

ESTRUTURA E PETROLOGIA DOS NEFELINA SIENITOS DO MACIÇO ALCALINO DE POÇOS DE CALDAS: MG-SP: NOTA PRELIMINAR

H.H.G.J. ULBRICH*, M.N.C. ULBRICH,
 H. KAHN**, S. VLACH** e E. BAGNOLI**

Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Caixa Postal 20899,
 São Paulo, SP

ABSTRACT

A progress report is here presented, related to a research program dealing with the petrology of the large Poços de Caldas alkaline massif, southern Brazil. It was deemed necessary to remap the whole massif, from a petrological point of view, in order to define the different petrographic facies of the nepheline syenites (NeS). Mapping started at 3 different localities of the district. The first area is that of the lujaurite bodies, somewhat to the north of the city of Poços de Caldas. Detailed mapping showed that the lujaurites (Lu) are the central facies of small lopolithic-shaped bodies, which show constantly the following stratigraphy, from center to periphery: coarse-grained Lu, fine-grained border-facies Lu, trachitoid NeS, coarse-grained NeS (khibinite); details of the structure and an intrusion mechanism to match the observed pattern are briefly discussed. The second area is located within the massif (Morro do Serrote), in which at least 8 different types were mapped, 4 of which are NeS. The third area, currently being mapped, defines outcrops of the largest NeS intrusion of the massif, constituted entirely of a characteristic "hybrid" NeS. Others types of NeS are found as peripheric dike-like intrusions, invading mainly the outer tinguaitic rims. A brief summary of conclusions is given, based entirely on geological and petrographic data. Bulk chemical and microprobe work is currently under way.

INTRODUÇÃO

O maciço alcalino de Poços de Caldas é uma localidade clássica no mundo das rochas alcalinas. Seus primeiros estudos, que são de natureza petrográfica e foram publicados em 1887 e 1888, já revelam em parte a complexidade petrográfica e mineralógica do maciço. Contudo, somente em 1959 foi apresentado o primeiro

* Financiado pela FAPESP e CNPq

** Ex-bolsistas da FAPESP

mapa completo do distrito, realizado conjuntamente por Ellert, Coutinho e Björnberg (ver Ellert, 1959). Este trabalho mostra sobretudo que o extenso maciço (com seus mais de 800 km² e correspondendo a uma das maiores manifestações alcalinas do mundo), é constituído de variadíssimos tipos de rochas e que a sua localização foi provavelmente o resultado de demorado processo intrusivo subvulcânico. Trabalhos geocronológicos mais recentes (Amaral *et al.*, 1967; Bushee, 1974) confirmam as apreciações geológicas e demonstram que a história ígnea desse maciço começa a aproximadamente 87 m.a. — com os primeiros ankaratritos e algumas manifestações tufíticas, ainda preservadas no interior do maciço em depressões tectônicas — e culminaram a 53 m.a.; no entanto, os maiores volumes de magma foram colocados no distrito entre aproximadamente 80 m.a. (alguns dos tringuaítos dos “diques em anel”, ver Ellert, 1959) e 61 m.a., com o aparecimento da maioria dos nefelina sienitos.

Em conjunto, são inúmeros os trabalhos abordando aspectos mineralógicos, petrográficos, geoquímicos e geológicos do maciço. Entre as pesquisas mais recentes, destacam-se sobretudo as dos geólogos da Nuclebrás, em decorrência de planos de prospecção de jazidas de urânio (por exemplo, Utsumi *et al.*, 1971). Estes novos trabalhos revelam, contudo, que a complexidade do maciço é tão grande que, a juízo nosso, devem ainda considerar-se como preliminares os conhecimentos adquiridos até o momento (para maiores referências bibliográficas, ver Ellert, 1959, e Moniz, 1969).

OBJETIVOS DO PRESENTE TRABALHO

Foi nosso interesse lançar um programa de pesquisa do maciço a se concentrar principalmente nos aspectos petrológicos. Para tal, entendia-se que seria necessário uma definição detalhada dos tipos petrográficos e das características químicas (tanto de rochas como de minerais essenciais). Estudos preliminares destinaram-se à variada coleta de amostras do distrito, enquanto investigações de laboratório pretendiam definir a mineralogia e petrografia das rochas amostradas, visando estabelecer estatisticamente o conjunto litológico e tentando, de passagem, comparar essa petrografia com a de outros maciços (*e.g.*, Lovozero, Illimaussaq, Khibina, etc.), já detalhadamente descritos e estudados.

