

APRECIACÃO GEOLÓGICA E PETROGRÁFICA DE ALGUMAS ROCHAS BÁSICAS DE SANTOS

ERNESTO PICHLER e JOÃO ERNESTO DE SOUZA CAMPOS

(Da Universidade de São Paulo)

ABSTRACT

In the present paper the authors present some data on the geology of Santos considering particularly the occurrences of basic rocks. The geologic map shows the main occurrences of these rocks, indicating their respective geologic coordinates. A rather detailed petrographic study of rocks, sampled at the occurrences of São Vicente and ilha Porchat, revealed that the first one was a lamprophyric dike with a high percentage of olivine whereas the rock of the ilha Porchat was classified as diabase. It is the opinion of the authors that these occurrences originated at different geologic times, and that the olivinic rocks of São Vicente, whose origin is likely to be connected with the epeirogenic movements of the serra do mar, are younger than the diabase of the ilha Porchat.

INTRODUÇÃO

Na estrutura geológica e petrográfica de Santos e arredores imediatos destacam-se três formações diversas. A formação pré-cambriana, constituída por xistos, gnaisses e granitos; a quaternária, constituída de areias e argilas de fácies marinho e intrusivas básicas diversas, cortando as rochas cristalinas do pré-cambriano. Baseado no reconhecimento dos afloramentos observados, foi desenhado o mapa geológico da região, indicando a distribuição das diversas formações mencionadas e em particular algumas das ocorrências das rochas básicas.

FORMAÇÕES PRÉ-CAMBRIANAS

Admite-se, de modo geral, ser a região de Santos constituída de rochas cristalinas pré-cambrianas, xistos, gnaisses, e granitos que, qual ilhas afloram na planície quaternária. Logo na entrada de Santos, sofre a estrada de rodagem São Paulo-Santos, perto do cemitério do Saboó, um estrangulamento no morro de São Bento, notando-se ser a rocha constituída de gnaiss granitizado. Mais adiante, quando se passa para o morro do Fontana, observa-se, encaixados no gnaiss e concordantes com êle, diversas zonas de biotita xisto, cuja largura ultrapassa um metro. No próprio morro do Fontana depara-se, logo na sua base, uma pedreira abandonada. Consiste a rocha aí de gnaiss granitizado, observando-se também faixas de xisto, assim como pegmatitos. Conforme se verifica no mapa geológico, estendeu-se a formação cristalina dos morros em di-

reção nordeste, passando pela bacia de São Vicente. É interessante notar que a rocha que aflora nas pedreiras de São Vicente, no morro de Voturuá, é um granito de textura fina, coloração predominante cinza, aparecendo porém, algumas faixas de coloração creme. Na Ilha Porchat novamente reaparece o gnaiss. Apresenta êste, aí, xistosidade mais pronunciada que a observada do lado da entrada de Santos. São mais frequentes aqui também as faixas de xisto. Êste xisto é do mesmo tipo que o observado no morro de São Bento, ocorrendo porém, aí, com mais frequência, mas com menor possança.

FORMAÇÃO QUATERNÁRIA

A formação quaternária, que na extensão do mapa geológico é de fácies marinho, consiste de argilas siltosas com matéria orgânica e areias finas que se estendem numa sequência alternada, à profundidade superior a 50 metros.

OCORRÊNCIAS DE INTRUSIVAS BÁSICAS

Ocorrências de rochas intrusivas básicas, objetivo principal dêste trabalho, foram registradas em três lugares:

- a) — na pedreira de São Vicente;
- b) — na Ilha Porchat e
- c) — no tunel rodoviário que atravessa o morro do Fontana.

Neste trabalho procurar-se-á estudar as duas primeiras ocorrências. As intrusivas que atravessam o morro do Fontana no tunel rodoviário serão objeto de um outro estudo.

- a) — A ocorrência na pedreira de São Vicente consiste de três diques que aí atravessam o granito. O dique principal tem espessura de cêrca 30 cm e atravessa a rocha encaixante, segundo a direção N 70°E, tendo mergulho praticamente normal. Dado o estado de alteração pronunciada da rocha intrusiva na superfície e sendo parcialmente coberto pelos detritos da pedreira, fàcilmente escapa à observação. A fotografia n.º 1 apresenta um aspecto dêste dique.

