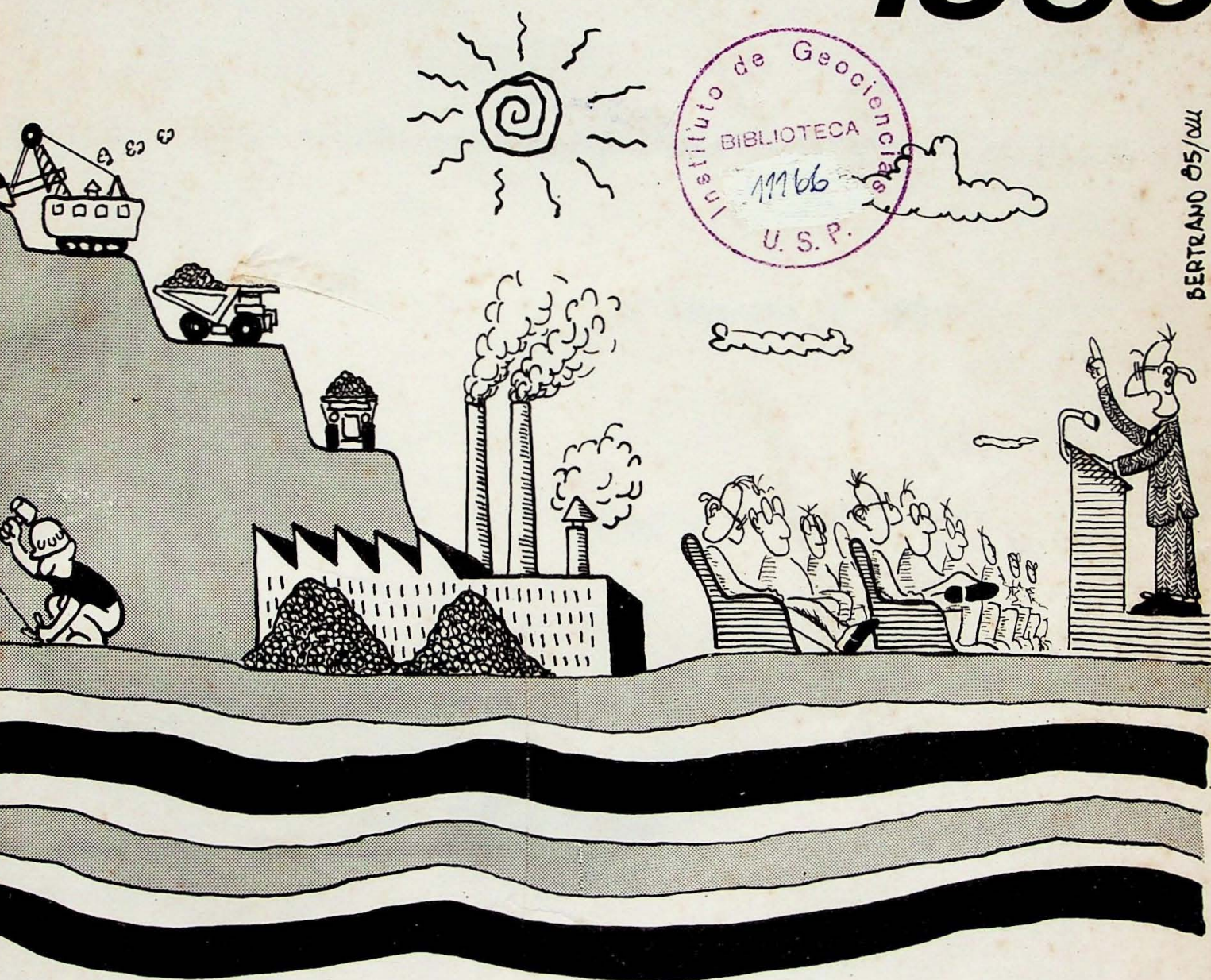


5º simpósio regional de geologia 1985



**atas
volume 1**

**são paulo
6 a 10 de novembro**

CONTRIBUIÇÃO À LITOGEOQUÍMICA DAS ROCHAS ALCALINAS DO ARCO DE PONTA GROSSA

Rosa Maria Cotrim Soares*

Franco Levi **

* Instituto de Geociências - Universidade Federal da Bahia/CNPq

** Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo

ABSTRACT

This article presents a contribution to the lithogeochemical study of alkaline rocks from The "Arco de Ponta Grossa" province by means of chemical and petrographical data interpretation from the alkaline intrusions such as Tunas, Itapirapuã, Cananéia, Juquiá and Jacupiranga. The formalization of the chemical and modal data into petrological graphics show up the several compositional fields allowing a geotectonic interpretation. Thus, the chemical petrographic behavior of the Tunas and Itapirapua massifs is characterized by intense compositional differences which are expressed in the majority of the Variation Diagram ($\text{SiO}_2/\text{Alkali}$, Si/R , FMA , NaCaK , ONEkp and QLM) and modal diagram QAPF. The position of the salic members expressed by ultramafic-alkaline Juquia and Jacupiranga massifs is compared with the pattern presented by the others massifs. The statistical analysis of both chemical and normative data also displays these compositional differences. Factor Analysis (R mode) and Frequency Distribution of ID (Differentiation Index) and qz (Niggli Number) are also helpful in the geochemical interpretation of this complex. Thus the study of alkaline rocks compositional variations of these massifs seems to be important in the reevaluation of the previous idea of their integration within the "Arco de Ponta Grossa" Province.

1. INTRODUÇÃO

O Arco de Ponta Grossa tal qual hoje se apresenta é segundo Almeida (1983) "uma grande estrutura soerguida, com eixo dirigido a NW, que adentra a Bacia do Paraná entre os Estados de São Paulo e Santa Catarina". Foi no triássico-jurássico que o Arco de Ponta Grossa tomou a feição que hoje apresenta, como resultado de um soerguimento em abóboda e no Jurássico Superior-Cretáceo Inferior com o advento do processo tectono-magmático da Reativação Wealdeniana, o Arco de Ponta Grossa muito se ergueu. Nas regiões onde se encontram as intrusões alcalinas contudo "a expressão mais notável deste magmatismo é o magno enxame de diques de diabásio e menos frequente de diorito, diorito pórfiro e quartzo-diorito que ocupam as fraturas e maioria das falhas da região sobretudo NW".

No Arco de Ponta Grossa são conhecidas cerca de 15 intrusões simples ou complexos múltiplos isolados sendo o maior maciço o de Jacupi -

ranga, com 65 Km². As intrusões alcalinas deste complexo estrutural pertencem a vários tipos de associações petrográficas, de acordo com Ulbrich e Gomes (1981). As intrusões de Jacupiranga e Juquiã pertencem ao tipo III destes autores, ou seja, associação máfica a ultramáfica, com carbonatitos. O Maciço de Tunas pertence a associação do tipo IV, ou seja, álcali gabróide enquanto a maioria das intrusões (Barra do Pirai, Barra do Teixeira, Banhadão, Mato Preto e Sete Quedas) é do tipo V, álcali basalto-traquito-fonólito.

Apesar de estudos geológicos referentes aos vários maciços desta província não se dispõe de dados quantitativos de análises químicas e modais para várias intrusões (principalmente aquelas descritas mais recentemente e mencionadas em Algarte, 1972), exceto para os Maciços de Jacupiranga (Melcher, 1954 e Amaral, 1978), Juquiã (Born, 1971), Itapirapuã (Gomes, 1967), Tunas (Fuck, 1972) e Cananéia (Freitas, 1947). Desse modo, a análise de dados que se tenta proceder, leva em conta as limitações de amostragem, embora os resultados obtidos já permita um tratamento interpretativo preliminar, o qual poderá fornecer subsídios importantes a uma interpretação geotectônica, como sugerido por Herz (1977).