Ficou prontamente evidenciada a necessidade de se remapear partes do distrito. Com efeito, rochas tanto afaníticas (sobretudo tringuaítos), como de granulação grosseira mostravam abundantes evidências de variações faciológicas, portanto, deviam ser consideradas tipos intrusivos geologicamente diferentes. Os problemas referentes às idades relativas e às estruturas dos corpos intrusivos obviamente só poderiam ser resolvidos mediante adequado mapeamento em detalhe. Optou-se por começar com um programa que centralizasse as observações nos nefelina sienitos, que, por possuírem granulação grossa, representam o alvo que melhores perspectivas oferecia. Cabe lembrar, no entanto, que também tringuaítos mostram grande diversidade, distinguindo-se dezenas de tipos diferentes, sobretudo na base de características como textura (mais ou menos fina), densidade de fenocristais, presença de pequenos agregados de pseudo-leucita, e tipos de minerais acessórios (alguns dos quais, como “sodalita”, rinquita-rincolita, lamprofilita, enigmatita, eudialita, etc.,

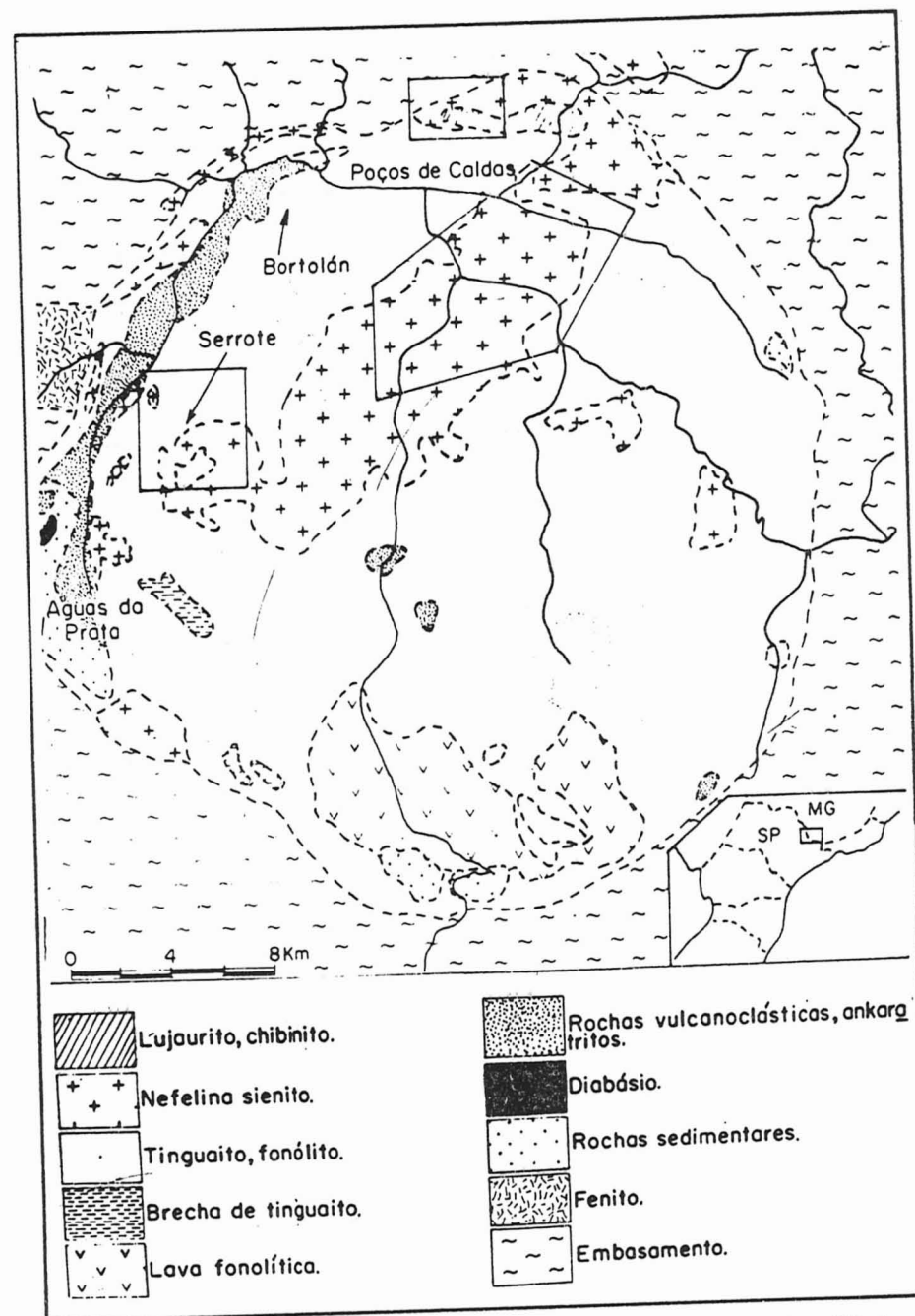


Figura 1 — Mapa do distrito alcalino de Poços de Caldas (segundo Ellert, Coutinho e Björnberg; ver Ellert, 1959). Indicam-se no mapa as áreas mapeadas em detalhe (para explicações, ver texto).

podem converter-se em minerais de abundância incomum nessas rochas finas). Definir no mapa essas diferenças é obviamente tarefa muito difícil e será eventualmente o alvo de uma segunda etapa do presente plano de pesquisa.

AS DIFERENTES FÁCIES DE NEFELINA SIENITOS

Apresenta-se na Fig. 1 um mapa do distrito alcalino de Poços de Caldas, baseado essencialmente no trabalho de Ellert, Coutinho e Bjönberg; o mapa mais recente dos geólogos da Nuclebrás (e.g., Utsumi *et al.*, 1971). Não mostra petrograficamente grandes diferenças em relação ao mapa dado na Fig. 1.

A distribuição dos afloramentos, segundo pode-se observar no mapa, é aproximadamente a seguinte: tinguaítos e fonolitos intrusivos, 78%; nefelina sienitos 13,5% e lujaunitos e chibinitos, 0,5%; lavas fonolíticas, 5%; rochas vulcanoclásticas, 3%. Dos 800 km², afloram portanto nefelina sienitos (*sensu latu*) em aproximadamente 112 km².

