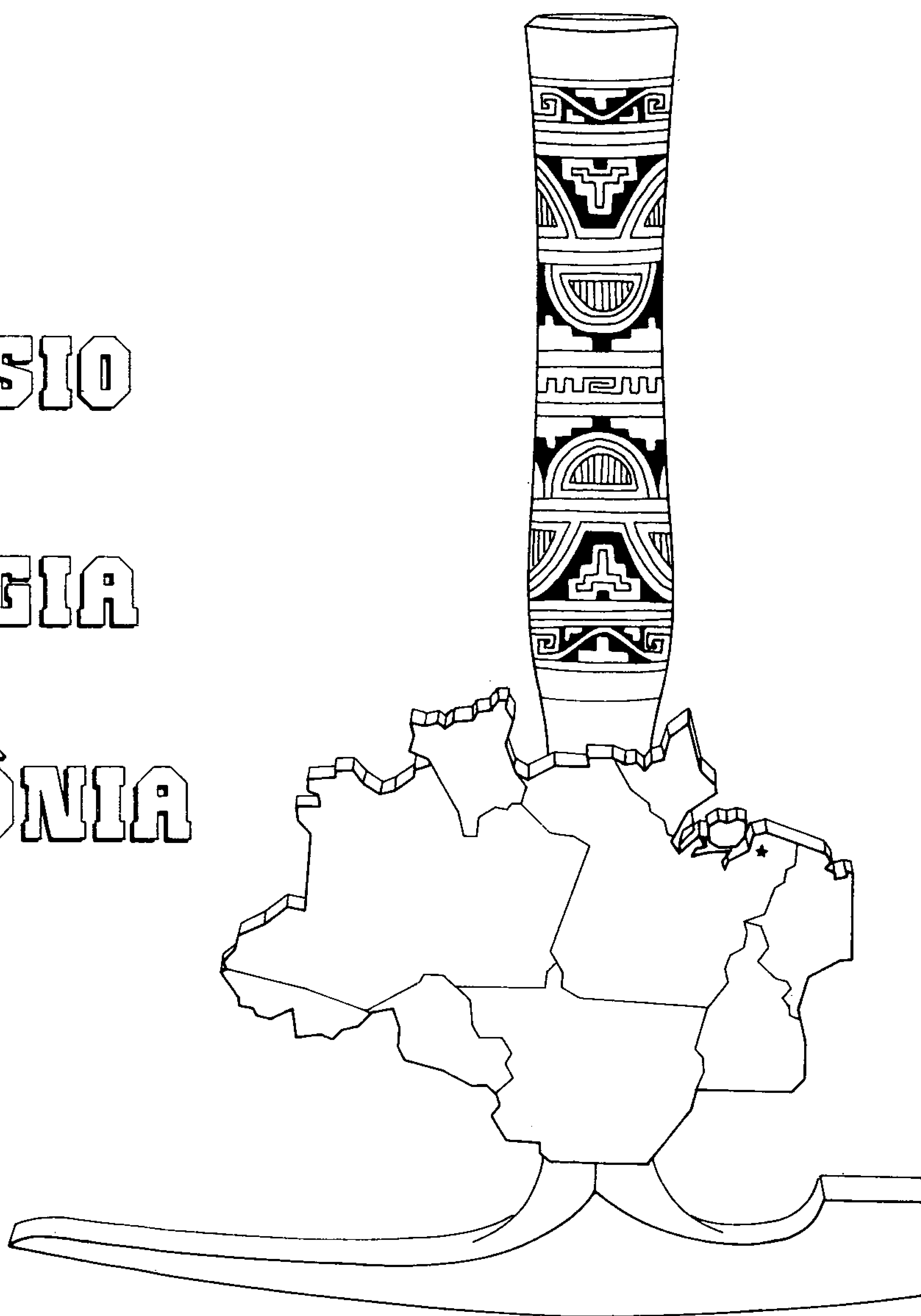




SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA
NÚCLEO NORTE

**ANAIIS
DO
II
SIMPÓSIO
DE
GEOLOGIA
DA
AMAZÔNIA**

VOLUME 1



BELÉM 1 a 9 DEZEMBRO / 1985

S 612

Simpósio de Geologia da Amazônia, 2., Belém,
1985.

Anais do Simpósio de Geologia da Amazônia.
Belém, Sociedade Brasileira de Geologia. Nú-
cleo Norte, 1985.
3v. ilustr.