Desse modo, foram consideradas cerca de 50 análises químicas (Tabela 1) e cerca de 100 análises modais de rochas alcalinas da província. A partir das análises químicas foram determinados os parâmetros e índices petrográficos (Número de Niggli, índices QLM, composições normativas, % catiônicas e índices agpaíticos) e traçados Diagramas de Variação, dando prioridade para aqueles já escolhidos para definir a composição química de outras províncias, tais como, QLM (Niggli-Burri), SiO₂/Álcalis (MacDonald e Katsura), Si/R (Jung-Brousse), Diagramas FMA e NaCaK e Diagrama de Bowen (QNeKp). Por outro lado, os dados de análises modais foram plotados no Diagrama QAPF (duplo triângulo de Streckeisen). A combinação entre os gráficos, principalmente os normativos e modais (QLM e QAPF), permitiu estabelecer pelo menos três campos composicionais para as rochas da província. Procedeu-se também a uma Análise Fatorial para o estabelecimento da relação entre variáveis e amostras, mostrando a influência de cada variável e fator no quimismo dos diversos maciços, especialmente Tunas e Itapirapuã. Essa técnica apresentou um efeito similar aos Diagramas de Variação da petrologia, recombinao os índices químicos para cada amostra e posicionando-a em um espaço geométrico. Por último, tentou-se integrar os resultados de distribuição de frequência obtidos em relação aos índices ID (Índice de Diferenciação) e qz (Número de Niggli) com relação aqueles obtidos para o conjunto de rochas alcalinas do Brasil Meridional (Soares, 1984).

2. TRATAMENTO DE DADOS (Apresentação dos Resultados)

2.1. Diagrama Sílica/Álcalis)

As rochas do Maciço de Tunas situam-se acima do traço do plano crítico de saturação, indicando um comportamento saturado e forte diferenciação em relação ao SiO₂, enquanto as rochas do Maciço de Itapirapuã mostram um forte caráter insaturado e também forte diferenciação de SiO₂, havendo um quase paralelismo em relação às duas áreas composicionais. Quanto aos maciços ultramáfico-alcalinos de Juquiã e Jacupiranga convém assinalar a forte dispersão de pontos, reflexo da ampla margem de variação composicional e uma superposição dos diferenciados sálicos desta série (principalmente os dados referentes ao Maciço de Juquiã), com o campo composicional do Maciço de Itapirapuã. É conveniente também assinalar que algumas rochas alcalinas de Tunas situam-se no campo composicional dos basaltos e diabásios da Bacia do Paraná, segundo dados composicionais de Rugg (1975). A diferença da Província Magmática do Havai, onde o traço do plano crítico de saturação separa a suite toleítica da alcalina (MacDonald e Katsura, 1964), aí há uma superposição local de pontos. Convém ainda assinalar que as duas amostras de Cananéia situam-se no campo composicional do Maciço de Tunas (Figura 1).

2.2. Diagrama R/Si

O Diagrama R/Si de Young e Brousse, no qual $R = K + Na / K + Na + Ca$, evidencia também o paralelismo composicional dos Maciços de Tunas e Itapirapuã, com diferentes razões álcalis/cálcica e ainda a grande variação composicional do maciço alcalino-ultramáfico de Juquiã. A média dos basaltos que se situam no interior da anomalia II, área englobada pelo Arco de Ponta Grossa (Amaral e Ruegg, 1970; in Ruegg, 1975) foi assinalada com o ponto B do gráfico (Figura 2).

2.3. Diagrama QNeKp (Sistema Petrogenético Residual)

As amostras de rochas alcalinas da Província Arco de Ponta Grossa (com $ID > 80$), plotadas no diagrama QNeKp de Bowen (1937) apresentam resultados divergentes para os maciços alcalinos de Itapirapuã e Tunas pois, enquanto estas últimas situam-se no vale térmico determinado por Bowen aquelas do Maciço de Itapirapuã posicionam-se fora da área experimental determinada pelo citado autor, estando deslocadas no sentido da kaliofilita (Kp). O mesmo ocorre com as raras rochas sálicas do Maciço de Juquiã ($ID > 80$) as quais estão coincidentes com aquelas de Itapirapuã (Figura 3).

2.4. Diagramas Triangulares (FMA e NaCaK)

O Diagrama FMA mostra um campo composicional bem definido para o Maciço de Itapirapuã e uma relativa dispersão para os membros mais máficos do Maciço de Tunas em relação aos vértices F e M. Em relação ao maciço alcalino-ultramáfico de Juquiã verifica-se uma tendência à diferenciação desde os membros magnesianos a alcalinos (os membros sálicos situam-se próximo ao "trend" de Itapirapuã) e à diferença dos basaltos da Bacia do Paraná, de composição mais férrea os membros máficos são acen tuadamente mais magnesianos (Figura 4a).

O diagrama NaCaK mostrou, ao contrário, um campo composicional bem definido para o Maciço de Tunas e uma maior dispersão para o Maciço de Itapirapuã, assim como maiores razões Na/K (menores teores em K), enquanto para o Maciço de Juquiã observa-se uma ampla variação composicional e teores em K, dos diferenciados sálicos, semelhantes às rochas de Itapirapuã. Por outro lado, as raras amostras ultramáficas consideradas na amostragem, referentes ao maciço alcalino-ultramáfico de Jacupiranga contrastam com as demais, apresentando teores praticamente nulos em álcalis (Figura 4b).

2.5. Comparação entre Diagramas QLM (normativo) e QAPF (modais)

Com base nos Diagramas de Streckeisen (QAPF) e QLM (Niggli-Burri) tenta-se delimitar os vários campos composicionais das rochas alcalinas da (sub) província mostrando para cada composição química a correspondente composição mineralógica permitindo também avaliar os prováveis erros analíticos pelo confronto dos dados e mesmo extrapolar resultados (Ver Burri, 1964).

As rochas alcalinas do Maciço de Itapirapuã, constituídas principalmente de nefelina sienitos (sienitos com foides, de acordo com IUGS) representam um campo composicional bem definido tanto no gráfico QLM como no QAPF, com paragênese feldspato x feldspatóide, enquanto as rochas alcalinas do Maciço de Tunas constituídas de sienitos alcalinos, sienitos alcalinos com foides, monzodioritos/monzogabros ($\pm$ foides) e dioritos/gabros ($\pm$ foides), apresentam um campo composicional bem delimitado do anterior, sem superposição com aquele (principalmente no lado AP do duplo triângulo QAPF). Com relação aos maciços alcalino-ultramáficos de Juquiã e Jacupiranga apresentam uma ampla variação composicional e algumas particularidades petrográficas. Assim, o Maciço de Juquiã apresenta uma composição próxima aos sienitos com foides e foidalitas, com paragênese feldspato x feldspatóide, para os membros intrusivos mas a análise modal revelou teores de plagioclásio para algumas amostras de

diques, em parte coincidentes com o campo composicional de Tunas (Estas amostras não aparecem no gráfico QLM). Por outro lado, o Maciço de Jacupiranga apresentou uma variedade composicional visualizada no diagrama QAPF, com parágênese feldspato x feldspatóide (nefelina sienitos), plagioclásio x feldspatóide (gabros com foides e foidolitos) e mais raramente feldspato alcalino x plagioclásio (monzodiorito/monzogabro ± foides), sem contudo conter os membros intermediários (monzosienitos com foides e essexitos). Com base nesta composição mineralógica pode-se extrapolar a provável composição química dos seus diferenciados máficos e sálicos, comparando o posicionamento das amostras plotadas no gráfico QAPF e o equivalente normativo do QLM. A rara amostra sálica desse maciço plotada no diagrama QLM situa-se próximo ao campo de Tunas, à semelhança das alcalinas de Cananéia (Figura 5).

2.6. Análise de Distribuição de Frequência

O histograma de distribuição de qz ($qz = si - si'$, expressa a saturação das rochas de uma série ou província em relação à sílica). Os resultados para as rochas alcalinas da (sub) Província do Arco de Ponta Grossa coincidem com aqueles obtidos para o conjunto das rochas alcalinas, ou seja, apresentam uma moda entre - 90 a -80 e outra entre -40 a -30 sendo que a moda obtida para o Maciço de Itapirapuã coincide com o principal máximo para o conjunto das alcalinas enquanto o máximo de Tunas coincide parcialmente com o segundo obtido para o total destas rochas e ainda, a moda de Juquiá coincide com um terceiro pico mal definido (-60 a -50): Figura 6a.

