

ESTUDO HIDROQUÍMICO DO CICLO HIDROLÓGICO (*)

Osmar Sinelli
Adônis de Souza

Departamento de Geologia, Física e Matemática
Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto
da Universidade de São Paulo

ABSTRACT

The hydrochemical characteristics of groundwaters from deep wells, springs, fluvial and rainwater are studied by means of geochemistry. The geochemical study reveals the origin of the mineralization of the water.

INTRODUÇÃO

Em uma bacia hidrográfica o ciclo hidrológico terrestre pode ser representado essencialmente pelas águas de precipitação pluviométrica, águas fluviais e águas subterrâneas.

A análise e interpretação química desse modelo, extremamente dinâmico, demonstra sua elevada complexidade.

A composição química das águas subterrâneas e superficiais refletem inicialmente a composição química das águas de precipitação pluviométrica mais os sais dissolvidos nos primeiros processos de infiltração. A movimentação destas águas, sofrendo o escoamento natural sob influência gravitacional, percolando solos, rochas subjacentes, poros e fissuras, pode, eventualmente, emergir como fonte.

Nota-se, portanto, que o ciclo hidrológico, do ponto de vista químico, não pode ser descrito unicamente em termos analíticos mas toda uma relação com o meio deve ser observada.

O trabalho a seguir procura interpretar, de maneira ainda parcial, os dados químicos obtidos em parte da bacia hidrográfica do rio Pardo, na região Norte do Estado de São Paulo, conforme pode ser observado na figura 1.

Foram interpretados os dados relativos a três anos, não consecutivos, de precipitações pluviométricas, oito fontes naturais, oito pontos de águas superficiais (rios e córregos) e águas subterrâneas de doze poços profundos.

(*) Trabalho realizado com auxílio 81/44-5 e 81/41-6
da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

- Metodologia: a coleta das amostras, análise físico-química de campo e análise química de laboratório seguiram a orientação fixada em Rodier (1971).

- Quadro geológico regional: essencialmente caracterizado pelas Formações Pirambóia (Tjp), Formação Botucatu (Kjb), intrusivas básicas (diabásios), soleiras, diques e lacólitos (Kjs), capeados por sedimentos cenozóicos.

Do ponto de vista estrutural as grandes perturbações são localizadas e sempre relativas às intrusivas básicas. Os lineamentos, falhas (?), fraturas e diaclases apresentam-se principalmente nas direções NE e NW.

Melhores detalhes a respeito da geologia podem ser obtidas no trabalho de Davino et al (1982).

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

A tabela 1 apresenta os valores mensais, para os meses indicados, da pluviometria, pH, temperatura e condutividade das águas em estudo.

Temperatura - O campo de variação para as águas de chuva variam de 19°C a 26°C. Para as águas superficiais o campo é de 21°C a 24°C e 21°C a 25°C para as fontes. Nas águas subterrâneas dos poços profundos a variação é de 24°C a 27°C.

pH - Nas águas de chuva apresentam variações sazonais com valores da ordem de 5,0 para o inverno (estação seca) e 6,3 primavera e verão. As águas superficiais apresentam comportamento mais homogêneo, variando de 6,3 a 7,0 durante o verão chuvoso e em média 7,6 no inverno, comportamento este diverso das águas de chuva.

As águas das fontes são também homogêneas quanto ao pH, com pequenas variações sazonais. Verifica-se que as fontes localizadas nos arenitos são levemente mais ácidas que as fontes localizadas nas rochas básicas (diabásios).

As águas subterrâneas dos poços profundos praticamente não apresentam variações sazonais, havendo entretanto, variações relacionadas ao aquífero, não confinado, com pH mais ácido (5,4 a 6,2), e ao aquífero confinado (7,0 a 8,0).

Condutividade - O valor da condutividade é diretamente relacionada à quantidade de sais dissolvidos nas águas. As águas de chuva apresentam valores baixos, porém, com grandes variações sazonais ($0,4$ a $3,1 \times 10^{-5}$ mhos.cm⁻¹). As águas das fontes apresentam valores diretamente relacionados às litologias, assim, os valores mais baixos ($0,6$ a $1,5 \times 10^{-5}$ mhos.cm⁻¹) são de fontes encontradas nos arenitos da Formação Botucatu/Pirambóia. Os valores mais elevados ($3,0$ a $10,8 \times 10^{-5}$ mhos.cm⁻¹) são provenientes das fontes nas rochas básicas. Estes valores mostram o enriquecimento em cátions das águas das fontes situadas nas rochas básicas que sofrem intemperismo mais acentuado que as águas das fontes localizadas nos arenitos.

As águas pluviais apresentam condutividade razoavelmente homogênea ($2,4$ a $3,3 \times 10^{-5}$ mhos.cm⁻¹) para as águas de drenagem que não sofrem descargas diretas de rejeitos industriais e es-

gotos públicos, onde a condutividade é mais elevada (4,7 a 13,3 x 10⁻⁵ mhos.cm⁻¹).

As águas dos poços profundos são as mais homogêneas e mesmo os poços localizados nos arenitos apresentam valores que indicam que suas águas foram enriquecidas em cátions, provavelmente, devido a percolação de suas águas nas rochas básicas (diabásios).

COMPOSIÇÃO QUÍMICA

As tabelas 2, 3, 4 e 5 apresentam os valores obtidos para todas as águas e em particular as variações mensais apresentadas pelas águas de chuva. Nestas nota-se que o domínio, em todos os meses, são dos metais alcalino terrosos. O Cálcio e Magnésio apresentam variações sazonais e anuais sendo que os valores mais baixos são observados no inverno e os mais elevados são relativo a primavera e verão.

A origem de Cálcio e Magnésio nas águas de chuva são limitadas. Gambell e Fisher (1966) apresentam como maior agente de contribuição partículas de solo.