O objetivo desta primeira etapa do trabalho, ainda em andamento, foi a de definir faciologicamente os nefelina sienitos. As áreas já mapeadas em detalhe aparecem indicadas na Fig. 1; as escalas adotadas foram comumente as de fotografias aéreas utilizadas como referência (1:20.000 ou 1:60.000), exceção feita à zona do lujaunito da Pedra Balão (ao norte da cidade de Poços de Caldas), que foi mapeada em 1:5.000. Resumos dos resultados obtidos foram expostos no XXX Congresso Brasileiro de Geologia (Ulbrich e Vlach, 1978, Ulbrich *et al.*, 1978 a, b) e repetem-se com algum detalhe na presente comunicação.

As fácies petrográficas do Morro do Serrote e vizinhanças. Esta área caracteriza-se pela presença de dois proeminentes altos topográficos, os Morros do Serrote e do Serrotinho; o primeiro constituído quase que inteiramente de nefelina sienito, o segundo totalmente de pseudo-leucita fonolito. A área mapeada é de aproximadamente 7 km² (Figura 1). É grande a variedade de tipos petrográficos e conseqüentemente grande a complicação estrutural. Existem pelo menos quatro tipos de rochas porfiríticas e pelo menos quatro diferentes nefelina sienitos, todos eles com características petrográficas e geológicas muito bem definidas.

Entre os tipos faneríticos, que em todos os casos invadem as rochas de granulação fina, o mais importante é a rocha do Morro do Serrote. Este *nefelina sienito branco* apresenta textura foiaítica (ripas idiomórficas de feldspato alcalino, que aparecem como uma densa e não orientada malha textural para os demais minerais), e egrina como máfico principal; o acessório característico é a eudialita (1-3% da rocha). Outros minerais, (por exemplo, elpidita, rinquita-rincolita, lamprofilita, etc), ocorrem em quantidades muito menores. Muito raramente, observa-se que o nefelina sienito branco aparece como fácies pegmatítica, com granulação muito grossa e, paralelamente, aumento nas proporções de eudialita: só neste caso é que a rocha poderia merecer o nome de "chibinito" (ver, por exemplo, Johannsen, 1932) e ser comparada ao chibinito que aflora junto à Pedra Balão (ver secção seguinte).

Um segundo tipo petrográfico muito característico é o *biotita-nefelina-sienito*, comumente com granulação muito grossa e texturas não foiaíticas (com feldspato alcalino xenomórfico); biotita, na forma de pequenos livros, é o máfico importante ou mesmo único, sobretudo nas variedades mais grosseiras.