Com relação às distribuições de ID (Índice de Diferenciação) nota-se também uma coincidência entre os picos da subprovíncia do Arco de Ponta Grossa e para a Província Alcalina do Brasil Meridional, situado no intervalo de 85-90 (e um segundo entre 45-50) correspondendo a SiO_2 entre 50-55% e um mínimo no intervalo 60-65% de ID (magmas intermediários : Figura 6b:

2.7. Análise Fatorial

A técnica utilizada para os cálculos fatoriais é a da Análise Fatorial propriamente dita, sendo os dados padronizados e os vetores normalizados e procedendo-se à Análise Fatorial, de acordo com critérios de Miesch, 1969; Vistelius et al., 1970; Size, 1973). Foram então determinados para os maciços de Tunas e Itapirapuã os seguintes dados: a) matrizes de correlação entre variáveis; b) fatores e percentagem de variação explicada para cada fator; c) matriz fatorial e as communalidades para as diferentes variáveis em função do número de fatores selecionados; d) matriz de coeficiente fatorial; e) matriz de pesos fatoriais. Por outro lado, foram também reprojctadas as amostras em relação aos fatores principais em gráficos bidimensionais os quais funcionam, em parte, como os diagramas de variação da petrologia.

Comparando os resultados obtidos para os maciços de Tunas e Itapirapuã e o resultado obtido para o conjunto de rochas alcalinas do Brasil Meridional (Soares, 1984), verifica-se que a diferença destas, onde o SiO_2 apresenta correlação positiva com Al_2O_3 , Na_2O e K_2O , a alumina apresenta correlação positiva com o conjunto de variáveis CaO , $Fetot$ e MgO para o Maciço de Tunas. Quanto ao Maciço de Itapirapuã o Na_2O apresenta um comportamento anômalo, independente da variação dos dois grupos de variáveis, tanto SiO_2 , K_2O e Al_2O_3 , como ao conjunto CaO , Fe e MgO , apresentando portanto correlação nula entre ambos. Este último maciço apresenta também uma inversão da posição das variáveis em relação aos fatores referenciais, devido a fatores inerentes à técnica fatorial mas sem modificar contudo a relação entre as variáveis (Figura 7a).

O gráfico de projeção das amostras em relação aos fatores mostra o grau de diferenciação química dos maciços. Observa-se, por exemplo, que as amostras referentes aos nefelina sienitos estão discriminadas dos melanita-nefelina sienitos, no Maciço de Itapirapuã, enquanto em Tunas, as rochas gábricas estão discriminadas dos sienitos alcalinos.

Ainda verifica-se que as maiores comunalidades para o Maciço de Tunas são representadas pelas variáveis SiO_2 , K_2O , TiO_2 e Fe_{tot} enquanto em Itapirapuã são estas representadas por TiO_2 , SiO_2 , Al_2O_3 e MgO : Figura 7b.

3. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS (Considerações Petrogenéticas)

Na Província Alcalina do Brasil Meridional não existem basaltos tipicamente alcalinos mas apenas enormes massas de basaltos toleíticos, eventualmente com olivina e desprovidos de nefelina, na Norma CIPW, embora sejam tectonicamente correlacionáveis ao magmatismo alcalino (Herz, 1977) e contemporâneos à primeira fase de magmatismo. Almeida (1983) relativo à Província Arco de Ponta Grossa comenta seu caráter tectônico típico de província marginal à Bacia do Paraná e ainda "a frequente associação de diques básicos eocretácicos às intrusões alcalinas neocretácicas adotando idênticas direções estruturais".

Kuno (1968) e Coombs e Wilkinson (1969) forneceram compreensivas revisões de possíveis "trends" de fracionamento de magmas basálticos alcalinos mostrando que existe um contínuo espectro de linhagens de líquidos básicos a sálícos dependendo da composição do magma parental. Desse modo, um basalto moderadamente alcalino (sem apreciável hiperstênio e nefelina) poderia produzir diferenciados insaturados. Yoder e Tilley (1962) haviam mostrado já, que resíduos traquíticos podem ser originados de basaltos moderadamente alcalinos e sob condições de forte fracionamento o magma traquítico pode produzir resíduo fonolítico. Na Província Arco de Ponta Grossa existem associações do tipo basalto-traquito-fonólito formada possivelmente por estes processos de fracionamento e quanto aos equivalentes intrusivos, um aspecto significativo pertinente ao magma parental refere-se à existência de rochas básicas alcalinas em alguns maciços, tais como Itapirapuã e Tunas. Gomes e Dutra (1978) mostram que os processos de cristalização fracionada parecem ser de importância principal na formação dessas rochas.

Outro aspecto importante relacionado com a cristalização fracionada refere-se à lacuna composicional mencionada por Chayes (1963), na margem de composição $53 < \text{SiO}_2 < 57$ e $60 < \text{ID} < 65$, a chamada "Daly Gap", atribuída como de importância petrogenética. Este significado foi contestado por Le Maitre (1968) mostrando que essa lacuna é devido à discriminação nos processos eruptivos e não à escassez de magmas intermediários. Com relação à Província Arco de Ponta Grossa, à semelhança do Brasil Meridional, verifica-se duas populações principais de ID, com modas nos intervalos de 85-90 e 45-50 e uma escassez na margem de ID de 60-65 e 50-55 (magmas intermediários).

Quanto ao resíduo sálico do fracionamento do magma basáltico este é considerado em termos do sistema QNeKp "sistema petrogenético residual" e as principais feições deste sistema são discutidos por Bowen (1937); Fudali (1963) e Hamilton e Mackenzie (1965). Na Província Alcalina do Arco de Ponta Grossa observa-se duas tendências dos diferenciados sálícos, sendo a primeira representada pelas rochas alcalinas do Maciço de Tunas, coincidente com a área experimental determinada por Bowen (op. cit.) e a outra representada pelo Maciço de Itapirapuã, a qual constitui um campo deslocado em relação a essa área experimental, no sentido da kaliofilidade. Outra consequência direta deste diagrama refere-se aos diferenciados do Maciço de Tunas onde ocorrem, embora esparsamente, sienitos supersaturados coexistindo com sienitos insaturados. A passagem de um líquido supersaturado a insaturado pode ser explicada, segundo Edgar (1974), como consequência do efeito da pressão do H_2O no sistema, possibilitando a coexistência de duas fases divergentes.

Ainda em relação aos líquidos sálícos é interessante verificar as diferentes razões $\text{Na}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ como sugerido por Herz (op. cit.), tendo-se constatado valores maiores em Tunas e menores em Itapirapuã e Juquiã. Herz (op. cit.) admite que a composição e a espessura da crosta influem na natureza e diferenciação dos magmas sálícos que tenderiam a enriquecer-se em potássio ao atravessar massas continentais.

É interessante considerar ainda as duas populações de rochas alcalinas quando se trabalha com o índice qz (número de Niggli). A primeira com moda de -90 a -80 e outra de -30 a -20, coincidente aproximadamente com os resultados obtidos para as rochas alcalinas do Brasil Meridional. Se comparadas com as rochas basálticas, com um máximo entre -10 e 0, tem-se delimitadas 3 populações de rochas magmáticas na Bacia do Paraná.

Quanto às associações ultramáfico-alcalinas, com qz máximo entre -60 e -50 pode ser interpretada como proveniente de magma também desta natureza, rico em voláteis e cuja atuação dos elementos móveis como CO₂ e H₂O controlaria o tipo e a evolução deste. A presença do CO₂ neste tipo de magma é evidente e é demonstrada pela associação dessas rochas com carbonatito, caso típico de Juquiá e Jacupiranga, em situações análogas às descritas por Upton (1974) e Bailey (1974), embora o presente trabalho tenha sido mais restrito às interpretações do comportamento dos diferenciados máficos e sálicos da província.