1. Geologia-Congressos-Amazônia. 2. Amazônia
-Geologia. I. Sociedade Brasileira de Geologia
-Núcleo Norte. II. Título.

CDD 550.60811
CDU 55(811):061.3

SISTEMÁTICA Rb-Sr EM ROCHAS SEDIMENTARES ARGILOSAS DO PALEOZÓICO DA BACIA AMAZÔNICA

U.G. Cordani
K. Kawashita
R.K.P. de Kikuchi
P.L. Côrtes
M.A. Simomoto

Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo

ABSTRACT

About 50 Rb-Sr determinations were carried out on pelitic rocks from the Amazonas basin, with the following main objectives: 1), to verify the possibility of Rb-Sr dating for whole-rock samples of shales with established stratigraphic age; 2), to determine the times in which the fine fractions closed, in respect to Rb and Sr exchanges; and 3), to interpret the age values in the context of the tectonic evolution of the sedimentary basin.

For the Trombetas formation, a whole rock Rb-Sr isochron indicated a depositional age of about 470 Ma., in agreement with the stratigraphic control. At the same time, the chemical systems closed at about 170 Ma, already within Mesozoic times, at least at the Southern border of the Medio Amazonas basin, near the UI-2-AM well.

In relation with the Monte Alegre formation, whose stratigraphic control indicates a Carboniferous age, the obtained whole rock Rb-Sr isochron, of about 385 Ma., is virtually concordant. In this formation, the internal isochron (on core nº 7 from the 3 JR-I-AM well in the Alto Amazonas basin) yielded practically the same age value, demonstrating that chemical closing occurred just after deposition.

From the Curuá formation, several samples were analysed, all of them related to the Barreirinhas member, from Alto, Medio and Baixo Amazonas. The analytical points of the whole rock samples exhibited (a) great dispersion, in the isochron diagram, suggesting the existence of multiple sources, well diversified, in terms of Rb-Sr systematics. The closing of the chemical systems, around 300-350 Ma., may be associated with the Hercynian orogeny, which affected strongly the entire sector of the Septentrional Andes, in the mentioned period.

The results indicate the validity of the total rock method, at least for the Trombetas and Monte Alegre formations, implying that the mechanism of complete dispersion and mixing of the

clastic component, within the depositional environment, can be very effective in many cases. On the other hand, closing times for the chemical systems seem to be different, in each case, depending on the tectonic evolution of the specific sector. Such closing processes seem to have occurred earlier in the Alto Amazonas basin, and later in the Medio Amazonas basin. Mesozoic tectonic reactivations are also revealed, at least and especially in the southern part of the Medio Amazonas.

INTRODUÇÃO

À luz dos resultados positivos obtidos na aplicação do método Rb-Sr na datação radiométrica das épocas de deposição de sedimentos argilosos e da ocorrência de eventos termodinâmicos atuantes em tais rochas após a sua sedimentação, tais como mostram os trabalhos de Kawashita (1972), Thomaz Filho (1976), Thomaz Filho et al. (1976), Cordani et al. (1978) e Thomaz Filho et al. (1981), decidimos estabelecer a real potencialidade do método e tentar expandir o seu campo de aplicação.

Os objetivos da pesquisa foram: 1) a determinação das épocas de fechamento químico do sistema sedimentar (homogeneização isotópica do Sr), para possível correlação com as épocas de expulsão de fluidos pelos sedimentos; 2) contribuição no sentido de conferir as datações em RT com a posição estratigráfica das formações estudadas para testar uma vez mais a aplicabilidade do método; e 3) fornecimento de resultados passíveis de utilização para a correlação entre blocos tectônicos da Bacia Amazônica com diferentes estruturas do embasamento, para trazer subsídios adicionais ao conhecimento da evolução tectônica durante a sedimentação.

SITUAÇÃO GEOLÓGICA

Através do acervo de testemunhos de sondagens da Petrobrás, foram estudadas as seguintes regiões, nas quais vários poços alcançaram as formações paleozóicas (vide Fig.1):

1. Nova Olinda, Bacia do Médio Amazonas: a amostragem refere-se mais especificamente ao membro Barreirinhas da Formação Curuá (Devoniano). O citado membro compreende folhelhos argilosos escuros, com intercalações de níveis siltsos e muito raramente clastos maiores.

2. Autás Mirim, Bacia do Médio Amazonas: as amostragens nesta região referem-se aos membros Pitanga da Formação Trombetas (Siluriano) e membro Barreirinhas da Formação Curuá (Devoniano), num perfil que atravessa a Bacia do Médio Amazonas de NW para SE. Ambas as formações caracterizaram-se por folhelhos com poucos clásticos maiores.