A uma distância de aproximadamente 100 metros dois diques menores, paralelos ao primeiro, foram registrados. Têm êles espessura de não mais de 10 cm, sendo a rocha muito menos alterada que o dique maior.

- b) — A segunda ocorrência de rochas básicas observada é a da ilha Porchat. É esta sem dúvida, a ocorrência mais importante de tôdas as que foram observadas. A foto-

grafia n.º 2 apresenta um aspecto dêste dique. A rocha encaixante é um gnaiss que apresenta xistosidade pronunciada, observando-se mesmo zonas de biotita xisto puro (fotografia n.º 3). Encontra-se aqui ainda extensos veieiros de pegmatitos como o mostra a mesma fotografia. A direção do gnaiss varia de N 14°W a N 34°W sendo o mergulho praticamente sempre normal.

O dique de rocha básica atravessa o gnaiss quase normalmente. A sua direção ao longo da face de contacto com o gnaiss é de N 30°E com mergulho normal, ou pouco inclinado para fora. Nota-se que o dique teve inicialmente espessura de 15 metros mais ou menos, sendo erodido no correr do tempo parte do mesmo, de maneira a formar um vale estreito, tendo do lado oeste o antigo paredão de contacto gnaissico e do lado leste a escarpa formada pelo dique cuja espessura atual é reduzida a 8 m aproximadamente. Não se figura impossível a idéia de uma fratura tectônica ou falha ao longo do plano de contacto do dique com o gnaiss encaixante. Conforme se observa nas fotografias n.º 4 e 5, apresenta o dique certa disjunção colunar, com o eixo longitudinal principal praticamente normal a face do contacto leste, face que pode também ser vista nessas fotos.

- c) — Considerando a modalidade de apresentação das rochas descritas, assim como o seu respectivo caráter petrográfico, parece poder concluir-se que se trata de intrusões distintas de idades geológicas bem diversas. O diabásio da ilha Porchat apresenta textura holocristalina das rochas consolidadas em profundidade, ao passo que a rocha dos diques da pedreira de São Vicente mostra ter cristalizado próximo a superfície, como o indicam as amígdalas abundantes que contém. Tanto a primeira como a segunda variedade de intrusivas básicas, devem ter a sua origem ligadas aos movimentos epeirogênicos, que tiveram lugar no fim do terciário ou no começo do quaternário. Possível admitir, ser o diabásio da ilha Porchat, que apresenta características petrográficas semelhantes à rocha que se encontra numa pedreira localizada ao lado da Via Anchieta, logo no início da descida da serra, geologicamente mais antigo que as intrusivas de São Vicente. Não é permitido entretanto em face dos elementos de que se dispõe ser muito positivo a respeito.

Em face da modalidade de apresentação das diversas ocorrências mencionadas, que sugeriram a conveniência de um melhor conhecimen-

to dos mesmos, julgou-se justificada uma amostragem completa nas mesmas para efeito do respectivo estudo petrográfico.

ESTUDO PETROGRÁFICO

Rocha Pv (a) — dique lamprofírico da pedreira Voturuá (São Vicente)

Exame macroscópico

Rocha homogênea, compacta, afanítica, de cor cinzenta-esverdeada escura, ultra-melânica, exibindo, às vezes, finas veias e amígdalas preenchidas por material claro. Apresenta fratura conchoidal a plana e superfícies planas delimitando formas prismáticas decorrentes de diaclasamento. Tratada com HCl dá reação com efervescência não só em sua superfície como especialmente nas vênulas e amígdalas. Pulverizada, os fragmentos resultantes são facilmente atraídos pelo imã. O pó é parcialmente solúvel nos ácidos, com efervescência, resultando solução amarelo-esverdeada muito acentuada que dá reação característica de Fe em presença de KCNS. Pêso específico = 2,994.

Exame microscópico

A textura exibida pela rocha é panidiomórfica porfirítica (Fig. 1). Os principais fenocristais encontrados são os de *olivina*, por vezes idiomorfos, exibindo hábitos prismáticos, clivagem, alteração e reabsorção incipientes (fotomicrog. 1). Alguns fenocristais também de *titanoaugita*, sendo por vezes zonados (fotomicrog. 2).