BIBLIOGRAFIA

- ALGARTE, J.P. - 1972 - A influência dos arqueamentos cratônicos no condicionamento das alcalinas nos estados de São Paulo e Paraná. Congr. Bras. de Geol., 30, v. 1: 65-69, Belém (1).
- ALMEIDA, F.F.M. de - 1983 - Relações tectônicas das Rochas Alcalinas Mesozóicas da Região Meridional da Plataforma Sul-Americana. Rev. Bras. Geoc., 13 (3): 139-158.
- AMARAL, G. - 1978 - Potassium-argon age studies on the Jacupiranga Alkaline District, State of São Paulo, Brazil. Anais do I Simpósio Internacional de Carbonatitos, Poços de Caldas, Brasil, 257-302.
- BAILEY, D.K. - 1974 - Nephelinites and Ijolites. In: Sorensen, H. (ed.). The Alkaline Rocks, Wiley, N.Y., 53-66.
- BORN, H. - 1971 - O Complexo Alcalino de Juquiã. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, USP. 176p.
- BOWEN, N.L. - 1937 - Recent High Temperatures Research on Silicates and its significance in Igneous Geology. Am. Jour. of Sci., 233-234:1-21.
- BURRI, J.R. - 1964 - Petrochemical Calculations: based on equivalents (Methods of Paul Niggli). Jerusalem, Israel. Program for Scientific Translations, 304 p.
- CHAYES, F. - 1963 - Relative abundance of intermediate members of oceanic members of oceanic basaltic-trachyte association. J. Geol. Res., 68(5): 1519-1534.
- EDGAR, A.G. - 1974 - Experimental Studies. In: Sorensen, H. (ed.). The Alkaline Rocks. John Wiley, N.Y., 355-389.
- FREITAS, R.O. - 1947 - Eruptivas Alcalinas de Cananéia. Bol. Fac. Fil. Cienc. Letras, 91, Geologia 4.
- FUCK, M.A. - 1972 - Geologia do Maciço Alcalino de Tunas, Paraná, Brasil. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, USP.
- FUDALI, R.F. - 1963 - Experimental studies bearing on the origin of pseudoleucite and associated problems of alkalic rock systems. Bull. geol. Soc. Am., 74, 1101-26.
- GOMES, C.B. - 1967 - Petrologia do Maciço Alcalino de Itapirapuã, SP. Tese de Doutorado, IGUSP, 167p.
- GOMES, C.B. e DUTRA, C.V. - 1970 - Some Geochemical features of the alkaline rocks of Itapirapuã, SP. An. Acad. brasil. Cienc., 42(3):531-534.
- HAMILTON, D.L. e MACKENZIE, W.S. - 1965 - Phase - equilibrium studies in the system $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - KAlSi_3O_8 - SiO_2 - H_2O - Mineral. Mag., 34, (Tilley vol.) 214-31.
- HERZ, N. - 1977 - Timing of spreading in the South Atlantic. Information from Brazilian Alkaline rocks. Geol. Soc. of Am. Bull., 88: 101-112.
- KUNO, H. - 1968 - Differentiation of basalt magmas. In: Hesse, H.H. and Poldervaart, A. Eds. Basalts: The Poldervaart Treatise on Rocks of basaltic Composition, 2: 623-688, Intersciences, N.Y.
- COOMBS, D.S. e WILKINSON, J.F.G. - 1969 - Lineages and fractionation trends in undersaturated volcanic rocks from the East Otago Volcanic Province (New Zealand) and related rocks - J. Petrology, 10, 440-501.
- LE MAITRE, R.W. - 1968 - Chemical variation with and between volcanic rock series - a statistical approach. J. Petrol. 9, 220-252.
- MAC DONALD - R. - 1974 - The role of fractional crystallization. In: Sorensen, H. (ed.), John Wiley, N.Y., 422-459.
- MAC DONALD, G.A. e KATSURA, T. - 1964 - Chemical composition of Hawaiian lavas. J. Petrol., 51: 82-133.

- MELCHER, G.C. - 1954 - Nota sobre o distrito alcalino de Jacupiranga, São Paulo, Brazil. Div. Geologia, Notas prel., nº 84, 20p.
- MIESCH, A.T. - 1969 - Critical Review of Some Multivariate Procedures in the Analysis of Geochemical data. Math. Geol., 1 (2): 171-184.
- RUEGG, N.R. - 1975 - Modelos de variação química na província basáltica do Brasil Meridional. Tese de Livre Docência. Inst. Geoc., USP, 2v., 309 p.
- SIEE, W.B. - 1973 - Interpretation of Factor Analysis on Modal Data from the Red Hill Syenitic Complex. Math. Geol., 5(2):191-197.
- SOARES, R.M.C. - 1984 - Tratamento de Dados Químicos e Petrográficos de Rochas Alcalinas do Brasil Meridional. Tese de Doutorado. Inst. Geoc., USP . 316 p.
- ULBRICH, H.H.G.T. e GOMES, C.B. - 1981 - Alkaline rocks from Continental Brazil. Earth Sci. Rev., 17:135-154.
- UPTON, B.G.J. - 1974 - The alkaline province of South-West Greenland In. Sorensen, H. (ed.). The Alkaline Rocks, John Wiley, N.Y., 221-237.
- VISTELIUS, A.B.; IVANOV, D.N.; KURODA, Y.; RUIZ FULLER, C. - 1970 - Variation on of Modal Composition of Granitic Rocks in Some Regions Around the Pacif. Math. Geol., 2 (1): 63-80.
- YODER, H.S. e TILLEY, C.E. - 1962 - Origin of basalt magma: an experimental study of natural and syntetic rock system. J. Petrol., 3:342-352.