3. Juruá, Bacia do Alto Amazonas: a amostragem consistiu de testemunhos de sondagens de níveis estratigráficos diferentes, provindos de três poços próximos entre si. A posição estratigráfica dos testemunhos é bem definida, ou seja, Membro Barreirinha da Formação Curuá (Devoniano) e Formação Monte Alegre (Carbonífero).

METODOLOGIA

As amostras recebidas da Petrobrás foram tratadas se

gundo a metodologia utilizada por Thomas Filho (1976).

A partir dos testemunhos foram obtidos sistemas Rocha Total (RT), pulverizada em moinho de esferas, Fração Fina (FF), obtida a partir de fragmentação em Almofariz de Ágata e pipetagem, e sub-sistemas Resíduo (RES) e Lixiviado (LIX) que consistiram numa solubilização de parte da Fração Fina (FF) em HCl. A porção que foi solubilizada é denominada Lixiviado (LIX) e o Resíduo do Ataque Ácido consiste na porção Resíduo (RES). Na Fig. 2 têm-se um fluxograma das atividades durante a pesquisa.

DISCUSSÃO

Formação Monte Alegre

Nas amostras desta formação foram conseguidas duas isócronas, uma para os sistemas RT e outra amostra, incorporando os sistemas RT e FF e os subsistemas RES e LIX. É importante destacar a conformidade que possuem.

A isócrona obtida com os sistemas RT define uma idade de 365 ± 30 m.a., concordante com a idade estratigráfica carbonífera atribuída a esta formação. Este resultado indica que o fechamento desse sistema para o isótopo Sr^{87} se deu bem próximo da época de deposição dos sedimentos, ou seja, a diagênese ocorreu pouco depois da deposição sedimentar e foi efetiva na homogeneização do Sr^{87} . A razão inicial resultante, da ordem de 0,72 é relativamente elevada mas compatível com a composição mineralógica das amostras, cujo conteúdo detrítico é significativo (ver tabelas).

Concordando com a idade obtida nos sistemas RT, o diagrama amostral conseguida no testemunho 7 do poço 3JRIAM de uma profundidade de 2749,20 m forneceu idade de 385 ± 36 m.a., dentro dos erros experimentais, esses valores possuem larga margem de confiabilidade. Deve-se ressaltar contudo que apesar dos subsistemas LIX e RES serão complementares em relação ao sistema FF, a reta não inclui o ponto da FF, indicando algum tipo de fracionamento e/ou separação não homogênea do material durante as etapas analíticas; por outro lado, foi o ponto de ZT que mais próximo se situou da reta traçada.

A época representada pelas idades concordantes (365 ± 30 m.a. e 385 ± 36 m.a.) é importante na área assinalada e relativa ao fechamento dos sistemas químicos das amostras em termos de trocas isotópicas. Se a época coincidir com a expulsão dos fluidos formacionais, urge assinalar que isto teria ocorrido em época anterior às reativações tectônicas conhecidas do Permo-Triássico e do Juro-Cretáceo. (Vide Fig. 3).

Formação Trombetas

Para a Fm. Trombetas foram tentadas as construções das seguintes retas isócronas: com os sistemas RT, com os sistemas FF e nas isócronas amostras (sistemas FF, RES e LIX).

A Fig. mostra os pontos do sistema RT pertencentes à Formação Trombetas, e que definem uma reta. Estes 4 (quatro) pontos possuem um alinhamento relativamente bom, caracterizando a idade de 459 ± 28 M.a., o qual se apresenta concordante com a idade estratigráfica admitida para a Fm. Trombetas/membro Pitinga (Si

luriano Inferior).

Este resultado para o sistema RT indica que provavelmente foram satisfeitas por ocasião da deposição as condições necessárias para a uniformização das razões Sr^{87}/Sr^{86} iniciais nos sedimentos da formação argilosa, tal como preconizado no modelo proposto por Cordani et al., 1976.

Mas ainda, os dados mostram que os níveis estratigráficos escolhidos, em dois poços muito distantes entre si (MN-1-DM e UI-2-AM), mantêm seu alinhamento no diagrama isocrônico da Fig. 3, o que indicaria a persistência das condições de sedimentação e a constância das fontes de suprimento, tanto no espaço (extensão geográfica), como no tempo. A razão inicial Sr^{87}/Sr^{86} resultante, de 0,713, é perfeitamente normal, e pode caracterizar um sedimento marinho contendo componente detrítico relevante.