Na região em estudo, a primavera é caracterizada pela intensa atividade agrícola, no preparo da terra para o plantio da cana de açúcar, o que provoca um excesso de partículas de solo na atmosfera. Os solos da região de Ribeirão Preto, Terra roxa extrudada, apresentam, segundo Gonçalves (1978) e Carvalho (1970), teores de 4% para o Cálcio e de 1,4% para o Magnésio. Essa contribuição dos solos em metais alcalino terrosos explica também as variações sazonais observadas para os valores de condutividade.

As águas fluviais apresentam valores mais homogêneos, exceção é o ponto S₂ que recebe detritos industriais e esgoto público.

As águas das fontes apresentam valores relacionados com a litologia, em que, os valores mais elevados são sempre relacionados às fontes localizadas nas rochas básicas. Os teores em SiO₂ são um bom elemento de comparação. Os alcalinos terrosos não apresentam grandes variações, entretanto, os alcalinos apresentam teores mais elevados nas fontes situadas nas rochas básicas. Quanto aos ânions observa-se que as fontes localizadas nos arenitos apresentam o HCO₃⁻ como ânion dominante.

As águas dos poços profundos apresentam composição química bastante homogênea, tanto para cátions como para ânions. A litologia deveria influir, pois as águas do aquífero Botucatu apresentam um teor em mineralização inferior às águas do aquífero Basalto. Entretanto, os valores aqui encontrados, mesmo para poços perfurados somente no arenito, dão indicações que as águas subterâneas desta região percolam as intrusivas básicas e com isso, apresentam um enriquecimento maior que o esperado.

As concentrações observadas para as diversas águas são as seguintes (r em miliequivalentes por litro):

chuva	rMg > rCa
fluvial...	rCa > rNa > rMg > rK
fontes (diabásios)...	rCa > rNg > rNa > rK
fontes (arenitos)....	rMg > rCa > rNa > rK
poços profundos	rCa > rMg > rK rNa

Quanto aos ânions presentes nas águas verifica-se que nas águas fluviais o comportamento é o seguinte $r\text{HCO}_3^- > r\text{Cl}^- > r\text{SO}_4 > r\text{NO}_3$; nas águas das fontes localizadas nos diabásios os valores são: $r\text{HCO}_3^- \gg r\text{NO}_3 > r\text{Cl}^- > r\text{SO}_4$. As fontes localizadas nos arenitos so mente apresentam o HCO_3^- . Nas águas de chuva, embora não foram feitas determinações, acreditamos ser o ânion HCO_3^- como o mais significativo.

Sílica - Os teores da sílica em solução nas águas da região são devidos principalmente à alteração dos plagioclásios das rochas básicas.

Nas águas de chuva praticamente não encontramos sílica, a não ser traços durante a primavera. Nas águas fluviais os teores são homogêneos, apresentam, entretanto, valores mais elevados durante o verão chuvoso.

As águas das fontes apresentam comportamento diferenciado e relativo sempre a litologia, assim, as fontes nas rochas básicas apresentam teores bem superiores às fontes localizadas nos arenitos. Esse comportamento está ligado à elevada decomposição dos plagioclásios nas rochas básicas e a baixa solubilidade do quartzo nos arenitos. As águas dos poços profundos também são homogêneas e indicam as características litológicas da região.

EQUILÍBRIO DOS CARBONATOS

Face as variações nos valores do pH, HCO_3^- e Ca^{++} , pode-se analisar o comportamento das águas em relação ao equilíbrio dos carbonatos. Estudos termodinâmicos e cinéticos para o estabelecimento das condições de equilíbrio dos carbonatos foram realizados entre outros por Roques (1964) e Caro (1965). As equações que intervêm no sistema foram desenvolvidas por Garrels e Christ (1965). Com o auxílio destas fórmulas foram calculados os valores para a pressão parcial do dióxido de carbono (P_{CO_2}), sendo a pressão em atmosferas. O teor de CO_2 na atmosfera é da ordem de 320mg/l (Gallo 1977). Nas águas fluviais, os valores médios para todos os pontos amostrados apresentam $P_{\text{CO}_2} = 0,07 \times 10^{-2}$ atmosferas, valor esse bastante próximo ao equilíbrio. As águas das fontes apresentam valores que variam de 1,5 a $3,0 \times 10^{-2}$ atm, para as fontes nas rochas básicas, e 0,2 a $1,7 \times 10^{-2}$ atm, para as fontes localizadas nos arenitos. Nas águas subterrâneas dos poços profundos os valores variam de 0,9 a $2,5 \times 10^{-2}$ atm.

Para uma melhor avaliação dos resultados obtidos foram calculados os pH de equilíbrio, segundo a fórmula $\text{pH}_e = 10,33 - (8,35 + \log a \text{Ca}^{++})$, segundo Gallo (1977).

Os resultados obtidos foram plotados no gráfico da figura 2, que correlaciona os valores de pH medidos no campo (real) e os pH_e (de equilíbrio).

Uma análise do gráfico mostra que apenas uma fonte apresenta água em equilíbrio.

De acordo com Gallo (op.ct) os resultados aqui encontrados para as águas dos poços profundos são indicadores de aquífero não confinado. Nota-se também o poder "agressivo" destas águas.

A fonte original de CO_2 para as águas desta região de-

vem ser essencialmente atmosféricas, pois, o solo possui baixo teor de matéria orgânica (máximo de 3%) e não existe, atualmente, fontes vulcânicas. Nessas condições o anidrido carbônico viria exclusivamente da zona não saturada.

RELAÇÃO pH E HCO_3^-

O gráfico da figura 3 apresenta os valores teóricos obtidos em Gallo (1977) e Garrels e Christ (1965). Neste diagrama foram plotados os resultados encontrados nas águas da área estudada. Pela posição das águas no gráfico verifica-se:

- as águas dos rios e das principais fontes situam-se entre as curvas correspondentes às pressões parciais de CO_2 dos solos e da atmosfera.
- A maioria das águas dos poços profundos situa-se na zona diferenciada das duas curvas, correspondendo parte ao sistema aberto e parte ao fechado.