Nº	Nº Ref.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe _{tot}	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
01	1 ITAP	40.9	2.75	16.1	9.61	0.23	3.82	13.5	7.13	2.26
02	2 ITAP	43.4	2.15	17.70	8.69	0.27	3.24	12.40	6.96	3.47
03	3 ITAP	44.4	1.28	16.5	9.63	0.29	1.69	11.40	6.72	4.40
04	4 ITAP	47.5	1.00	17.5	7.97	0.21	0.24	9.31	6.20	6.76
05	5 ITAP	45.7	1.07	18.8	5.89	0.24	1.76	9.22	8.96	4.68
06	6 ITAP	44.2	1.50	18.0	8.94	0.28	1.65	8.64	8.76	4.13
07	7 ITAP	46.3	1.00	17.3	9.73	0.22	1.50	7.20	7.54	6.25
08	8 ITAP	48.1	1.00	19.2	5.84	0.13	1.28	6.55	7.32	7.45
09	9 ITAP	49.0	0.93	20.2	6.20	0.14	0.89	6.05	6.50	7.91
10	10 ITAP	49.8	0.55	21.0	6.93	0.21	-	4.00	8.63	6.81
11	11 ITAP	50.1	0.44	21.6	4.24	-	0.47	3.87	9.37	7.23
12	12 ITAP	48.0	0.37	22.7	2.58	0.07	0.42	3.59	11.30	7.00
13	13 ITAP	53.6	0.50	19.7	5.99	0.20	0.63	2.51	9.05	6.46
14	14 ITAP	53.9	0.12	24.0	3.97	-	0.21	2.20	7.80	5.97
15	15 ITAP	53.6	0.24	21.1	4.79	0.10	-	2.55	6.21	9.68
16	16 ITAP	52.8	0.60	21.4	5.24	0.19	0.10	1.90	8.18	7.16
17	17 ITAP	53.0	0.35	24.3	3.20	0.18	0.10	1.69	9.50	7.44
18	18 ITAP	53.0	0.58	21.6	3.51	-	0.12	1.69	10.40	6.88
19	19 ITAP	52.5	0.35	22.5	4.20	-	0.18	1.24	9.67	5.75
20	Tu-88	63.21	0.40	18.68	3.91	0.07	0.15	1.60	5.72	5.89
21	Tu-165	60.84	0.85	18.12	6.82	0.33	1.09	1.51	5.70	4.20
22	Tu-224	60.81	0.75	20.98	4.56	0.26	0.49	1.68	5.80	4.40
23	Tu-153	61.22	0.45	16.82	6.11	0.31	1.37	1.54	6.75	4.80
24	Tu-165a	59.16	0.85	17.43	8.48	0.27	1.37	1.26	6.35	4.60
25	Tu-172	61.73	0.31	17.71	5.76	0.07	0.08	1.57	7.16	5.36
26	Tu-218	61.11	0.30	20.73	5.56	0.26	0.50	0.01	7.05	4.35
27	Tu-186	60.48	0.15	17.86	6.03	0.32	0.87	0.10	8.90	4.05
28	Tu-149	48.79	1.40	21.81	9.43	0.19	2.82	10.20	4.05	0.99
29	Tu-171	47.42	1.85	24.24	8.40	0.18	3.71	9.14	4.05	0.91
30	Tu-173	49.30	2.55	21.63	9.19	0.23	1.18	11.07	3.45	0.91
31	Tu-185	49.38	1.70	20.60	7.88	0.23	5.48	7.15	5.20	1.87
32	Tu-219	44.86	4.25	24.72	11.13	0.21	5.77	4.88	3.53	0.44
33	Tu-207	55.45	0.80	22.02	6.68	0.25	1.46	4.16	6.20	2.41
34	Tu-209	56.70	1.50	21.75	5.44	0.24	1.81	2.80	6.35	2.90
35	Tu-230	54.39	1.20	20.75	7.10	0.21	2.94	3.81	5.70	3.43
36	Tu-225	56.48	1.20	20.35	6.31	0.23	0.83	7.01	5.70	1.68
37	Tu-228	56.88	2.25	15.45	9.25	0.29	1.57	5.83	5.55	2.17
38	Se-60	54.90	0.83	20.06	4.76	0.05	0.59	2.14	6.57	7.51
39	Se-84	54.30	1.04	19.52	5.27	0.08	0.60	2.79	6.10	7.22
40	Se-39	54.60	0.91	18.10	5.66	0.08	0.95	3.51	6.62	7.42
41	Se-11	46.50	0.93	18.60	7.40	0.04	1.95	6.73	7.95	6.39
42	S-27	50.70	0.62	18.79	4.85	0.03	1.55	4.69	7.26	8.59
43	Se-95	41.20	2.36	6.58	15.51	0.09	11.79	17.56	1.76	1.01
44	Se-25	41.70	1.36	6.58	15.06	0.15	19.74	11.66	3.68	0.04
45	Se-50	43.30	1.06	13.43	8.76	0.09	8.69	9.55	6.59	5.19
46	Se-103	38.60	2.72	10.37	13.86	0.09	12.93	13.46	1.94	3.55
47	S-7	41.50	1.58	17.02	9.11	0.03	4.72	11.26	8.13	3.05
48	D	41.80	0.01	16.44	16.10	0.01	3.91	13.68	5.49	3.99
163	01 JACU	38.58	4.32	6.15	19.84	0.16	11.47	18.60	0.78	0.13
164	02 JACU	39.60	4.00	4.70	15.10	0.01	13.30	21.60	0.06	0.03
165	03 JACU	49.81	2.24	16.34	8.38	0.01	2.97	6.69	5.51	4.17
63	01 CANA	59.10	0.01	17.30	7.20	0.19	1.50	4.20	5.30	4.10
64	02 CANA	65.60	0.01	17.50	3.40	0.13	0.24	1.20	5.90	4.50

Tabela 1 - Proporções de Óxidos de Elementos Principais (percentagem em peso), em amostras de rochas alcalinas dos maciços de Itapirapuã (Gomes, 1967), Tunas (Fuck, 1972), Juquiã (Born, 1971), Jacupiranga (Melcher, 1954) e Cananéia (Freitas, 1947).

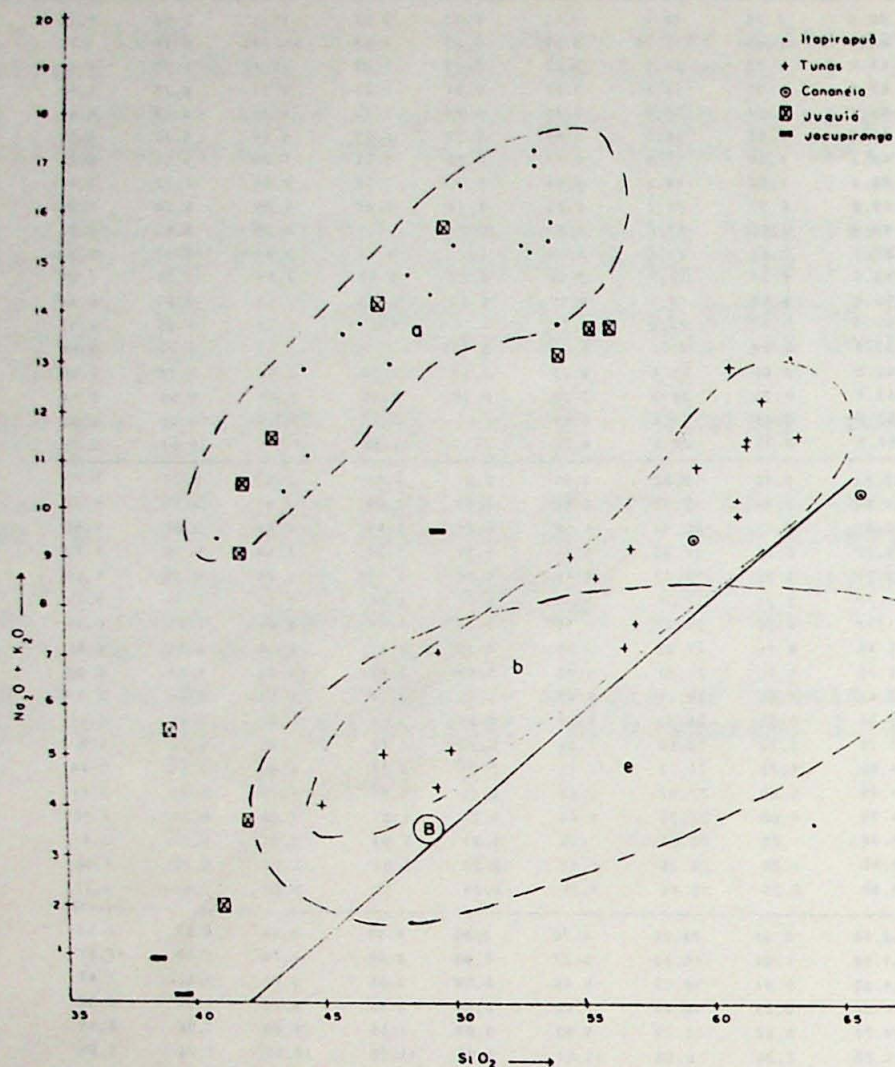


Figura 1 - Diagrama $\text{SiO}_2/\text{Alcalis}$ para as rochas alcalinas da Província do Arco de Ponta Grossa. Observa-se o traço do plano crítico de saturação de Mac Donald e Katsura (1964), o ponto B correspondente à média das rochas basálticas locais (Anomalia II, em Ruegg, 1975) e os campos composicionais de Itapirapuã (a), Tunas (b) e rochas basálticas da Bacia do Paraná (e).

