou fluídos. Entretanto, baseado nas características físicas da encaixante, tais como, alta dureza, baixa porosidade, alta impermeabilidade e, tratando-se de um pacote rochoso, em que praticamente não se observam fraturas, dificilmente poder-se-ia admitir uma alta mobilidade dos elementos, principalmente levando em conta uma migração a grandes distâncias. Assim sendo, somente através de fenômenos singenéticos é admissível a concentração dos elementos metálicos.

- Outro processo epigenético, que se poderia aventar, seria o da percolação de águas meteóricas, atingindo níveis ou locais favoráveis para uma acumulação de metálicos. Os fatos acima explanados, e as evidências de campo, levam-nos a afastar tal suposição.

- Outra hipótese que se poderia admitir é a de que as concreções fossem formadas em outro local, trazidas para a bacia e depositadas juntamente com os folhelhos. Este transporte poderia ser feito através de correntes de turbidez, ou de massas de gelo, flutuando na água (icebergs), as quais, após o degelo permitiriam a precipitação das concreções. A primeira hipótese pode ser afastada, tendo em vista que este fenômeno apresenta aspectos texturais, granulométricos e mineralógicos peculiares, que deveriam ser notados nos afloramentos, o que não aconteceu. Quanto à hipótese do transporte através do gelo, fazem-se também restrições, tendo em vista que dificilmente haveria condições para que este fenômeno ocorresse em uma costa de mais de 250 km. Por outro lado, junto às concreções deveria haver material de outra natureza, transportado juntamente com as concreções, o que não foi constatado.

Dificilmente se pode admitir que estas concreções tenham sido formadas fora do ambiente de sedimentação. Nenhuma evidência de transporte foi observada em qualquer das concreções. Algumas concreções apresentam formas irregulares e ponteadas, destoando completamente das características de material transportado. Também, não se pode conceber que um ambiente de folhelhos de águas calmas, tivesse energia suficiente para transportar estes corpos arredondados, de alta densidade, algumas vezes com mais de 1,0 m de diâmetro.

Estribados nas evidências expostas, é lícito admitir como viável, o processo singenético, restando apenas justificar, através de fenômeno sedimentológico, a formação das concreções e o enriquecimento em sulfetos.

Em amplos termos, deve-se admitir que as con-

creções originaram-se e desenvolveram-se em torno de um núcleo, que funcionou como um embrião, ao redor do qual se formou a concreção.

De acordo com a natureza deste núcleo, a sua origem tanto pode ser orgânica, química ou clástica.

Para uma origem orgânica, o núcleo poderia ser qualquer vestígio animal ou vegetal (inclusive uma bactéria), considerando-se o ambiente de deposição dos folhelhos como um ambiente redutor, de águas calmas, mais ou menos estagnadas e com circulação restrita. Nestas condições, poderiam formar-se micro-ambientes em torno do núcleo orgânico, onde o oxigênio é rapidamente consumido na oxidação da matéria orgânica, ocorrendo, portanto, um enriquecimento de CO_2 . Com isso, não ocorre precipitação de carbonatos que permanecem em solução, sob a forma de bicarbonatos. Com a decomposição anaerobia das partes orgânicas, ocorre uma concentração de NH_4OH em torno dos resíduos orgânicos, aumentando assim o pH da água e propiciando a precipitação de CaCO_3 , que acaba por envolvê-los, servindo de germe para a precipitação de mais carbonatos (SUGUIO, op. cit.). Neste ambiente de deposição dos folhelhos, haveria um teor um pouco mais elevado em elementos-traço, e com a formação de um micro-ambiente geoquímico carbonático haveria uma mudança ambiental, que resultaria na concentração e precipitação de cátions metálicos. Com o desenvolvimento do processo, haveria o crescimento da concreção, e uma migração sulfetada para o interior da concreção, enriquecendo-a em sulfetos. Esta hipótese é bastante provável, visto a identificação de micro-fósseis nas concreções que são idênticos aos encontrados nos folhelhos encaixantes.