A isócrona amostral relativa ao poço UI-2-AM (Fm. Trombetas) indicou uma idade aparente de 170 M.a., que poderia ser referida ao evento de reativação tectônica já conhecido na Bacia do Médio Amazonas, associado ao intenso vulcanismo de caráter distensivo, ocorrido no final do Paleozóico e início do Mesozóico. Tal resultado concorda com alguns dados anteriores obtidos por Thomaz Filho (1976), que os interpretou do mesmo modo.

Formação Curuá

A Formação Curuá é reportada, através de dados paleontológicos e estratigráficos, como sendo Devoniana (O Devoniano, segundo o Geological Society of America, abrange de 408 a 360 m.a.).

Pelo exame da Fig. 4, verifica-se que as amostras de RT apresentam seus pontos analíticos muito dispersos, impossibilitando a construção de isócronas. Conclui-se que, no ambiente deposicional da Formação Curuá não houve condições para uma mistura homogênea dos detritos, formados a partir de fontes diferentes, e com distribuições heterogênea de seu Sr radiogênico.

Além disso, nos diagramas, tentou-se relacionar as amostras de RT de um mesmo poço com suas respectivas FF. Verificou-se a caracterização de segmentos de reta que podem ser agrupados segundo dois tipos de comportamento. Um primeiro grupo mostra um enriquecimento em Sr por parte das frações finas quando comparadas com suas respectivas amostras de rocha total. Tal pode indicar mudanças químicas importantes entre a RT e a FF, por exemplo a separação das frações detríticas com feldspatos portadores de Sr com razões Sr^{87}/Sr^{86} elevadas: Um segundo grupo mostra uma diminuição relativa do Sr das RTs para as FFs. Isto pode ser atribuído a maior quantidade nas frações finas, de material detrítico de baixo conteúdo em Sr, como seria o caso das micas, o que é aparente pelo exame dos difratogramas (ver tabela 2). O processo de separação das frações finas, por fragmentação e pipetagem, teria favorecido a separação observada dos fragmentos maiores de micas, junto com outros materiais detríticos.

Os diagramas isocrônicos amostrais (sistema FF e sub-sistemas RES e LIX) foram os que mostraram resultados mais promissores e de possível interpretação em termos geológicos. Foram obtidas idades de $295,1 \pm 14,6$ m.a. a $326,5 \pm 25$ m.a. com baixos valores de MSWD (índice de dispersão de pontos na isócrona). As idades obtidas reportam-se ao Carbonífero Superior (segundo escala do

Geol. Soc. of America) o que poderia representar a época do fechamento dos sistemas isotópicos para o Sr. Os pontos analíticos relativos aos resíduos situaram-se bastante próximos das frações finas, o que significa que o material solúvel representa uma fração muito pequena da amostra (constitui exceção o sub-sistema LIX do poço LNEJ 1AM-14 2890,65). Com efeito, nos difratogramas efetuados, não foi constatada a presença de carbonatos. O material na fração LIX deve ser atribuído a minerais de argila com íons facilmente trocáveis.

CONCLUSÕES

Mais uma vez, os resultados obtidos na experimentação do método mostraram ser possível a determinação da idade estratigráfica e da diagênese em rochas sedimentares de granulação fina e homogênea, como no caso das Formações Trombetas e Monte Alegre, o que sugere a efetividade em muitos casos do mecanismo de dispersão mecânica da fração detrítica no ambiente de sedimentação.

Por outro lado, nas diversas regiões estudadas, as épocas de fechamento químico são diferentes, devido, provavelmente, à diferenciação na evolução de cada bloco tectônico a que se relacionaram tais regiões. Esses fechamentos teriam ocorrido anteriormente na Bacia do Alto Amazonas (região do Suruá) e posteriormente no Médio Amazonas (região de Autás-Mirim).

Existem registros também de reativações tectônicas posteriores, de idade mesozóica, principalmente na parte meridional da bacia do Médio Amazonas, como assinalado anteriormente por Cordani et al. (1978).

Por fim, a metodologia empregada mostrou-se adequada, ao tratar os sistemas sedimentares dentro da faixa de profundidade da ordem de alguns metros, sendo possível o refinamento dos resultados com uma maior quantidade de amostras em cada experimento.

BIBLIOGRAFIA

Cordani, U.G.; Kawashita, K.; Thomaz Filho, A. - 1978 - Applicability of the Rubidium-Strontium method to shales and related rocks. AAPG. Contributions to the geologic time scale, 6: 93-117.