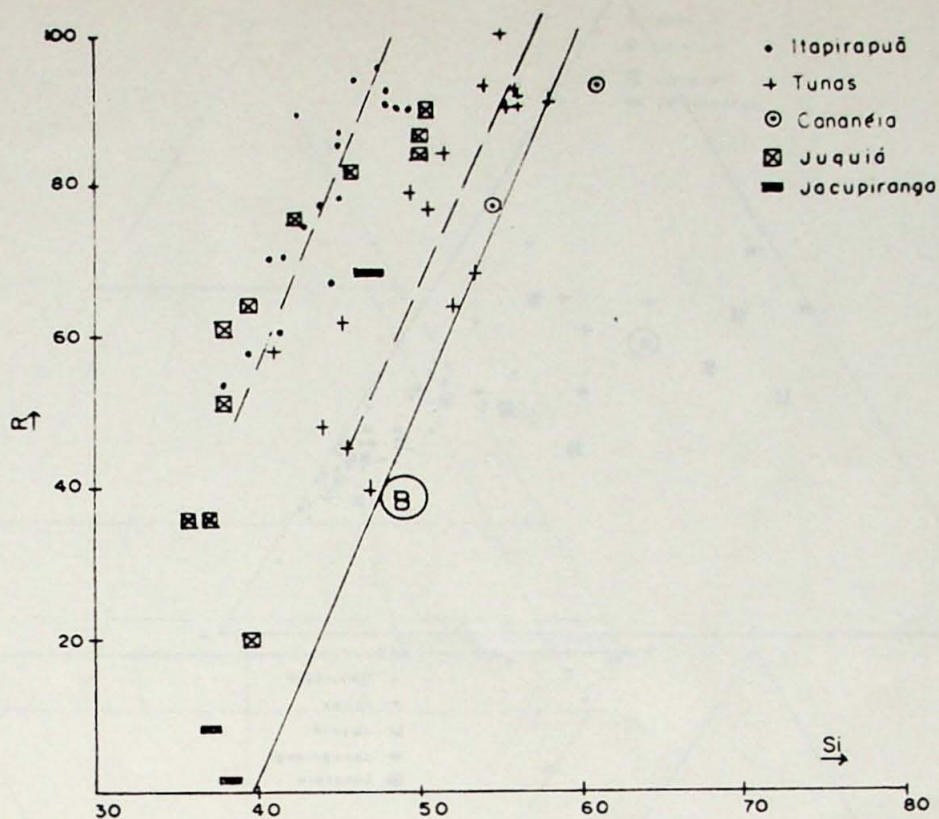


Figura 2 - Diagrama R/Si para as rochas alcalinas da Província do Arco de Ponta Grossa. Observa-se o traço do plano crítico de saturação ' de Jöng-Brousse e o ponto B correspondente à média das rochas basálticas locais (Anomalia II, em Ruegg, 1975).

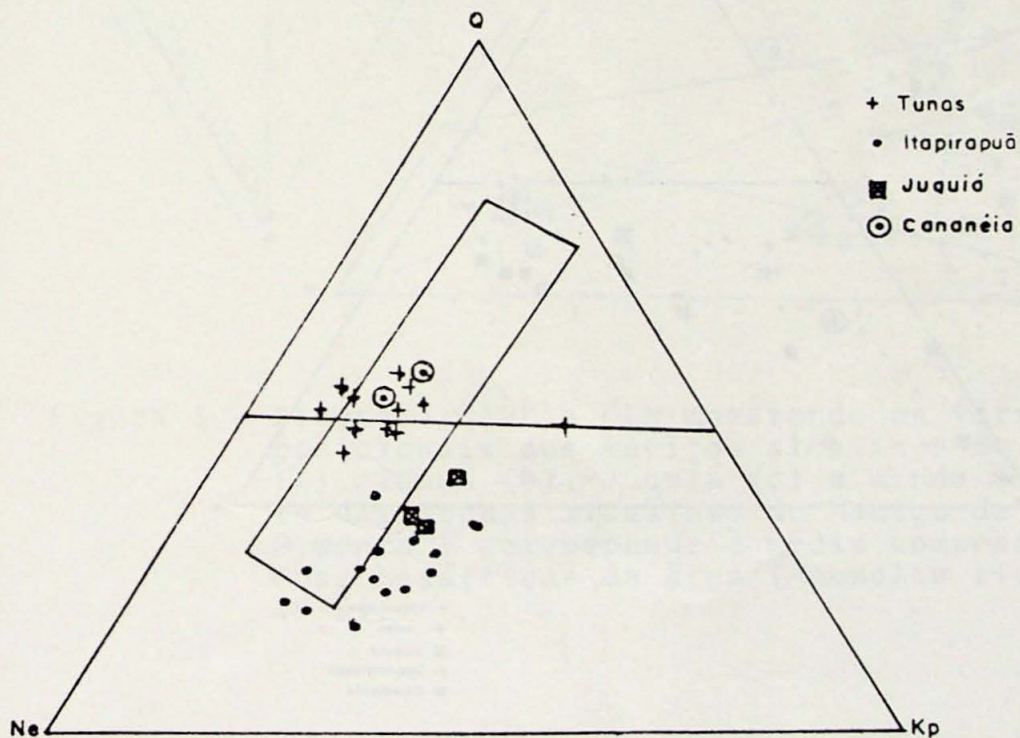


Figura 3 - Gráfico Q Ne Kp para as rochas alcalinas da Província ' do Arco de Ponta Grossa. Observa-se a posição das amos- tras em relação à área experimental determinada por Bowen, 1937.

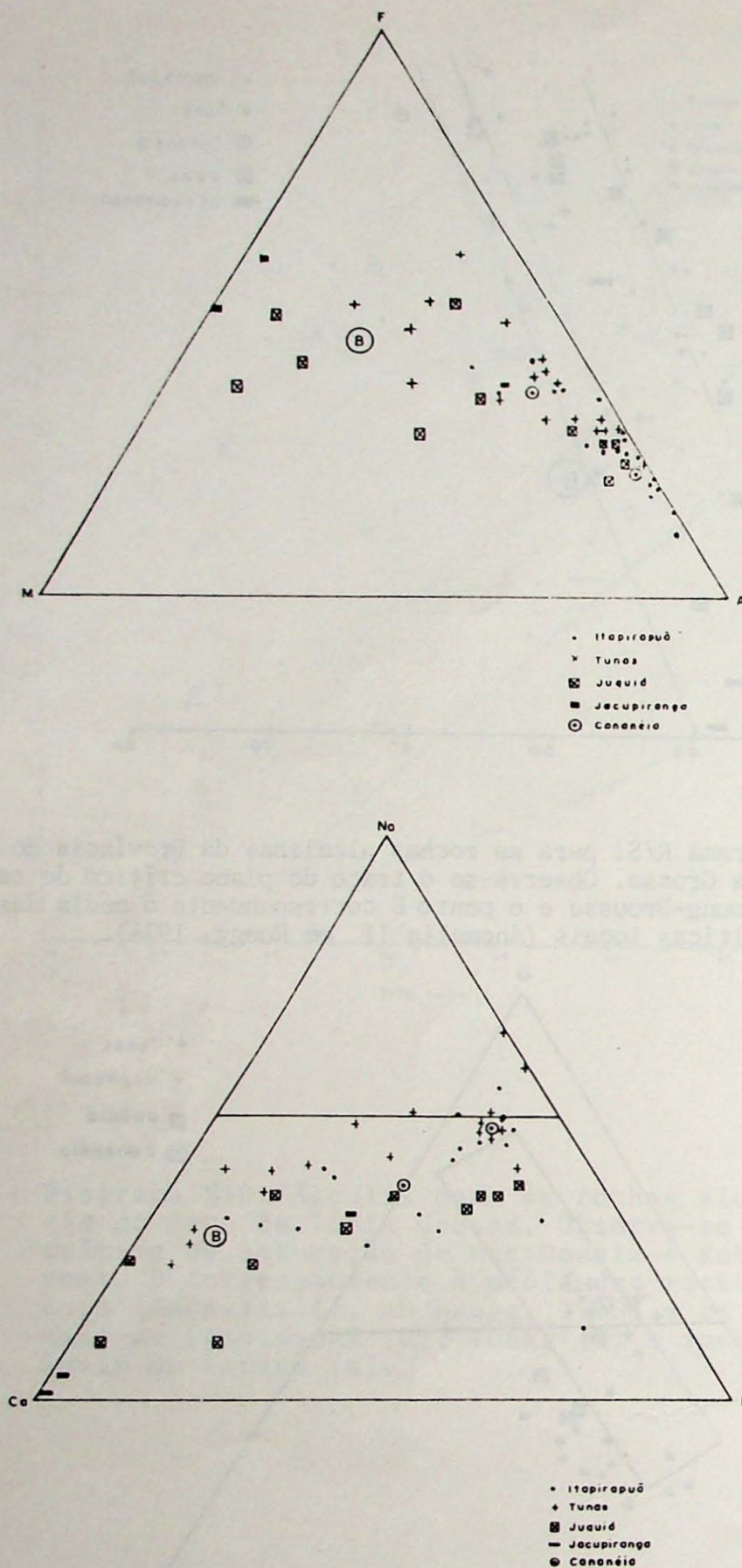


Figura 4 - Diagramas Triangulares Catiônicos para as rochas alcalinas da Província do Arco de Ponta Grossa. O ponto B representa a média das rochas basálticas da área (Anomalia II, em Ruegg, 1975).