EQUILÍBRIO QUÍMICO ÁGUA - MINERAIS DAS ROCHAS

O processo de intemperismo é por excelência um processo de adaptação, pois, determinado mineral é estável em determinadas condições ambientais. Entretanto, se essas condições, devidas a determinados fatores, forem modificadas o mineral será decomposto e o produto da decomposição poderá formar novos minerais, que serão estáveis naquele determinado ambiente.

As reações químicas que ocorrem no intemperismo são caracterizadas pela liberação de cátions e sílica, provenientes dos minerais silicatados. O anidrido carbônico, forma o ácido carbônico, que é neutralizado nas reações com os minerais existentes. Os silicatos fornecem cátions e sílica que são mais comumente transformados em minerais secundários (Loughnan 1969).

Estas reações continuam até que os minerais presentes adquiram um estado de equilíbrio com água.

Para melhor ilustrar as reações que se processam torna-se conveniente o uso de diagramas que mostram os campos de estabilidade dos minerais não-formados.

O estudo das diferentes reações, bem como a determinação das constantes de equilíbrio e sua utilização em geoquímica, foram efetuadas entre outros por Feth et al (1964), Garrels and Christ (1965), Tardy (1969).

Segundo os trabalhos acima mencionados dois sistemas de equilíbrio para silicatos podem ser considerados. Um envolvendo silicatos de potássio, e outro, silicatos de sódio. O primeiro sistema pode ser designado como $\text{K}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ e o segundo pode ser designado como $\text{Na}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O}$.

No desenvolvimento dos sistemas acima mencionados Garrels e Christ (1965) verificaram que as relações de estabilidade podem ser escritas em função de: $[\text{K}^+] / [\text{H}^+]$ e $[\text{H}_4\text{SiO}_4] : [\text{Na}^+] / [\text{H}^+]$ e $|\text{H}_4\text{SiO}_4|$.

Os diagramas das figuras 4 e 5 foram construídas a partir dos dados encontrados por Garrels e Christ (op.ct).

Kramer (1968) e Tardy (1969), usando as equações de alteração da albita ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) em caolinita, e da anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) em gibsitita, estabeleceram o diagrama da figura 6' que são descritas em termos de $\log \text{Ca}^{2+} + 2 \text{pH}$ e de $\log \text{H}_4\text{SiO}_4$, utilizando o mesmo desenvolvimento utilizado por Garrels e Christ (op.ct).

Verifica-se que em todos os diagramas as águas fluviais e de poços apresentam como produto de intemperismo mais estável a caolinita. Isto significa que a caolinita é a fase sólida em equilíbrio.

As fontes apresentam um comportamento diferente, ou seja, algumas fontes (1, 2 e 3) cuja litologia é diabásio apresentam a montmorilonita como a fase sólida em equilíbrio. As outras fontes, principalmente as localizadas no arenito apresentam o argilo mineral caolinita como a fase sólida em equilíbrio.

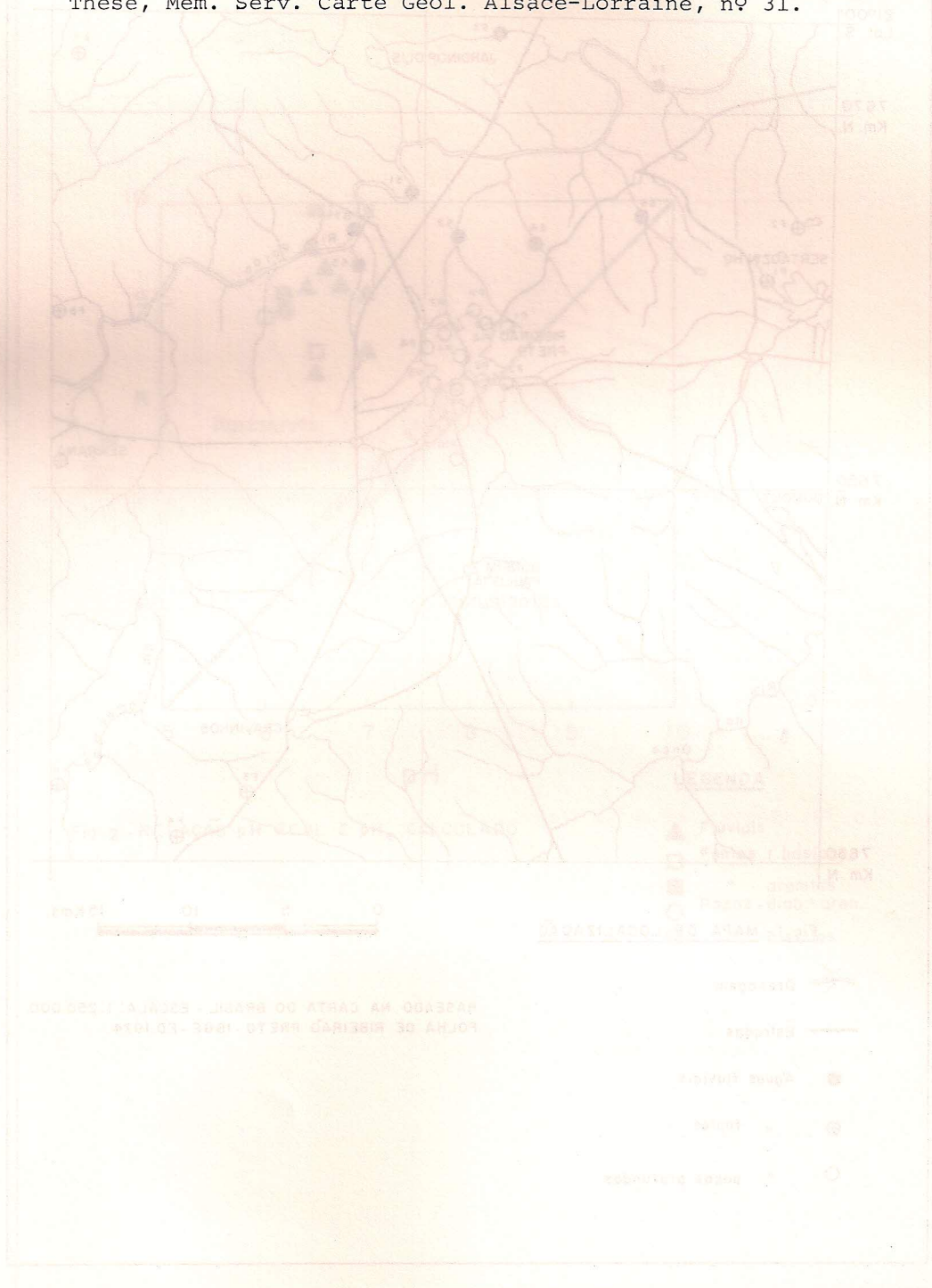
Os resultados gerais e parciais aqui apresentados continuarão a ser analisados e interpretados de tal forma a possibilitar um melhor conhecimento do complexo químico hidrológico.