Um terceiro tipo é o *nefelina sienito cinza*, contendo pequena quantidade de egrina e exibindo texturas "xenomórficas". Ocorre na forma de um corpo tabular, provavelmente vertical (em partes limitado por falhas), de dimensões moderadas. Adicionalmente, observam-se uns poucos diques, entre os quais são muito característicos os de eudialita microsienito, que invade, o biotita-nefelina sienito e que aqui interpretados como manifestações colaterais da intrusão de nefelina sienito branco.

As observações geológicas sugerem que o nefelina sienito cinza foi o primeiro a se localizar, seguido posteriormente pelo biotita-nefelina sienito. A última manifestação corresponde ao nefelina sienito branco.

É interessante a observação dos afloramentos dessa última fácies. Os contatos apresentam-se, por um lado, com mergulhos verticais e, por outro, com mergulhos moderados ou até subhorizontais (como é sugerido pelas relações entre contato e topografia). Estas características indicam que se trata neste caso de um corpo com a forma de um funil ou de um cogumelo, com uma "raiz" de contatos subverticais e uma "copa" que extravasa sobre as encaixantes. Esta interpretação explicaria a presença, na área, de afloramentos isolados de nefelina sienito branco: seriam eles remanescentes de erosão, nas partes em que o corpo abre-se como um "derrame" sobre as encaixantes.

Um quarto tipo de nefelina sienito é uma variedade hololeucocrática de aspecto *porfiróide*, com marcada textura foiaítica e nefelina quase que totalmente convertida em natrolita. Encontra-se associado a falhas, perto do Morro do Serrotinho na localidade da Cascata, e não pode ser correlacionado diretamente aos outros sienitos. Contudo, essa fácies é vista também invadindo os tinguaítos no "anel" ocidental. Esta ocorrência é sugestiva de que esse nefelina sienito porfiróide — repetindo argumentos citados em Ellert (1959) e sobretudo em Amaral *et al.* (1967) — é uma variedade inicial e provavelmente anterior aos outros nefelina sienitos da zona.

Os corpos de lujaunito do Anel Norte. Uma área, com vários tipos diferentes de eudialita-nefelina sienitos, aflora de maneira descontínua perto do contato do maciço alcalino com o embasamento, ao norte da crista do Anel Norte de tinguaítos. Esta área cobre uns 5 km², dos quais boa parte da zona ocidental é inacessível a mapamaneios; a oriental, ao contrário, aparece exposta com pouca vegetação.

As rochas sieníticas com eudialita constam, do ponto de vista mineralógico e petrográfico, de dois tipos contrastantes. De um lado, aparecem os *lujaunitos*, rochas com marcado aspecto gnaissóide e geralmente mesocráticas (35-45% de máficos, entre os quais a egrina é o dominante). É notável, além da abundância de eudialita (tipicamente 1-5%), a presença de feldspato alcalino em forma de

Augen-gnaiss: as agulhas de egrina aparecem orientadas planarmente, formando folhas e bandas que rodeiam fluidalmente os cristais maiores de nefelina e os centimétricos de feldspato alcalino. De outro, distinguem-se em contraste aos lujauritos, vários tipos leucocráticos de eudialita-nefelina sienitos. Nestes tipos, egrina aparece em proporções menores e como prismas isolados e bem desenvolvidos. As texturas são foiaíticas, às vezes fortemente orientadas (*sienitos traquitóides*). Cabe menção ao *chibinito*, uma rocha especial entre esses tipos leucocráticos, que se caracteriza pela granulação grossa a muito grossa, e por apresentar grandes cristais isolados de egrina poiquilítica; é também a rocha com maior quantidade de eudialita (5-10%). Comparações com descrições da literatura indicam que o lujaurito de Poços de Caldas é praticamente idêntico ao observado em outras localidades (Pilansberg, na África do Sul; Lovozero, na Península de Kola; Illimaussaq, na Groenlândia); da mesma maneira, o chibinito associado é muito semelhante ao da localidade tipo de Khibina, na Península de Kola.