Kawashita, K. - 1972 - O método Rb-Sr em rochas sedimentares. Aplicação para as bacias do Paraná e Amazonas. Tese de Doutorado. São Paulo. IGUSP, 111 p.

Thomaz Filho, A. - 1976 - Potencialidade do método Rb-Sr para datação de rochas sedimentares argilosas. Tese de Doutorado. São Paulo, IGUSP, 128 p.

Thomaz Filho, A.; Cordani, U.G.; Kawashita, K. - 1976 - Aplicação do método Rb/Sr na datação de rochas sedimentares argilosas da Bacia do Paraná. In: Congr. Bras. Geol., 29, Ouro Preto, 1976. Anais... Ouro Preto. SBG, p. 289-302.

Thomaz Filho, A.; Queirós Lima, V. - 1981 - Datação radiométrica de rochas sedimentares pelíticas pelo método Rb/Sr. Rio de Janeiro. Divisão de Exploração do Centro de Pesquisas da Petrobrás. Setor de Geologia. 24(2): 109-119.

TABELA 1 - Conteúdo Mineralógico das Amostras (Difratometria R-X - Rocha Total (RT))

Formação Curuá

Baixo Amazonas

Nº de Campo	Quartzo	Illita/Muscovita	Clorita	Feldspato	Caolinita	Outros
1CM1PA/1/239,5	A	M	-	-	I	I
3/245,0	A	M	-	M	P	-
6/260,0	A	M	M	M	M	-
1MA1PA/34/2668,3	A	M	M	-	-	calcita/diásporo
2668,9	A	M	I	-	-	-
2670,0	A	M	-	M	-	calcita/anidrita
2BC1PA/4/764,9	A	M	A	-	-	anidrita
766,4	A	M	M	-	-	anidrita/calcita
765,6	I	A	I	-	-	-

Médio Amazonas

1AM15AM/3/1171,1	A	P	-	I	-	-
1175,5	A	P	-	I	I	-
1RX1AM/119/2413,5	A	P	-	P	-	-

Alto Amazonas

1NEJ1AM/9/2806,0	A	-	-	I	I	-
2808,0	A	I	-	P	-	CaSO ₃ (sulfatos)
2814,0	A	I	-	I	-	fosfatos
14/2890,65	A	M	-	P	M	-

Formação Trombetas

Médio Amazonas

1MN1AM/42/1289,24	A	P	-	I	I	-
1290,75	A	P	-	I	I	-
1291,34	A	P	-	I	-	-
1UI2AM/10/ 782,5	A	P	-	I	I	-
12/ 792,0	-	-	I	I	-	-
12/795,0	A	P	-	I	I	-

Formação Monte Alegre

Alto Amazonas

3JR1AM/6/2740,10	A	P	I	I	-	-
2742,40	A	P	-	P	-	-
2739,50	A	P	-	P	M	-
7/ 2748,25	A	M	M	P	-	-
2749,20	A	P	I	M	-	-
2752,60	A	I	-	P	I	Piroluzita/Zeólita

ESTIMATIVAS COM BASE NA INTENSIDADE DOS PICOS CARACTERÍSTICOS DOS DIFRATOGRAMAS

Abundantes = A Importante = M Quant. pequena = P Quant.incipiente = I Não detectada = -

TABELA 2 - Conteúdo Mineralógico das Amostras - Difratometria R-X - Fração Fina (FF)

Formação Curuã

Baixo Amazonas

Nº de Campo	Quartzo	Montmorillonita	Illita/Muscovita	Feldspato	Caolinita	Clorita
1CM1PA/1/239,5	M	P	M	-	-	M
6/260,0	M	P	P	M	-	M
1MA1PA/34/2668,3	M	P	P	-	-	M
2668,9	M	P	P	-	M	I
2BC1PA/4/764,9	M	P	M	-	-	M
766,4	M	P	M	-	I	I