No feltro foi possível identificar cristais de *biotita*, às vezes exibindo faces (001), ripas (microlitos) do piroxênio acima citado e cristais de *magnetita*, numerosos e de diferentes tamanhos, exibindo, por vezes, hábito octaédrico, identificáveis também pelo comportamento de fragmentos da rocha em presença do imã. Ocorrem também vênulas preenchidas por *calcita* e amígdalas por *calcita* e *analcita* (Fig. 2 e fotomicrog. 3). Em uma das amígdalas (Fotomicrog. 4) em que ocorrem cristais idiomorfos de *analcita* foi possível confirmar-la procedendo a medida, na platina Universal, dos ângulos $211\wedge 121=33^\circ$ e $211\wedge 2\bar{1}\bar{1}=48^\circ$. Outro dado seguro para sua identificação foi verificação de clivagens seg. (100) em alguns exemplares dos cristais das amígdalas. A massa fundamental, isótropa, não foi identificada diretamente em lâminas ao microscópio, mesmo quando em uma delas procurou-se reduzir ao mínimo a espessura ($\pm 15 \mu$). Para procurar resolver o problema foi um fragmento da rocha finamente pulverizado (peneira 150 mshs.) e o pó resultante submetido por centrifugação em bromofórmio com o objetivo de isolar o material

siálico encontrado exclusivamente na massa fundamental. O material mais leve, assim separado, filtrado e sêco em estufa, foi submetido aos seguintes ensaios:

a) — *exame macrocópico pelo método da imersão*

Alguns dos grânulos examinados mostrando fraca birrefringência, exibiram índices de refração em redor de 1,49 dando, por conseguinte, a impressão de se tratar de *analcita* ou de *sodalita*. Como, entretanto, a pulverização da rocha poderia ter acarretado também a trituração do material que preenche as amígdalas (o que sem dúvida deve ter acontecido, pois foram também identificados muitos grânulos de *calcita*) e conseqüentemente da *analcita* ali presente, não ficou satisfatoriamente resolvido o problema no que concerne a natureza do material da base. Ficou entretanto, de certa maneira, excluída a possibilidade de ser o material da base constituído de substância vítrea pois segundo Grout (1932) esta apresentaria índice superior a 1,56.

b) *tratamento por HNO₃, seguido de evaporação lenta*

O método preconizado por Winchell (1933) destinou-se a decidir se o material siálico, representado pelos grânulos alguns dos quais exibiram índices de refração em tórno de 1,49, seria constituído de *analcita* ou de *sodalita*. Êste último mineral, pelo processo em aprêço daria origem a pequenos cubos de salgema. Tendo a prova sido negativa, concluiu-se que o material em aprêço seria constituído de *analcita*.

c) *aquecimento em tubo aberto*

O ensaio revelou desprendimento de vapor d'água que se condensou sob forma de gotículas nas paredes frias do tubo de ensaio.

d) *tratamento com HCl*

Tratando o pó pelo HCl dil. 1:1, verificou-se preliminarmente efervescência, provavelmente causada pela presença de *calcita* e posteriormente, após aquecimento mais prolongado, gelatinização.

Tôdas essas provas foram de certa maneira concludentes em relação à presença de *analcita* no material estudado muito embora não ti-

vessem o mérito de demonstrar que êste material seria o constituinte da base, podendo muito bem ser, como acima foi dito, resultante do material que preenchia as amígdalas.

Verificou-se, entretanto, a existência de certas peculiaridades muito evidentes particularmente em uma das lâminas estudadas. Essas consistiam na presença de zonas bem diferenciadas, espécies de espaços mirolíticos, de natureza pegmatóide, onde os cristais presentes, encontrados também no corpo da rocha, especialmente *biotita* e *titanoaugita* se desenvolveram mais acentuadamente do que na matriz, como consequência da ação de gases que teriam emprestado, nesses pontos, maior fluidez ao magma. Nessas zonas (Fig. 2 e Fotomicrog. 5) foi verificada a presença, como base, do mesmo material isótropo encontrado nas amígdalas, isto é, de *analcita*, o que conduziu a hipótese de ser êste mineral o formador da base no próprio corpo da rocha, portanto de origem primária como propõe Lindgreen (1890)

Vale assinalar que no material próximo ao contacto ocorrem variações não só texturais como na composição mineralógica. Além de apresentar-se mais compacta, praticamente destituída de amígdalas, os fenocristais de *olivina* exibem nítida serpentinização e carbonatação e os cristais de *biotita* são raros e pouco desenvolvidos.