Mapeamentos geológicos de detalhe foram realizados na parte W desse conjunto de afloramentos (ver zona marcada na Fig. 1). Distinguem-se nessa parte dois corpos diferentes de lujaurito, separados entre si por pouco mais de 500 metros. Particularmente interessante é o *corpo ocidental*. É o menor dos dois, com marcada estrutura interna "lopolítica", com um eixo maior de aproximadamente 1,2 km de extensão e direção WSW-ENE. Na sua parte interior, consiste de um lujaurito de granulação grossa e muito inequidimensional (Lu I), cuja foliação subhorizontal tende a aumentar rapidamente seu mergulho para a periferia. Passa-se ali rapidamente a um lujaurito de granulação mais fina e com pouco eudialita (Lu II), que deve ser considerado como uma fácies de borda do Lu I, circundando-o como um delgado envólucro externo; entre estes dois tipos, existe uma completa concordância estrutural. Na parte externa do Lu II, verifica-se a presença — em contato direto com o Lu II — de dois diferentes nefelina sienitos traquitóides (NeS I e NeS II), sendo o primeiro rico em eudialita e de granulação média, enquanto que o segundo é pobre em eudialita, mais leucocrático e de granulação mais grossa. As estruturas desses dois tipos litológicos são concordantes com as do Lu II. A fácies mais externa a se apresentar é a do chibinito (NeS III), que só aparece como uma banda pouco desenvolvida para o norte e para o sul, porém expande-se para leste e oeste. A estratigrafia observada neste corpo é notável: do interior para a periferia, passa-se invariavelmente do Lu I para Lu II, e daí para NeS I (ou NeS II), e, finalmente, para o NeS III; caso de coexistirem num contato os dois nefelina sienitos traquitóides, a sequência é: Lu I — Lu II — NeS I — NeS II — NeS III. Estruturalmente, o lujaurito aparece subhorizontal na parte central e verticaliza-se nos contatos com os nefelina sienitos traquitóides, desenhando marcada estrutura de bacia. Por fora, estende-se o chibinito como uma "camada" subhorizontal; evidências geológicas indicam que diminui a espessura da lâmina da periferia para o centro, a tal extremo que é possível supor-se a inexistência de chibinito por baixo da parte central do corpo. As encaixantes deste corpo são tinguaitos, na parte sul (e inferior, como fica evidenciado pela distribuição de xenólitos tinguaiticos), e um novo nefelina sienito na parte norte. Este *nefelina sienito cinza* é um tipo hololeucocrático de granulação desde média até muito grossa, com pouco egrina agrupada em glomérulos máficos, e grandes feldspatos alcalinos xenomórficos. É um dos nefelina sienitos que aparece colocado na periferia do maciço.

O conjunto de observações permite estabelecer os seguintes pontos:

- 1) Todas as rochas citadas, desde o Lu I até o NeS III, estão estrutural e geneticamente associadas.
- 2) O nefelina sienito cinza é uma fácies petrográfica anterior ao conjunto de rochas lujauríticas-chibiniticas.
- 3) As observações geológicas indicam que o corpo não é estratiforme (i.e., cujas camadas foram formadas por "sedimentação" *in situ* em câmara fechada).
- 4) As características intrusivas do corpo, confirmadas por observações de detalhe, sugerem que a "massa" lujaurítica foi a primeira a ser colocada, seguida — num processo essencialmente contínuo de injeção — pelo magma chibinitico.

O *corpo oriental*, alongado no sentido E-W, é o maior dos dois, com um comprimento de aproximadamente 1,5 km. Os afloramentos, contudo, são pouco satisfatórios. O Lu I representa a maior parte do corpo; Lu II só foi observado no contato ocidental, onde também aparecem por fora, NeS I e, finalmente, NeS III. No resto do perímetro, os afloramentos são muito pobres, não sendo possível verificar-se a existência de um envólucro de Lu II; o Lu I parece estar diretamente em contato com as encaixantes (tinguaitos na parte sul e nefelina sienito cinza na parte norte).

Os dois corpos de lujaurito estão aproximadamente à mesma altura topográfica; não existem fundamentos para supor-se que os dois pertencem à mesma câmara magmática, ou que estejam relacionados por falhamentos. A explicação mais razoável é a de que esses corpos foram colocados, por processos de injeção, em pequenas câmaras magmáticas separadas.