Para uma origem química, poder-se-ia admitir

um ambiente de folhelhos pretos, semelhante ao descrito, no qual o enxofre poderia ser originado da decomposição da matéria orgânica. Como as águas estavam enriquecidas em cá^utions metálicos, pode-se admitir a reação destes (o ferro é o mais freqüente, contudo poderia ser o Zn, Pb, Cu etc.) com o enxofre, precipitando cristais de sulfetos. Estes funcionariam como um agente catalizador, ao redor do qual se originaria a concreção. Com a continuação do processo, a concreção aumentaria de tamanho, e o fenômeno de enriquecimento progrediria, de fora para o interior da concreção, concomitantemente com a deposição dos sedimentos argilosos.

A origem clástica, seria semelhante à anteriormente descrita, sendo apenas o núcleo de natureza diferente. Neste caso, o embrião poderia ser um fragmento de rocha, um detrito mineral, ou mesmo um grão de quartzo que, por algum processo geológico, chegasse ao ambiente dos folhelhos pretos. Nestas condições, uma diminuta partícula clástica poderia perfeitamente formar como que um núcleo catalizador. Ressalta-se, ainda, que uma primitiva concreção poderia constituir-se em núcleo, sobre o qual, desenvolver-se-ia outra concreção.

A possibilidade de um núcleo coloidal não deve ser afastada, tendo em vista terem sido encontradas concreções que podem ser consideradas como septárias. Os pesquisadores do assunto admitem que para se formar uma septária é postulada a prévia existência de uma concreção com o centro coloidal; este, transformar-se-ia aos poucos em uma substância cristalina sólida e o processo resultaria em contração, acompanhada de fragmentação. A contração pode também ser devida à expulsão de água, da área central satu

rada. Isto seria especialmente válido para a ocorrência do Cuparitinga, onde se verificou que as concreções que apresentam água no seu interior, não tinham aspecto de septária. Em época posterior as paredes das fendas são forçadas pelo crescimento dos metálicos, que são depositados nas fraturas, aumentando a largura. Somente então, as fendas, restritas à parte interna, se estendem à parte externa das concreções (SUGUIO, op. cit.).

Dado o estágio inicial da pesquisa e a complexidade da mesma, torna-se difícil estabelecer qual das hipóteses reúne argumentos mais consistentes, podendo-se, inclusive, admitir uma interação de processos.

À luz dos dados geoquímicos, é notória uma precipitação e um enriquecimento em elementos-traço metálicos, quando se passa de uma interface folhelhos negros/carbonática. Poder-se-ia admitir que, durante a deposição dos folhelhos negros, houvesse oscilações na área-fonte e/ou no ambiente deposicional, de maneira a propiciar a deposição do material carbonático. Contudo, sendo este material em quantidade insuficiente para formar leitões, concentrou-se em pequenas porções esparsas, no fundo da bacia de deposição. Estes micro-ambientes causariam a precipitação de metálicos e teriam dado origem às concreções.

Salientam-se, ainda, possíveis efeitos diagenéticos sobre as concreções. Estas transformações são bem visíveis, levando-se em consideração a forma achatada das concreções, que poderia originalmente ser esférica, mas, com o peso dos sedimentos sobrejacentes, tomaria a forma atual. Outro argumento é o observado na ocorrência do Cuparitinga, onde, devido ao maior agrupamento das concreções, estas se interligaram e constituíram um nível contínuo.

Aceita-se que processos diagenéticos tenham influenciado nas características texturais, estruturais e mineralógicas das concreções.

Pode-se admitir que a fonte dos elementos metálicos associados às concreções, proveio do Grupo Uatumã, composto de uma seqüência de rochas vulcânicas (ácidas e intermediárias) associada a rochas intrusivas sub-vulcânicas. Atualmente, a faixa do Uatumã é considerada propícia a mineralizações, e várias ocorrências minerais, inclusive de sulfetos, são conhecidas neste domínio. Admite-se, também, que os elementos metálicos foram originados das rochas do Complexo Basal.

9. BIBLIOGRAFIA

BERNARD, A.J. - A review of processes leading to the formation of mineral deposits in sediments. In: VIII INTERNATIONAL SEDIMENTOLOGICAL CONGRESS ... Heidelberg, 1973. p. 1-6.

BOGDANOV, Y.V. & KUTYREV, E.I. - Classification of stratified copper and lead-zinc deposits and the regularities of their distribution. In: VIII INTERNATIONAL SEDIMENTOLOGICAL CONGRESS ... Heidelberg, 1973. p. 59-63.