Dados mineralógicos quantitativos

A determinação na platina integradora deu os seguintes resultados (aproximadamente):

a) Determinação volumétrica:

1) Fenocristais — 31%	}	17,9% de olivina
		13,8% de titanoaugita
Feltro — 68,3%		

2) A determinação feita por mineral, incluindo fenocristais e material que preenche as amígdalas, forneceu os seguintes resultados :

Olivina	—	15,6%
Titanoaugita	—	54,9%
Biotita	—	6,7%
Minerais siálicos *	—	14,1%
Magnetita	—	8,5%

(* Minerais siálicos compreende: *analcita*, *calcita*, *apatita*.)

b) Determinação em pêsos (resultados globais)

Olivina	—	15,9%
Titanoaugita	—	54,2%
Biotita	—	5,4%
Siálicos	—	10,0%
Magnetita	—	13,6%

4,9%

Análise química *

A análise química realizada para fins de controle forneceu os seguintes resultados :

SiO ₂	—	38,9%
Al ₂ O ₃	—	9,5%
Óxidos de ferro (em Fe ₂ O ₃)	—	12,1%
TiO ₂	—	2,7%
MgO	—	13,3%
MnO	—	0,2%
CaO	—	12,7%
SO ₃	—	não encontrado
Óxidos de metais alcalinos (por diferença)	—	4,8%

94,2

CONCLUSÃO

O estudo da literatura sobre rochas portadoras de *olivina* e piroxênios de caráter amigdaloidal, hipoabissal, leva à conclusão que a rocha em estudo pode ser considerada um termo da família 3125E, segundo Johannsen (1938) ou mais próximamente do tipo *ankaratrítico-analcítico*. A admissão de se tratar de um *ankaratrito*, Lacroix (1916) ou melhor de uma variedade *limburgítica* dessa rocha resultou da quase perfeita identidade no que concerne à composição mineralógica como da semelhança entre as análises químicas (vol. 3 — pag. 365 — tabela 131-7). A presença de amígdalas preenchidas por *analcita* e *calcita* põe em evidência a solidificação próxima à superfície, embora a rocha ocorra sob forma de dique. Rochas semelhantes foram também estudadas por L. V. Pirsson (1905) sob a designação de *monchiquose (analcita-basalto)*.

(*) Analista: I. P. T.

Rocha Pv (b) — do pequeno dique lamprofírico da pedreira Voturuá.

Exame macroscópico

Rocha homogênea, mais compacta do que a acima descrita, de cor cinza escura bem esverdeada, ultramelânica, desprovida de amígdalas visíveis com auxílio de lupa e cortada por algumas veias finas preenchidas por material claro. Fratura conchoidal a plana. Superfícies planas delimitando formas prismáticas por diaclase. Tratada com HCl dá reação de efervescência em vários pontos de sua superfície, especialmente onde ocorrem veias e depósitos secundários de *calcita*. O pó resultante da trituração é também, como na rocha anteriormente estudada, facilmente atraído pelo imã. O pó tratado pelo HCl é solúvel com alguma efervescência e a solução amarelo-esverdeada dá reação característica para o Fe em presença do KCNS. Pêso específico: 2,874.

Exame microscópico

A textura é também panidiomórfica porfirítica, exibindo os microcristais do feltro nítida orientação fluidal (Fig. 3). Os fenocristais de *olivina* muito bem formados e numerosos, exibem hábitos prismáticos e alteração em *antigorita*, *carbonatos* e *magnetita*, sendo pouquíssimos os cristais parcialmente preservados. Os fenocristais de piroxênio *aegirina-augita*, apresentam-se por vezes geminados e geralmente bem formados. Numa das lâminas observou-se um fenocristal de *aegirina-augita*, parcialmente alterado em serpentina e exibindo núcleo de piroxênio rômbo-*enstatita* (Fig. 4). No feltro predominam as ripas muito finas de *aegirina-augita*, sendo pequena ou quase nula a presença de *biotita*. Numerosíssimos são os cristais de *magnetita*, que mostram, às vezes, hábito octaédrico. A base, como na rocha anterior, é constituída de *analcita* a qual é também observada em espaços amigdalóidais no corpo da rocha. A fotomicrog. 6 exhibe também uma zona diferenciada do tipo miarolítico em tudo semelhante ao descrito na rocha anterior.