O *nefelina sienito híbrido*. Aflora na Pedreira da Prefeitura, perto da estrada que liga Poços de Caldas a Botelhos. Trata-se de uma rocha fanerítica muito característica, com marcadas variações faciologicas. Predomina um tipo litológico com textura foiaítica (média até grossa) de aspecto "manchado", por conter feldspato alcalino de maior tamanho com coloração cinzenta ao lado de um outro de menores dimensões com aspecto esbranquiçado. Junto a este, existem outros tipos, em partes totalmente róseos, em parte de granulação fina até média. Uma das características desse nefelina sienito consiste na presença constante de xenólitos de tinguaito. Estes possuem formas desde subangulosas até arredondadas. Em partes, só se observam relictos "fantasmas" de xenólitos anteriores; também uma zonalidade textural é freqüentemente observada, com as bordas dos xenólitos apresentando granulação mais grossa que a dos centros. Não cabe dúvida quanto ao forte efeito de assimilação, por parte do magma sienítico: propõe-se, portanto, o termo "nefelina sienito híbrido" para a rocha de aspecto manchado e os outros tipos associados. Ao microscópio, observa-se neste sienito que alguns feldspatos e, sobretudo, os piroxênios, são zonados, com núcleos de augita e bordas mais ou menos irregulares de egrina. A titanita é o acessório importante.

Este nefelina sienito forma um dos maiores corpos do distrito, aflorando em área superior a 30 km² (ver área assinalada na Fig. 1). Os contatos ocidentais são

abruptos em detalhe: observa-se claramente que o nefelina sienito invade os tinguai-
tos, não existindo passagens gradativas. Em partes, forma-se "zonas de contato",
com muitos xenólitos no sienito e com veios e pequenos diques de sienito invadindo
mais ou menos irregular e difusamente os tinguai-
tos. A topografia e as observações
de detalhe nessa área ocidental mostram que o contato mergulha moderadamente
para o ocidente. Na zona central do corpo de nefelina sienito (por exemplo, perto
da represa Saturnino Britos), observam-se pequenas "calotas" de tinguai-
to, clara-
mente visíveis inclusive como manifestações topográficas; são estes restos do teto
tinguaítico, ainda não removidos pela erosão. No contato oriental, ao contrário,
aparecem em dois ou três lugares, janelas erosivas no contato inferior do sienito,
através das quais observa-se tinguai-
to.

Estes dados mostram tratar-se de um corpo — pelo menos na área mapeada
até o momento — de formas assimétricas, apresentando uma "raiz" ocidental que,
para o oriente, estende-se como lâmina de atitude subhorizontal.

Os nefelina sienitos periféricos. Na periferia do maciço, e em relação mais ou
menos direta com os tinguai-
tos dos Anéis Norte e Oeste (este último de pouca
expressão topográfica), ocorrem três nefelina sienitos diferentes. Dados prelimina-
res (sobretudo do tipo geocronológico, ver Amaral *et al.*, 1967; Bushee, 1974) suge-
rem tratar-se de nefelina sienitos iniciais, desvinculados, portanto, geologicamente
dos nefelina sienitos dos complexos lujauríticos e dos que aparecem no interior do
maciço (ver secções anteriores). Na parte periférica Oeste do maciço, distinguem-se
dois tipos distintos. Um deles é o já citado nefelina sienito porfiróide (ver secção
anterior). Apresenta-se como fácies intrusiva periférica perto da localidade de Cas-
cata. Outro tipo aparece como marcado "dique", a oeste da Represa Bortolan
(ver Fig. 1). Predomina nesta manifestação um nefelina sienito branco e de granu-
lação grossa. Um terceiro tipo periférico é encontrado como faixas no Anel Norte;
aflora perto do contato com o embasamento, do qual parece estar geralmente sepa-
rado por uma "zona de contato" (constituída por embasamento irregularmente
invadido por diques, veios e corpos vários de tinguai-
tos). É este o já citado nefelina
sienito cinza do Anel Norte (ver secção anterior). Petrograficamente, esses três tipos
de nefelina sienitos são distinguíveis pelo teor baixo em máficos e minerais acessó-
rios e pela granulação às vezes muito grossa.

A EVOLUÇÃO DOS NEFELINA SIENITOS

As relações existentes entre os diferentes nefelina sienitos constam da Tabe-
la I.

Já é possível indicar várias características da evolução dos nefelina sienitos,
dentro de um marco de interpretações petrológicas:

- a) Os vários nefelina sienitos periféricos são de natureza miasquítica; com
efeito, aparecem neles os minerais acessórios que são considerados típicos
de "suites" miasquíticas (por exemplo, Sørensen, 1974).

Tabela 1 — Relações geológicas de alguns nefelina sienitos de Poços de Caldas.