BRONGERSMA - SANDERS, M. - On the geographical association of strata-bound ore deposits with evaporites. Mineralium Deposita. Berlin, 3: 286-291, 1968.

CAPUTO, M.V. & ANDRADE, F.G. de - Geologia em semidetalhe do Flanco Sul da bacia Amazônica entre os rios Cupari e Abacaxis. Petrobrás, Belém, Relat. Interno, 589-A, 1968. 118 p., il.

CAPUTO, M.V.; RODRIGUES, R.S.; VASCONCELOS, D.N.N. - Litoestratigrafia da bacia do Amazonas. Petrobrás, Belém, Relat. Interno, 641-A, 1971. 92 p., il.

CAROZZI, A.V. et alii - Ambientes deposicionais e evolução tecto-sedimentar da seção clástica paleozóica da bacia do médio Amazonas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 27, Aracaju, 1973. Anais do ... Aracaju, Sociedade Brasileira de Geologia, 1973.

DAEMON, R.F. & CONTREIRAS, C.J.A. - Zoneamento palinológico da bacia do Amazonas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, São Paulo, 1971. Anais do ... São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, 1971. p. 79-88.

FARINA, M. - Seqüência plumbífera do Araripe - mineralização singenética sulfetada no cretáceo sedimentar brasileiro. CPRM-SUREG/RE, Relat. Interno |s. ident.| 1974.

- HAWKES, H.E. & WEBB, J.S. - Geochemistry in mineral exploration. New York, Harper & Row, 1965. 415 p., il.
- KRAUSKOPF, K.B. - Introduction to geochemistry. New York, McGraw-Hill, 1967. 721 p., il. |International Student Edition|
- KRUMBEIN, W.C. & SLOSS, L.L. - Stratigraphy and sedimentation. 2.ed. San Francisco, W.H. Freeman & Company, 1963. 660 p., il.
- LEVINSON, A.A. - Introduction to exploration geochemistry. Calgary, Applied Publishing Ltd., 1974. 612 p.
- MACAMBIRA, E.M.B. et alii - Projeto Sulfetos de Altamira-Itaituba, relatório da etapa I - Área Piloto. In: BRASIL MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. CONVÊNIO DNPM-CPRM. Belém, Relat. Inédito |s. ident.| 1975. 233 p., il.
- MACAMBIRA, E.M.B. et alii - Projeto Sulfetos de Altamira-Itaituba, relatório preliminar. In: BRASIL - MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. CONVÊNIO DNPM-CPRM. Belém, Relat. Inédito |s. ident.| 1975. 2 v. il.
- NICOLLINI, P. - Gitologie des concentrations minerales stratiformes. Paris, Gauthier-Villars Éditeur, 1970. 792 p., il.
- PETTIJOHN, F.J. - Sedimentary rocks. 2.ed. New York, Harper & Row, 1957. 718 p.
- RICHARD, D.T. - Limiting conditions for synsedimentary sulphide ore formations. Economic Geology. 68 (5): 605-617, Aug. 1973.
- RODRIGUES, R. - Aplicação da geoquímica ao problema de geração de hidrocarbonetos na bacia Amazônica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 27, Aracaju, 1973. Anais do ... Aracaju, Sociedade Brasileira de Geologia, 1973.

ROUTHIER, P. - Les gisements métallifères; géologie et principes de recherche. Paris, Masson, 1963. 2 v., il.

SAMANA, J.C. - Les types classiques de gisements liés aux strates; kupferschiefer, red beds, haute silésie. Institut Nacional Polytechnique de Nancy; Conférences et Seminaires de Recyclage. Relat. Inédito [s. ident.] Nancy, 1972. 62 p., il.

SMIRNOV, V.J. - The time factor in formation of stratiform ore deposits. International Geology Review. 14 (10): 1124-1132, Oct. 1972.

SUGUIO, K. - Introdução a sedimentologia. São Paulo, Edgard Blücher, 1973. 317 p.

VINE, J.D. & TOURTELOT, E.B. - Geochemistry of black shale deposits; a summary report. Economic Geology. 65: 253-272, 1970.