Médio Amazonas

1AM15AM/3/1171,1	-	P	M	-	A	-
1175,5	A	I	-	-	M	-

Alto Amazonas

1NEJ1AM/9/2808,0	M	I	M	P	-	P
2814,0	A	I	M	-	I	-
/14/2890,65	A	I	M	-	-	-

Formação Trombetas

Médio Amazonas

1MN1AM/42/1289,24	-	I	P	-	A	-
1290,74	-	-	M	-	A	-
1UI2AM/10/782,5	-	I	M	-	A	-
/12/795,0	-	I	M	-	A	-

Formação Monte Alegre

Alto Amazonas

1NEJ1AM/9/2808,0	M	I	M	P	-	P
2814,0	A	I	M	-	I	-
14/ 2890,65	A	I	M	-	-	-

ESTIMATIVAS COM BASE NA INTENSIDADE DOS PICOS CARACTERÍSTICOS DOS DIFRATOGRAMAS

Abundantes = A Importante = M Quant.pequena = P Quant.incipiente = I Não detectada = -

TABELA 3 - Resultados Analíticos das Amostras Seleccionadas das Formações Trombetas (Médio Amazonas) e Monte Alegre (Alto Amazonas)

Formação Trombetas			F.RX			
SPR	Nº de Campo/Prof.(m)	Material	Pr. (ppm)	Sr (ppm)	Sr ⁸⁷ /Sr ⁸⁶	Rb ⁸⁷ /Sr ⁸⁶
7319	2AW1AM/42/1289,4	RT	148,1	91,8	0,74460	4,686
7585	2AW1AM/42/1289,4	FF	195,2	111,2	0,74379	5,098
7320	1290,74	RT	124,7	101,8	0,73786	3,556
7586	1290,74	FF	180,7	117,7	0,73924	4,457
7321	1UI2AM/10/782,5	RT	143,8	192,2	0,72732	2,125
7583	782,5	FF	195,5	259,4	0,72540	2,185
7717	782,5	RES	197,6	230,7	0,72624	2,483
7737	782,5	LIX	1,77*	23,06*	0,72075	0,2225
7322	12/795,0	RT	190,8	132,1	0,74023	4,194
7584	795,0	FF	269,0	145,2	0,74031	5,379
Formação Monte Alegre			*Diluição Isotópica			
7445	3JR1AM/6/2742,40	RT	204,9	80,0	0,75884	7,450
7590	2742,40	FF	217,0	90,8	0,75722	6,950
7446	7/2749,20	RT	152,8	76,1	0,75026	5,836
7591	2749,20	FF	209,2	76,9	0,75764	7,912
7719	2749,20	RES	192,6	63,7	0,76911	8,804
7739	2749,20	LIX	1,76*	18,87*	0,72006	0,270
7747	2752,60	RT	128,2	105,7	0,73835	3,521
7592	2752,60	FF	209,2	89,5	0,75637	6,810

TABELA 4 - RESULTADOS ANALÍTICOS DAS AMOSTRAS SELECIONADAS DA FORMAÇÃO CURUÁ

Baixo Amazonas

SPR	Nº de Campo/Prof.(m)	Material	Rb (ppm)	F.RX	Sr (ppm)	Sr ⁸⁷ /Sr ⁸⁶	Rb ⁸⁷ /Sr ⁸⁶
7376	ACM1PA/1/239,5	RT	203,6		129,0	0,73970	4,582
7575	1CM1PA/1/239,5	FF	246,4		139,3	0,73834	5,135
7715	1CM1PA/1/239,5	RES	253,3		131,2	0,73967	5,605
7735	1CM1PA/1/239,5	LIX	1,33*		13,7*	0,71566	0,2806
7374	1CM1PA/6/260,0	RT	163,3		109,2	0,73887	4,341
7576	1CM1PA/6/260,0	FF	188,1		144,0	0,73156	3,789
7716	1CM1PA/6/260,0	RES	201,5		141,5	0,73251	4,131
7736	1CM1PA/6/260,0	LIX	1,15*		10,31*	0,71665	0,3246
7375	1MA1PA/34/2668,3	RT	127,2		68,7	0,75906	5,386
7577	1MA1PA/34/2668,3	FF	171,5		118,9	0,74399	4,189
7377	1MA1PA/34/2668,9	RT	151,8		79,3	0,00027	5,567
7578	1MA1PA/34/2668,9	FF	162,8		106,5	0,74650	4,441
7372	2BC1PA/4/764,9	RT	132,1		81,5	0,00012	4,710
7579	2BC1PA/4/764,9	FF	147,3		114,2	0,73760	3,744
7373	2BC1PA/4/766,4	RT	99,4		69,4	0,74789	4,162
7580	2BC1PA/4/766,4	FF	152,0		127,1	0,73554	3,471