BIBLIOGRAFIA

- CARO, P. - 1965 - La chimie du gaz carbonique et des phénomènes hydrogéologiques karstiques. Chron. d'Hydrogéolo., B.R.G.M. n° 7, p. 51-77.
- CARVALHO, A. - 1970 - Study of Terra Roxa Estruturada and Latosolo roxo on a topographic sequence in São Paulo State - Brazil. Tese de Master of Sc., Un. Newcastle Upon Tyne, 93 p.
- DAVINO, A., SINELLI, O., SOUZA, A. e TEIXEIRA, C. - 1982 - Diabásios na região Nordeste da Bacia do Paraná. Anais do XXXII Congresso Brasileiro de Geologia, Salvador Bahia.
- FETH, J.H., ROBERSON, E.E. e POLZER, W.L. - 1964 - Sources of mineral constituents in water from granitic rocks Sierra Nevada, California and Nevada. U.S.G.S. Water Supply Paper 1535 - I, 70 p.
- GALLO, G. - 1977 - Utilisation Complementaire de L'Hydrochimie et de la Geochimie Isotopique en Hydrogeologie. These de Docteur de specialite Universite Claude Bernard - Lyon - France - 206 p.
- GAMBELL, A.W., FISHER, D.W. - 1966 - Chemical composition of rainfall Eastern North Carolina and Southeastern Virginia. U.S.G.S. Water Supply Paper 1535-K, 41 p.
- GARRELS, R.M., CHRIST, C. - 1975 - Solutions, Mineral and Equilibria. Harper et Row, New York, 450 p.
- GONÇALVES, N.M.M. - 1978 - Estudo dos materiais superficiais da região de Ribeirão Preto-SP. e suas relações com elementos morfológicos da paisagem. Tese de mestrado apresentada ao I.G.U.S.P. 177 p.
- KRAMER, J.R. - 1968 - Mineral water equilibria in silicate weathering. XXIII Int. Geol. Cong., Prague, v. 6 p. 149-160.
- LOUGHNAN, F.C. - 1969 - Chemical Weathering of the silicate minerals. Elsevier, New York, 154 p.
- RODIER, J. - 1971 - Analyse Chimique et physico-chimique de l'eau. Dunod, Editeur, Paris, 700 p.

ROQUES, H. - 1964 - Contribution à l'étude statique et cinétique des systèmes gaz carbonique eau carbonate. These, Ann. de Spélec. Tomo 19, fasc. 2, p. 255-484.

TARDY, Y. - 1969 - Géochimie des altérations; étude des arènes et des eaux de quelques massifs cristallins d'Europe et d'Afrique. Thèse, Mem. Serv. Carte Geol. Alsace-Lorraine, n° 31.