Dados mineralógicos quantitativos

Na platina integradora foram determinados os seguintes valores volumétricos (aproximados):

Olivina (fenocristais)	9%
Aegirina-augita (fenocristais)	10%
Feltro (pirox. + magnt. + analcita)*	80%
Amígdalas (espaços amigdaloidais)	1%

(* A textura extremamente fina do feltro não permitiu a contagem isoladamente dos minerais que o constituem).

Os fenocristais de *olivina* variam entre média de 20 a 500 μ .
 " " *aegirina-augita* " " " 10 a 20 μ .

Análise química

A análise química realizada para fins de controle, forneceu os seguintes resultados:

SiO ₂	38,2 %	
Al ₂ O ₃	10,6 %	
Óxidos de ferro (em		
Fe ₂ O ₃	11,8 %	
TiO ₂	2,7 %	
CaO	12,3 %	
MnO	0,20%	
SO ₃	não encontrado	
Óxidos de metais alcalinos (por diferença)	2,6 %	

Conclusão: Apesar das diferenças texturais, da análise química e de composição mineralógica — natureza do piroxênio, ausência quase completa de *biotita* — foi a rocha considerada equivalente à anteriormente descrita.

As rochas dos diques lamprofíricos aqui estudadas e que foram consideradas como uma variedade *limburgítica* de um *analcita ankaratrítico*, encontram-se de fato constituído têrmos intermediários entre as famílias dos piroxênitos e dos peridotitos cujos têrmos ankaratrítico de um lado e picrítico de outro apresentam alguns pontos de contactos e outros de divergência. São entretanto ligadas por seu aspecto geral e composição mineralógica de certa maneira aos *jacupiranguitos* de cujo magma podem derivar ou mostrar relações de consangüinidade. Othon Leonardos (1941) descreve no rio Batatal dique limburgítico cortando filitos cloríticos. Rochas também semelhantes cuja composição mineralógica é em tudo semelhante a aqui descrita são assinaladas também em Fernando Noronha por Campbell e Burri (1933)

Tentando uma classificação dessas rochas, segundo Tröger (1935), vimos que apresentam várias relações com *ankaratritos*, Lacroix da família dos ijolitos; *limburgitos*, Rosembuch, da família dos exessitos; *jacupiranguitos*, Derby e *bebedouritos*, Tröger, da família dos piroxênitos.

Rocha Ip-dique da Ilha Porchat (São Vicente)

Exame macroscópico

Rocha homogênea, compacta, fanerítica, de cor cinzenta-escura, melanocrática, apresentando fratura sub-conchoidal a plana. Formas prismáticas de secção hexagonal decorrem dos planos de diaclasamento. Não há efervescência excepto, como é obvio, nos pontos onde se

deposita *calcita* secundária e facilmente reconhecível a olho nú. Pulverizada, são os fragmentos resultantes atraídos pelo imã. O pó é parcialmente solúvel nos ácidos, com ligeira efervescência, resultando, especialmente após aquecimento, solução amarelo-esverdeada que dá reação característica para o Fe em presença de KCNS. Pêso específico = 2,975.