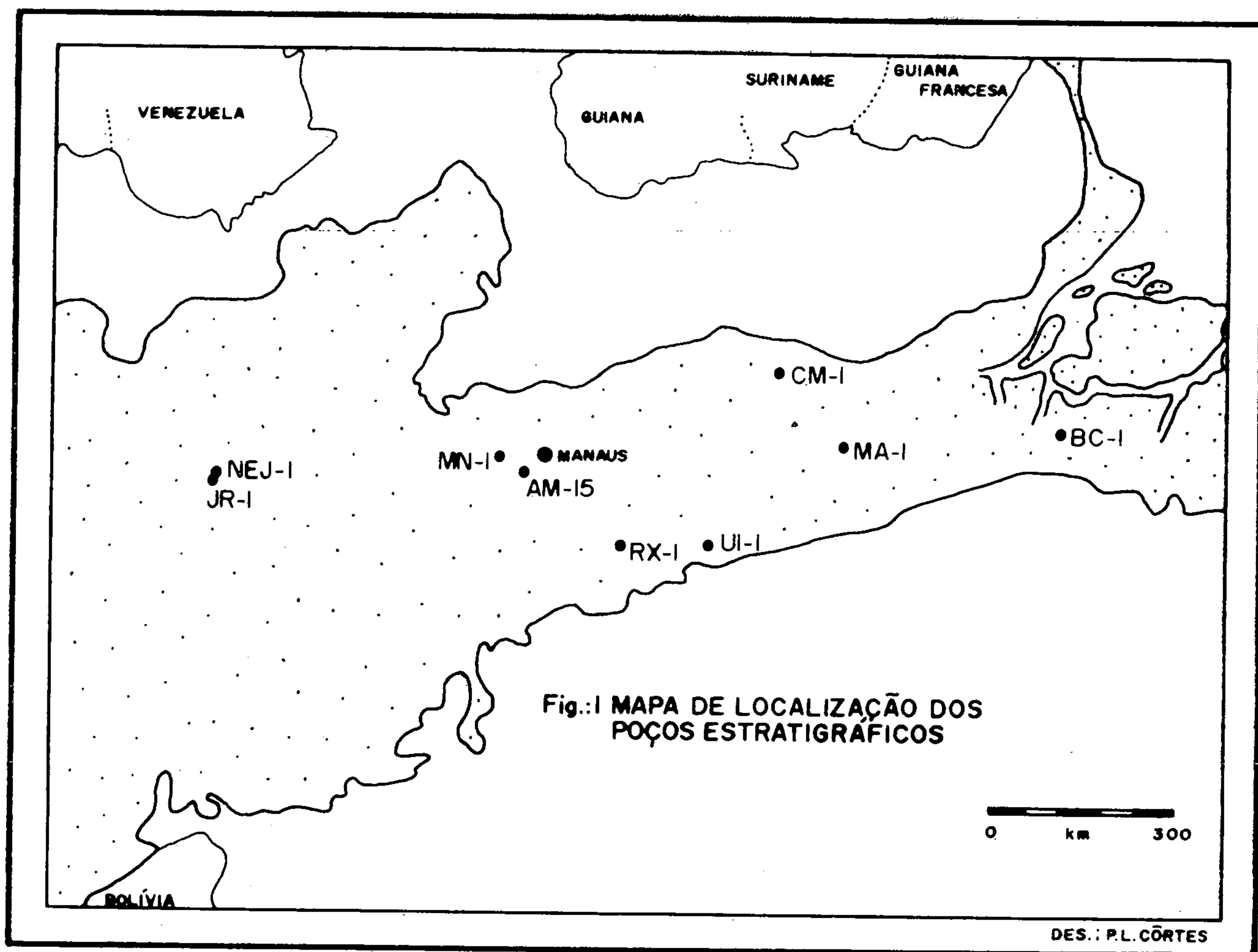
Médio Amazonas

7323	1AM15AM/3/1171,1	RT	152,7		135,6	0,73127	3,267
7587	1171,1	FF	185,8		222,8	0,72628	2,418
7589	1175,5	RT	166,8		155,5	0,73126	3,112
7588	1175,5	FF	184,9		181,5	0,72918	2,955
7718	1175,5	RES	237,6		211,1	0,72972	3,265
7738	1175,5	LIX	0,87*		9,64*	0,71694	0,2619
7324	1RX1AM/119/2413,5	RT	166,8		155,5	0,74446	3,116