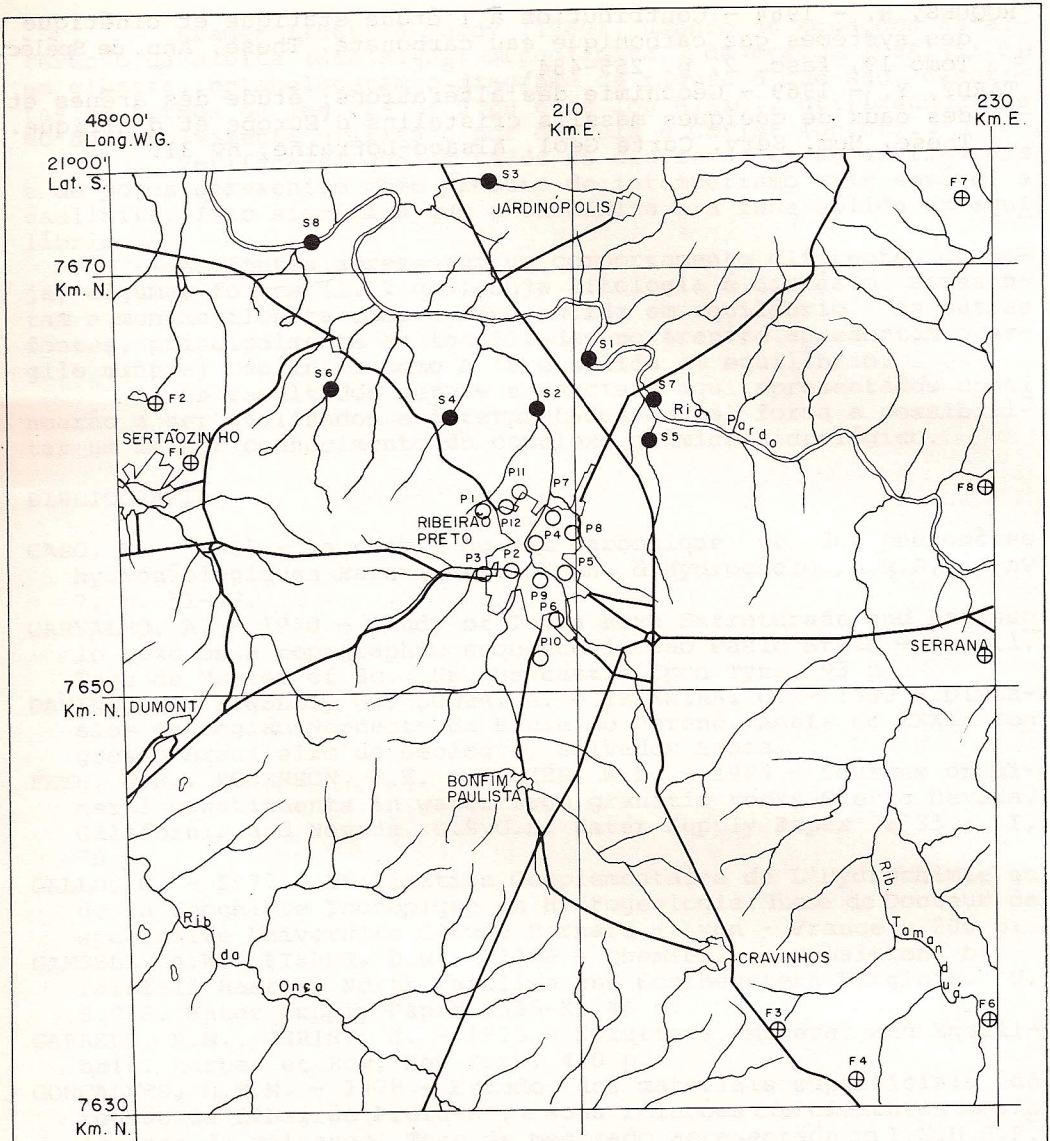







Fig. 1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO

0 5 10 15 Kms.

-  Drenagem
-  Estradas
-  Águas fluviais
-  " fontes
-  " poços profundos

BASEADO NA CARTA DO BRASIL - ESCALA: 1:250.000.
 FOLHA DE RIBEIRÃO PRETO - IBGE - ED.1974.

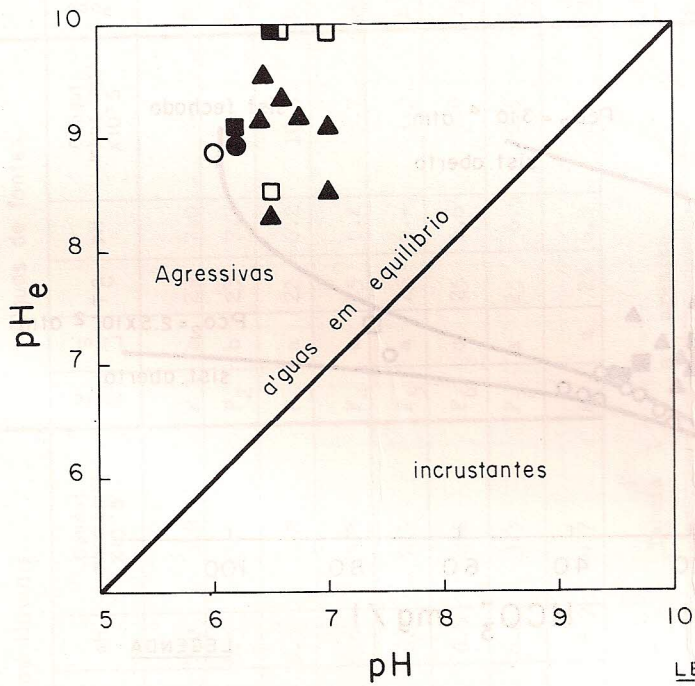
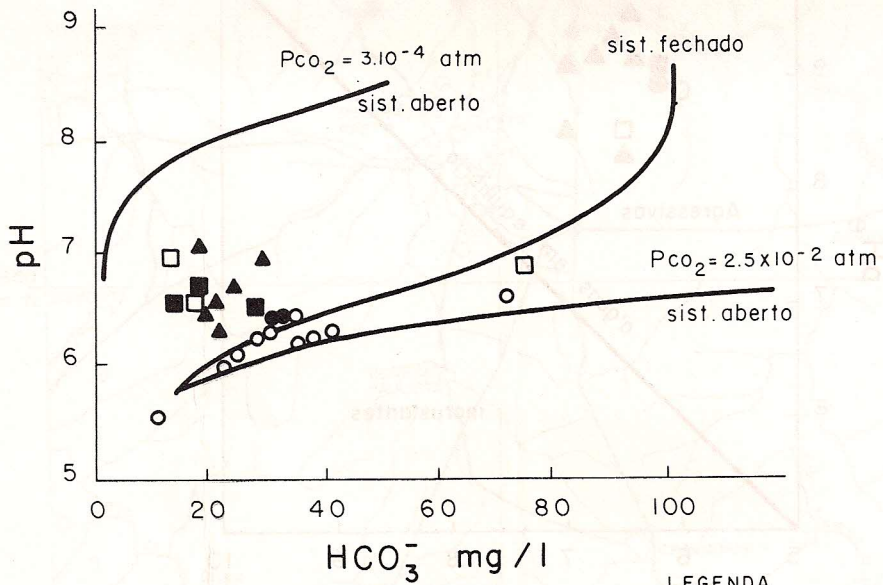


Fig. 2 - RELAÇÃO pH REAL E pH_e CALCULADO

LEGENDA

- ▲ Fluviais
- Fontes r.básicas
- " arenitos
- Poços -diab.+ aren.
- " arenitos



LEGENDA

Fig.3 RELAÇÃO ENTRE pH E TEOR EM BICARBONATO

- ▲ Aguas fluviais
- Fontes r.básicas
- " arenito
- Pocos diab.+aren.
- " arenito