Exame microscópico

A textura exibida pela rocha é ofítica apresentando regiões, onde se aglomeram piroxênios, tendo a granular. Os cristais ripiformes de plagioclásio são constituídos de *labradorita* e o piroxênio, por vezes idiomorfo, às vezes exibindo geminações, é constituído de *augita*. O mineral metálico é formado por magnetita o que é identificável pelo hábito e pelo comportamento de fragmentos da rocha em presença do imã. Encontra-se também alguma *ilmenita* parcialmente alterada em *leucóxênio* (Fig. 5 e fotomicrografia 8) Numa das lâminas estudadas foi observada estrutura reticulada resultante de pseudomorfose de *antigorita* sobre um cristal provavelmente de *olivina* (?), como pode ser observada na Fig. 6. A suposição de se tratar de *olivina* decorre do fato de se encontrar grânulos de *magnetita* demarcando as linhas de clivagem e de fratura-Dana (1950)

Dados mineralógicos quantitativos:

Na platina integradora foram obtidos os seguintes resultados aproximados (em pêso):

Labradorita	41%
Augita	29%
Magnetita	7%
Minerais alterados	22%

Conclusão: Por sua composição mineralógica, textura e ocorrência em dique pode ser a rocha considerada como um *diabásio*.

CONCLUSÕES GERAIS

- 1) Não existem dados que permitam afirmar que o *diabásio* encaixado no gnaisse da ilha Porchat seja anterior ou posterior aos considerados réticos e comuns no planalto do Brasil Meridional.
- 2) Embora os diques de *diabásio* e os *lamprofiritos* descritos estejam próximos e no mesmo nível, julgamos que tiveram êles origem em épocas diferentes.

- 3) A textura ofítica do *diabásio* e sua espessura, 15 m e a ausência de *olivina* são outros indícios que parecem confirmar o que ficou dito acima.
- 4) A estrutura dos diques lamprofíricos-porfirítica amigdaloidal sugerem terem êles se formado praticamente na superfície e como tal ligados a uma manifestação vulcânica anterior ou posterior ao rético.
- 5) Considerando o granito da pedreira de Voturuá, encaixado em gnaisses de idade pré-devoniana, os diques seriam obviamente posteriores ou contemporâneos a êle.
- 6) Outras evidências entretanto não existem no que concerne as idades das rochas consideradas.

AGRADECIMENTOS

Somos gratos aos professores Viktor Leinz e Rui Ribeiro Franco, assim como ao colega Dr. José Moacyr Vianna Coutinho pelas valiosas sugestões e orientação nos trabalhos petrográficos; ao snr. Diocleciano Soares Araujo pela confecção das lâminas e ao snr. G. Oscar Campiglia, da Divisão de Documentação da Reitoria, pelas fotografias e fotomicrografias que ilustram o presente trabalho.

BIBLIOGRAFIA

- GROUT, F. F. (1932), *Petrography and Petrology* — McGraw Hill Company Inc., New York, N. Y.
- WINCHELL, A. N., (1933), *Elements of optical Mineralogy: An introduction to microscopic Petrography*: John Wiley and Sons, Inc., New York, London.
- LINDGREEN, W. (1892), *Eruptive rocks from Montana*: Proc. California Acad. Sci. Ser. 2, vol. III, 1890, p. 51.
- JOHANNSEN, A., (1938), *A descriptive petrography of the igneous rocks*: vol. IV — The University of Chicago Press. Chicago, Illinois, USA.
- LACROIX, A., (1916), *La constitution des roches volcaniques de l'extreme nord de Madagascar et de Nosy bé; les ankaratries de Madagascar en general*; Comp. Rend., CLXIII, 1916, pp. 256-358.
- PIRSSON, L. V., (1905), *Petrography and Geology of the igneous rocks of the Highwood Moutains, Montana*: U.S.G.S. Bull., 237, 1905, pp. 149-158.

- DANA, E. S., (1950), *Text-Book of Mineralogy*: IV edition. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA.
- LEONARDOS, O. H. (1941), *Notas petrográficas sobre a série Ribeira*: Mineralogia n.º 4, Bol. Fac. Fil. Ci. Letras n.º XXI, USP p. 10.
- CAMPBELL, S. W e BURRI, C. (1933), *The igneous rocks of Fernando Noronha*: Bol. Suisse e Min. e Petrog., vol XVII.
- TRÖGER, W. E. (1935), *Spezielle Petrographie der Eruptivegesteine*: Berlin W 35 Verlag der Rentschen Mineralogischen Gesselchafte V
- ESKOLA, P (1954), *Ein Lamprophyrgang in Helsinki und die Lamprophyr probleme*: Tscherm. Min und Petrog. Mitt. vol. 4.