Alto Amazonas

7448	ANEJ1AM/14/2890,65	RT	184,8		73,8	0,76215	7,286
7593	2890,65	FF	237,5		61,6	0,76909	11,245
7720	2890,65	RES	243,6		40,6	0,80725	17,535
7740	2890,65	LIX	1,64*		25,36*	0,72219	0,188
7449	9/2808,0	RT	171,5		81,7	0,74622	6,098
7581	2808,0	FF	261,2		166,6	0,76544	11,415
7450	2814,0	RT	193,1		66,5	0,76378	8,450
7582	2814,0	FF	260,9		69,8	0,76913	10,883

* Diluição Isotópica



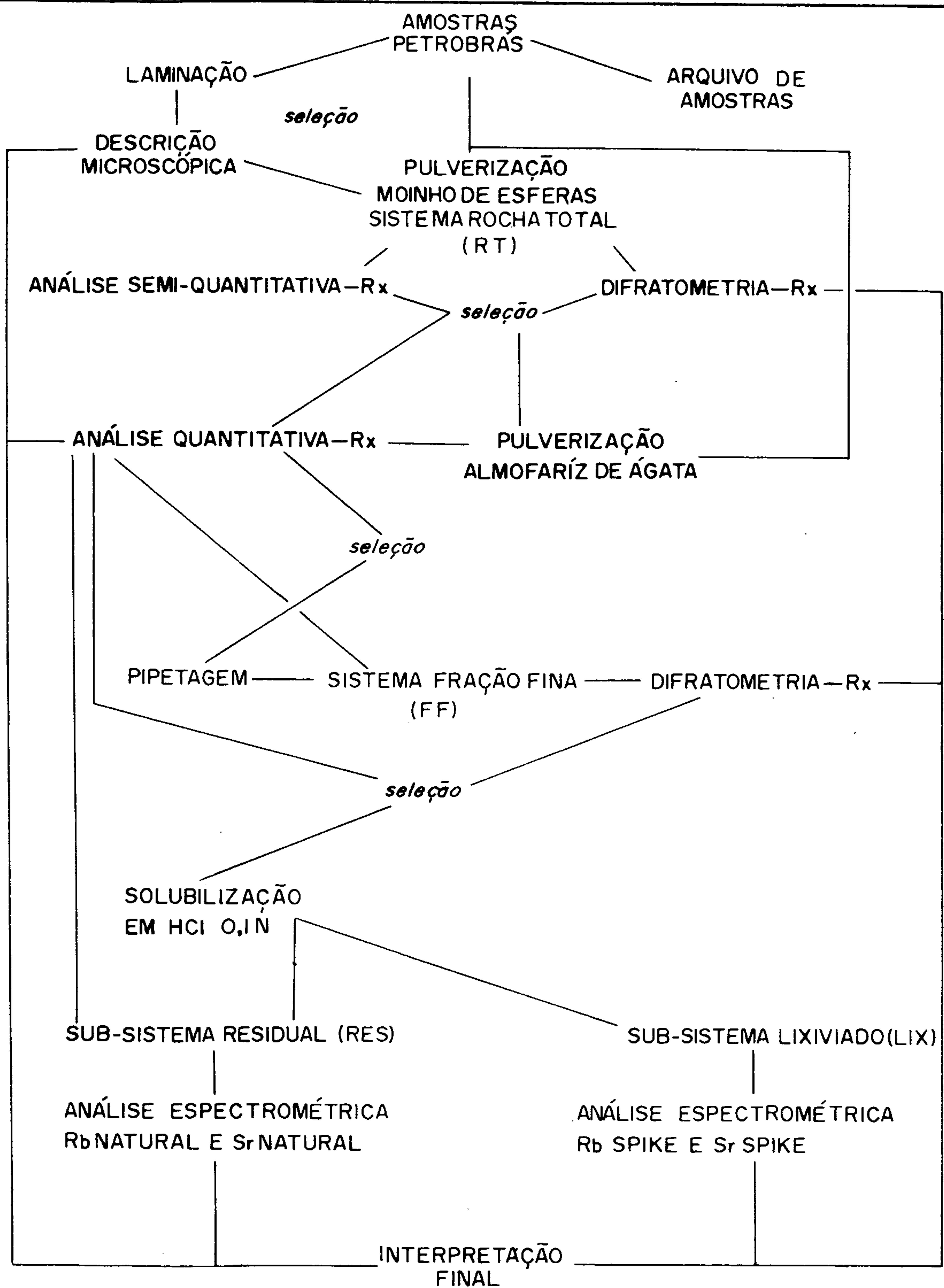


Fig.: 2 FLUXOGAMA DE ATIVIDADES DURANTE A PESQUISA