PARÂMETROS FÍSICO - QUÍMICOS

Ordem	Águas de chuva					Águas fluviiais					Águas de fontes					Águas de poços profundos					
	Mês	$\sum \frac{E}{a}$	T°C	pH	Conduct. mhos cm ⁻¹ X 10 ⁻⁵	Local	T°C	pH	Conduct. mhos cm ⁻¹ X 10 ⁻⁵	Fonte	T°C	pH	Conduct. mhos cm ⁻¹ X 10 ⁻⁵	Local	T°C	pH	Conduct. mhos cm ⁻¹ X 10 ⁻⁵	Local	T°C	pH	Conduct. mhos cm ⁻¹ X 10 ⁻⁵
82	Jan	457	22	5,5	0,45	S ₁	22	7,0	5,0	F ₁	b	23	7,0	-	P ₁	b, a	24	5,8	5,3		
82	Fev	175	25	5,0	0,65	S ₂	23	6,5	13,3	F ₂	b	23	7,3	-	P ₂	b, a	26	6,0	5,5		
78	Mar	151	25	6,0	1,80	S ₃	21	6,5	2,8	F ₃	a	22	6,2	10,8	P ₃	b, a	27	6,0	4,9		
82	Mar	276	25	5,5	0,70	S ₄	21	6,8	5,8	F ₄	a	25	6,2	5,7	P ₄	b, a	26	6,1	3,9		
78	Mai	79	21	5,0	1,20	S ₅	21	6,7	2,4	F ₅	a	25	6,4	1,5	P ₅	b, a	27	5,8	2,6		
77	Jul	3	20	5,0	1,30	S ₆	24	6,8	2,2	F ₆	d	25	6,6	3,0	P ₆	b, a	27	5,9	3,2		
78	Jul	64	20	5,0	1,20	S ₇	22	6,6	3,3	F ₇	a	25	6,6	0,6	P ₇	b, a	25	5,5	2,0		
81	Set.	25	22	6,0	3,00	S ₈	22	6,7	4,7	F ₈	a	25	6,8	0,8	P ₈	b, a	27	6,0	5,5		
81	Out	197	19	5,5	1,20										P ₉	b, a	26	6,2	7,7		
78	Nov	236	21	6,0	2,70										P ₁₀	b, a	25	6,1	4,0		
81	Nov	84	23	5,5	1,40										P ₁₁	a	25	6,1	4,4		
77	Dez	342	25	6,1	3,10										P ₁₂	a	24	6,2	4,5		
81	Dez	315	26	5,5	0,80																

Tabela 1

a - arenito

b - basalto

d - diabásio

ÁGUAS DE CHUVA			
ANO	MES	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
1982	Janeiro	0.45	0.48
1982	Fevereiro	0.35	0.70
1978	Março	0.56	0.63
1982	Março	0.48	0.32
1978	Maior	0.60	0.46
1977	Julho	0.54	0.38
1978	Julho	1.12	0.29
1981	Setem.	2.23	1.42
1981	Outubro	1.62	2.56
1978	Novem.	1.32	0.68
1981	Novem.	1.10	1.66
1977	Dezem.	1.56	0.87
1981	Dezem.	0.28	1.05

Tabela 2
Composição Química (mg/l)

Tabela 3 Composição Química (mg/l)

ÁGUAS FLUVIAIS										
Rio	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₂ a	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻⁻	SiO ₂	Cl ⁻
S ₁	4.0	2.6	2.0	2.0	5.21	21.09	0.14	1.25	14.50	5.0
S ₂	8.2	7.5	12.4	4.0	20.80	63.00	-	10.00	18.50	15.0
S ₃	3.4	2.9	1.8	1.0	5.80	21.00	0.30	1.00	13.80	5.0
S ₄	5.4	3.0	3.0	1.4	8.00	31.60	0.20	1.10	12.50	4.0
S ₅	2.0	2.4	1.2	1.0	11.20	13.30	0.20	1.00	10.00	4.0
S ₆	3.2	2.8	1.8	1.4	7.60	19.40	0.40	1.20	12.50	3.0
S ₇	3.4	2.8	2.5	1.6	5.60	21.10	0.20	1.00	14.30	4.0
S ₈	3.6	2.7	2.5	2.0	7.00	21.70	0.50	1.20	14.50	4.0

Tabela 4 Composição Química (mg/l)

ÁGUAS FONTES									
Fonte	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻⁻	NO ₃ ⁻	SiO ₂
F ₁	4.20	2.0	1.4	0.2	13.00	2.5	1.30	8.4	40.00
F ₂	54.00	10.00	13.6	3.1	219.00	6.1	8.80	13.20	65.00
F ₃	11.40	4.80	5.8	1.2	72.30	2.0	-	0.50	41.00
F ₄	4.60	0.88	2.6	-	26.00	1.0	-	-	17.00
F ₅	1.18	1.57	0.5	0.4	17.40	-	-	-	11.00
F ₆	3.18	2.85	0.5	2.4	20.50	-	-	-	13.00
F ₇	1.29	1.49	0.5	0.4	13.50	-	-	-	9.00
F ₈	1.18	1.27	0.5	1.0	12.50	-	-	-	11.00

Poço	ÁGUA POÇOS PROFUNDOS										
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	NO ₃ ⁺	SO ₄ ⁻⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₂ l	CO ₂ a	SiO ₂
P ₁	4.7	2.8	-	3.0	-	2.3	0.5	36.00	39.60	33.90	21.00
P ₂	5.0	3.1	0.6	4.0	0.25	1.7	1.0	41.50	3.70	45.50	22.00
P ₃	4.9	2.8	-	4.0	0.10	2.9	1.0	37.20	32.20	30.60	19.50
P ₄	3.8	1.9	-	4.0	0.20	2.0	1.0	25.60	29.00	36.30	20.00
P ₅	1.8	1.7	-	2.4	-	2.6	1.0	20.10	24.30	19.10	22.00
P ₆	2.1	2.0	0.6	3.0	-	2.0	1.0	23.20	32.20	20.20	20.00
P ₇	1.4	4.8	-	1.0	-	2.8	1.0	11.60	32.70	5.90	16.00
P ₈	4.4	3.0	1.3	4.0	-	1.5	-	37.80	38.00	12.70	24.50
P ₉	7.2	3.6	0.6	4.0	-	1.4	3.0	36.00	24.30	10.90	38.50
P ₁₀	3.6	2.8	0.6	4.2	-	1.4	-	26.60	24.30	16.60	20.50
P ₁₁	5.0	2.0	-	4.0	-	1.7	-	28.80	34.30	21.40	24.20
P ₁₂	5.6	2.0	-	4.2	-	1.7	-	33.80	14.20	19.80	24.20