a) Diagrama FMA

b) Diagrama Na Ca K

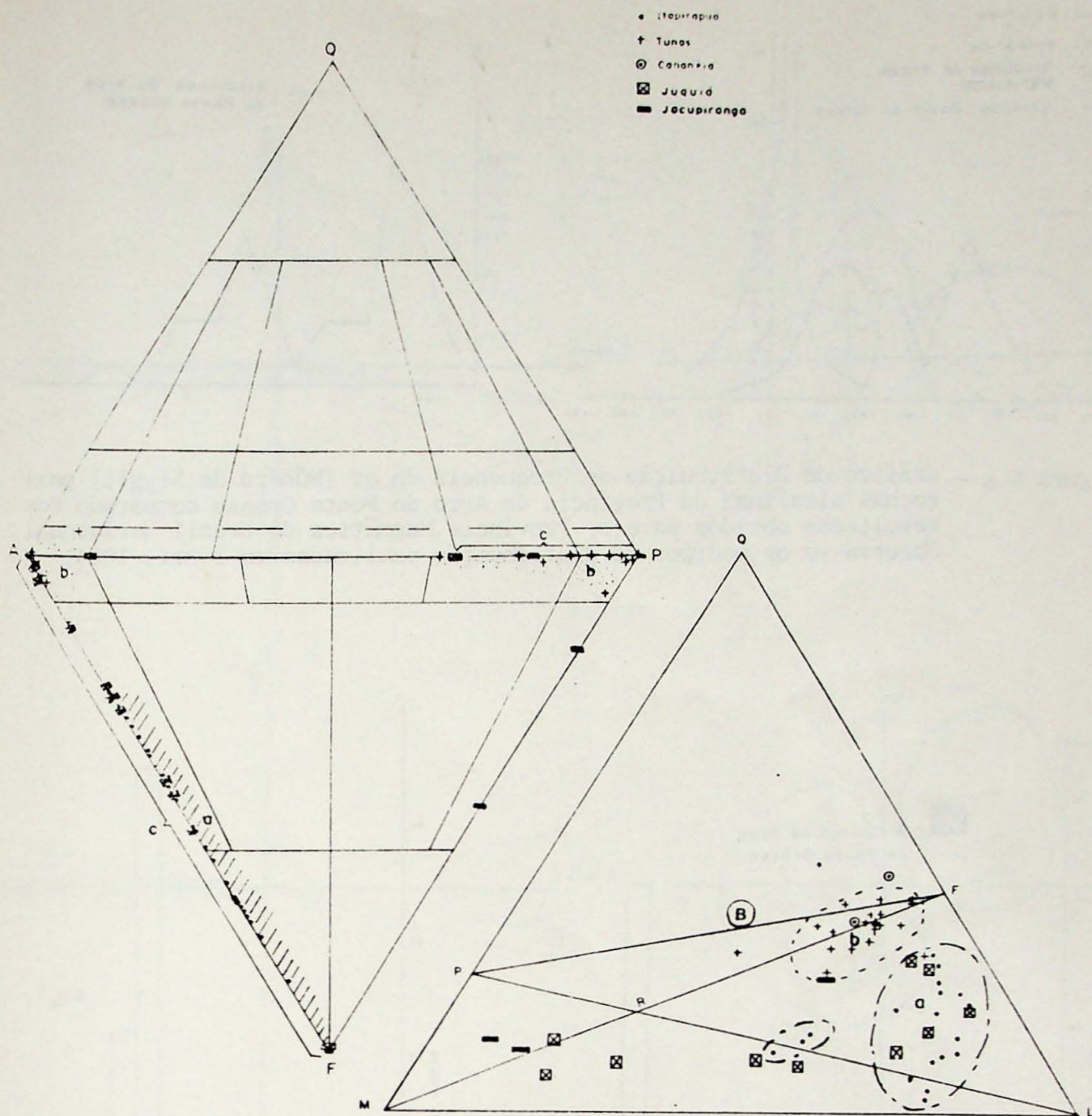


Figura 5 - Diagrama QAPF e QLM mostrando os vários campos com posicionais dos maciços alcalinos de Itapirapuã (a), Tunas (b), Juquiã (c) e ainda o posicionamento das rochas alcalinas do Maciço de Jacupiranga. O ponto B corresponde à média composicional das rochas basálticas da área (Anomalia II, em Ruegg 1975).

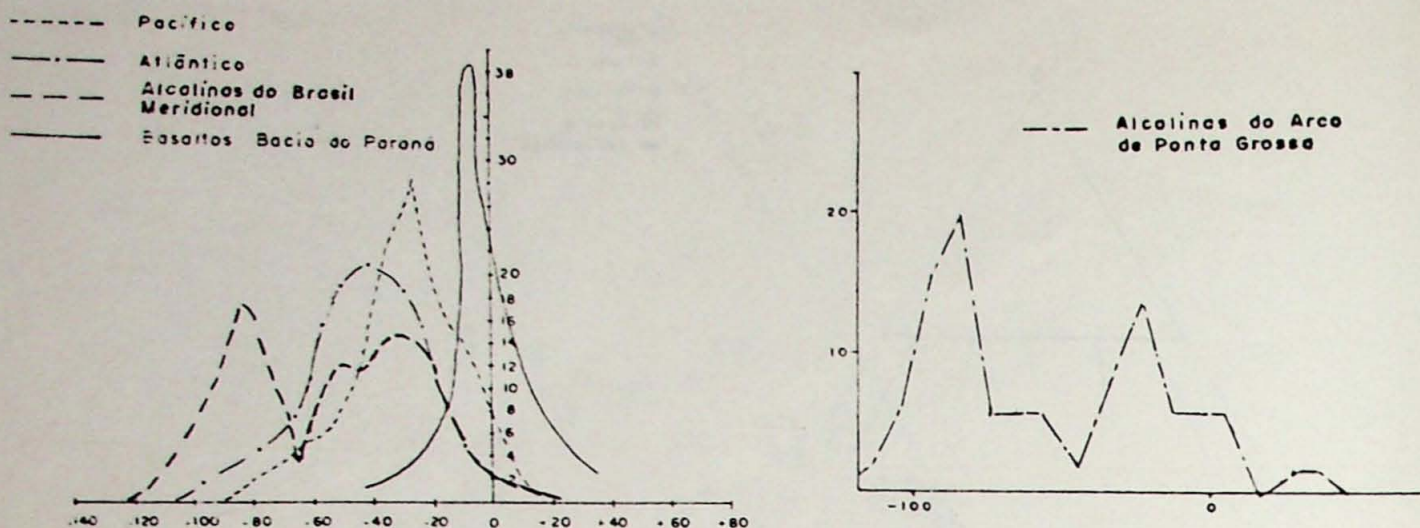


Figura 6.a - Gráfico de Distribuição de Frequência de qz (Número de Niggli) para as rochas alcalinas da Província do Arco de Ponta Grossa comparado com os resultados obtidos para a Província Magmática do Brasil Meridional. Observa-se os padrões de distribuição publicados em Burri, 1964.