	Morro do Serrote e vizinhanças (e Anel W)	Pedra Balão e vizinhanças (e Anel N)	Interior do maciço
b) Intrusões da fase sienítica	NeS branco — ? — Biotita NeS NeS cinza	{ NeS III NeS I — II Lujaurito I — II	
a) Intrusões da fase	NeS porfiróide — ? — (e NeS branco do Anel W)	NeS cinza — ? —	NeS híbrido do Anel N

NeS : nefelina sienito.

Fase sienítica : caracterizada por idades de aproximadamente 60 m.a.

Fase inicial : geralmente, intrusões periféricas; contudo, não existem dados geo-
cronológicos para uma melhor caracterização.

- b) É igualmente miasquítico o nefelina sienito híbrido (por exemplo, o aces-
sório principal é a titanita). Este nefelina sienito, em particular, invadiu
primeiramente com um magma pouco peralcalino (como indicado pelos
núcleos augíticos dos piroxênios) e foi mudando a sua característica quí-
mica, até permitir a cristalização final de egirina. Processo importante
nessa evolução foi provavelmente o da assimilação de tinguai-
tos fortemente agpaíticos.
- c) Minerais como rinquita, eudialita, catapleita, lamprofilita, astrofilita e
outros são indicadores do caráter agpaítico da rocha (ver por exemplo,
Sørensen, 1974, e sobretudo Edgar, 1977). Em Poços de Caldas, é a pre-
sença desses minerais em quantidade abundante que caracteriza como
rochas agpaíticas os seguintes tipos: o nefelina sienito branco do Morro do
Serrote e todas as fácies petrográficas dos corpos lujaurítico-chibiníticos.
- d) Nos corpos lujauríticos, mostra-se claramente que o processo intrusivo é
muito complexo. Fica, também, esclarecido que a evolução é de termos
miasquíticos (o nefelina sienito cinza do Anel Norte, encaixante para os
lujauritos) até tipos fortemente agpaíticos.
- e) Obtém-se idêntico panorama na zona do Morro do Serrote. A evolução
nessa área é também de tipos miasquíticos (nefelina sienito cinza) para
agpaíticos.
- f) Deve-se salientar ainda algumas das características estruturais. Além dos
cornos com contatos subverticais, aparecem muito freqüentemente os

- outros, colocados como faixas ou lâminas subhorizontais (lujaunitos, nefelina sienito branco do Serrote, etc.).
- g) Não existem indicações de passagem gradativa de tipos faneríticos para tipos afaníticos. Em todos os casos, existem claras evidências de contatos abruptos.

BIBLIOGRAFIA

- BUSHEE, J. - 1974 - Geology and petrography of the lujaunit and nearby rocks. Ph.D. thesis, Dept. of Geology and Geophysics, University of California, Berkeley, 137 pp.
- ELLERT, R. - 1959 - Contribuição à geologia do maciço alcalino de Poços de Caldas. Bol. Fac. Fil. Ciênc. Letras, USP, 23: 5-63.
- MONIZ, A.C. - 1969 - Estudo mineralógico de argilas do maciço alcalino de Poços de Caldas. Fac. Fil. Ciênc. Letras, USP, nº 304, 134 pp.
- SØRENSEN, H. - 1974 - Alkali syenites, feldspathoidal syenites and related lavas. Em: Sørensen, H. (ed.): The alkaline rocks, pp. 22-52. John Wiley, Nova Iorque.
- UTSUMI, O., OLIVEIRA, A.G., PARISI, A.C.A. e WILLIAM, D.D. - 1971 - Roteiro de excursões: Poços de Caldas. XXV Congr. Bras. Geol., Bol. Especial, 2: 7-13.
- ULBRICH, H. e VLACH, S. - 1978 - O nefelina sienito híbrido do maciço alcalino de Poços de Caldas, MG. XXX Congr. Bras. Geol., Bol. 1: 93-94.
- ULBRICH, H., KAHN, H. e BAGNOLI, E. - 1978a - As fácies petrográficas da zona do Morro do Serrote, Poços de Caldas, MG. XXX Congr. Bras. Geol., Bol. 1: 91-92.
- ULBRICH, H., ULBRICH, M. e BAGNOLI, E. - 1978b - Estrutura e petrografia do lujaunito de Poços de Caldas, MG. XXX Congr. Bras. Geol., Bol. 1: 92.