Tabela. 5 Composição Química

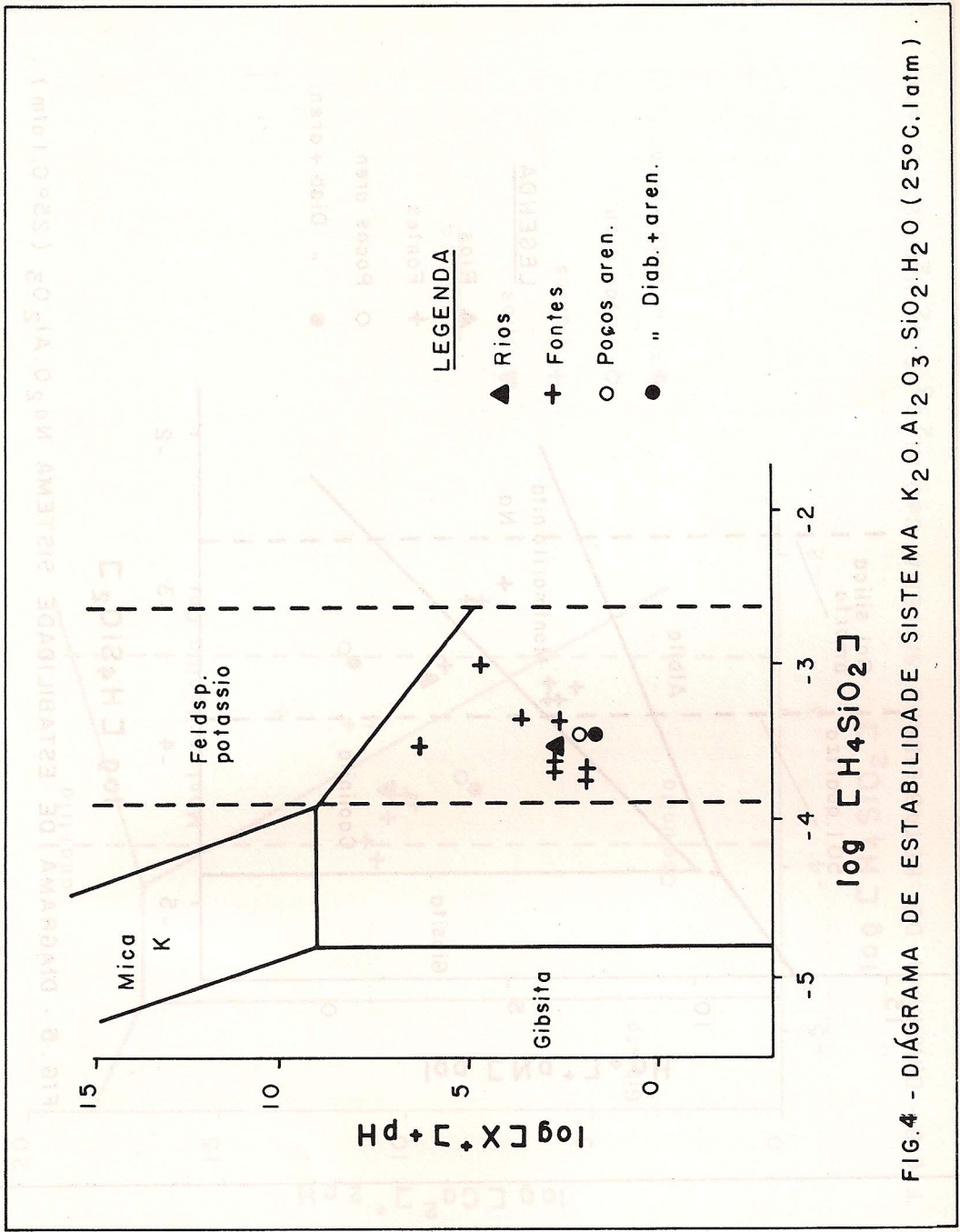


FIG.4 - DIÁGRAMA DE ESTABILIDADE SISTEMA $K_2O-Al_2O_3-SiO_2-H_2O$ ($25^\circ C, 1 atm$) .