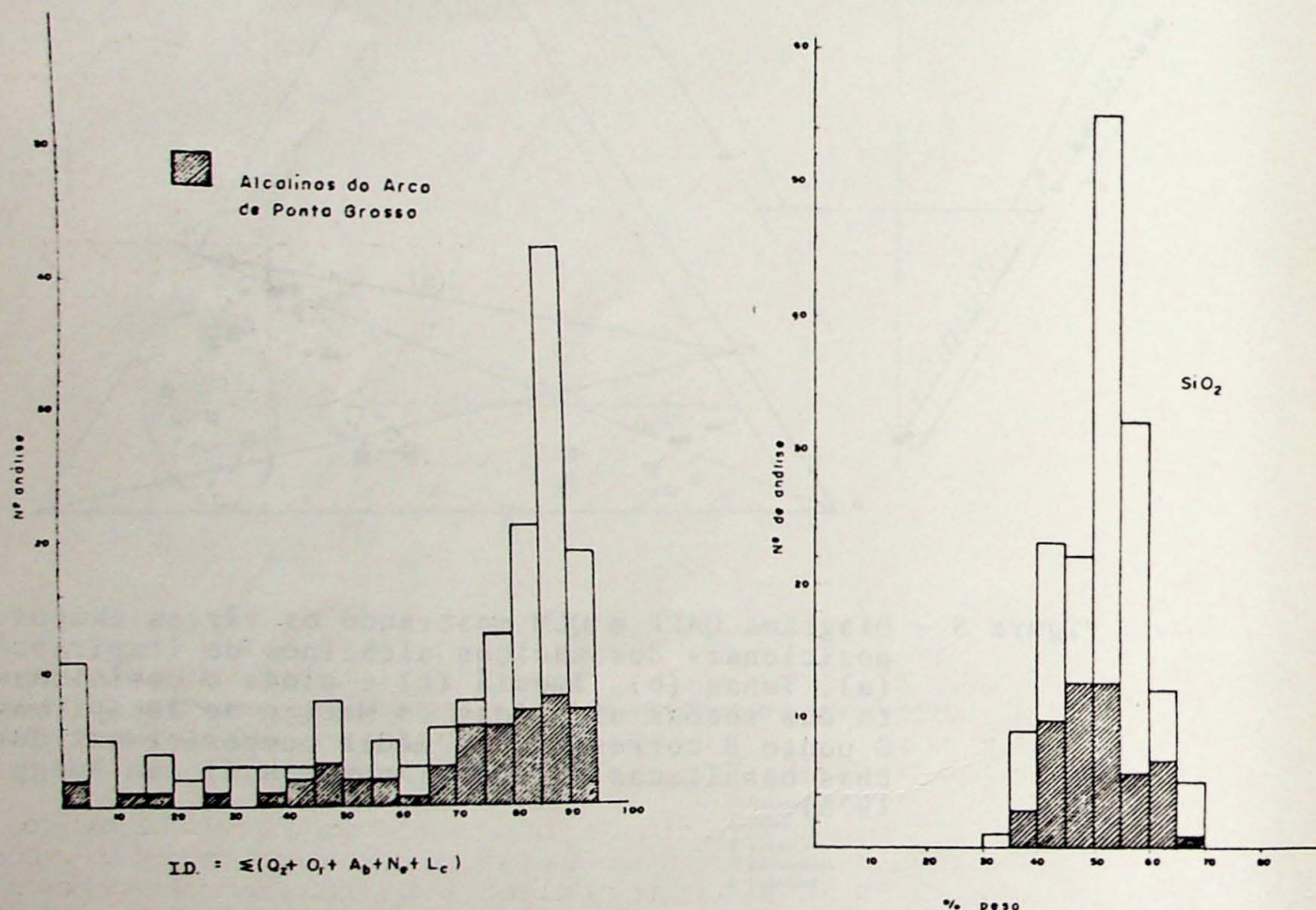


Figura 6.b - Gráfico de Distribuição de Frequência de ID e SiO_2 para as rochas alcalinas da Província do Arco de Ponta Grossa comparado com os resultados obtidos para a Província Alcalina do Brasil Meridional, em Soares, 1984. Observa-se um mínimo de ID na margem composicional entre 60-65%, coincidente com a lacuna composicional de Chayes (1963).

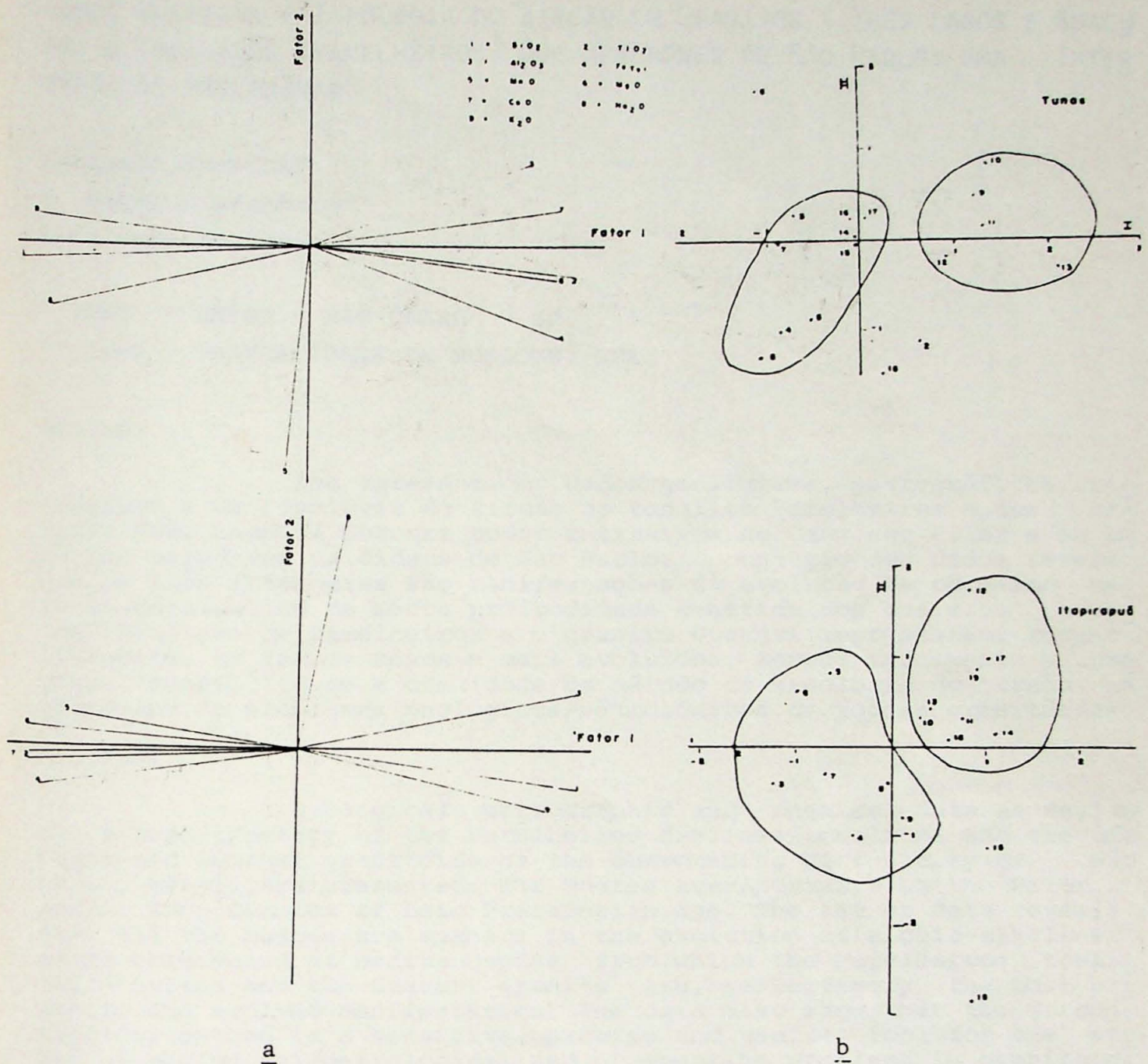


Figura 7.a - Gráfico de Análise Fatorial para as rochas alcalinas dos Maciços de Tunas e Itapirapuã. Verifica-se que em Tunas o Al_2O_3 apresenta correlação negativa com SiO_2 , Na_2O e K_2O enquanto em Itapirapuã o Na_2O apresenta correlação nula com os dois grupos de variáveis

b - Gráfico de Projeção das Amostras nos Eixos Fatoriais para os maciços de Tunas e Itapirapuã. Verifica-se a discriminação entre grupos em ambos os casos. Em Tunas, as rochas gâbricas, à direita, destacam-se dos sienitos alcalinos. Em Itapirapuã, o grupo da direita, os nefelina sienitos destacam-se dos melanita-nefelina sienitos.