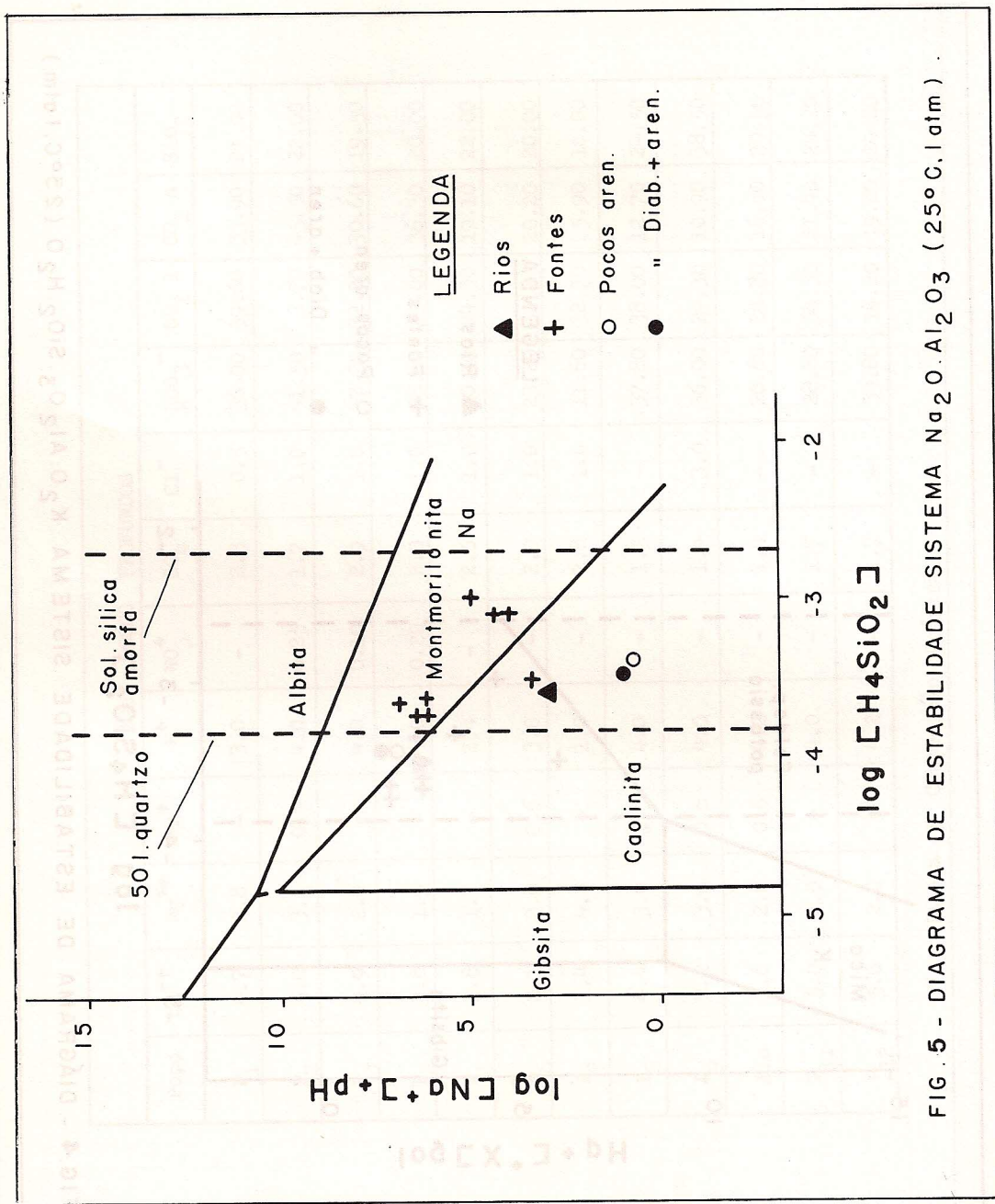


FIG. 5 - DIAGRAMA DE ESTABILIDADE SISTEMA Na₂O.Al₂O₃ (25°C, 1 atm)

APLICAÇÃO DE ANÁLISE FATORIAL PARA DADOS HIDROQUÍMICOS
DO GRUPO BAURU NO ESTADO DE SÃO PAULO

Apresentado por
Marcelo Cavalcanti Rangel, Sérgio Camp
Departamento de Água e Energia Sanitária

LEGENDA

- ▲ Rios
- + Fontes
- Poços aren.
- " Diab.+ aren.

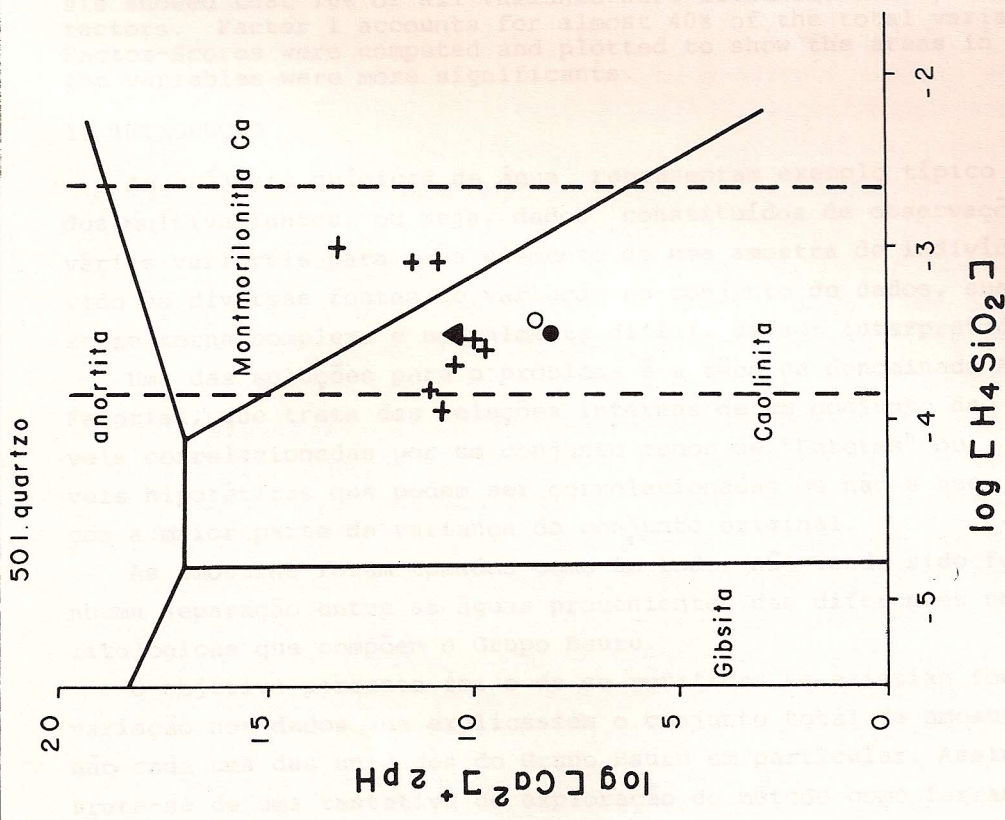


FIG. 6 - DIAGRAMA DE ESTABILIDADE SISTEMA CaO.Al₂O₃.SiO₂.H₂O (25°C, 1 atm).