

SÓBRE OS GRANITOS TURMALINÍFEROS DE PERUS, SÃO PAULO, SP. *

por

YOCITERU HASUI

Departamento de Geologia e Paleontologia

F.F.C.L. — U.S.P.

ABSTRACT

This report, intended as the first of two, presents the results of field observation and some microscopic data. The geology of an area about 2 km² is described briefly, area in which is found the tourmaline-bearing granites of Perus. The rocks of the region are schists with quartz-biotite-muscovite-sillimanite mineralogical association, amphibolites, calc-silicate rocks, the Pirituba granite, tourmaline-bearing granites and pegmatites, all belonging to the São Roque Series, considered to be Pre-Cambrian.

The intrusion of the tourmaline-bearing granites appears to be related to an anticline in the schists, apparently of an isoclinal nature with the axial plane striking E-W and dipping to the north.

Bands of what is called tourmaline-bearing granites (field term) have a variable mineralogical composition from granite to granodiorite and the tourmaline does not appear to show any preference for one against the other. This mineral is almost entirely, if not entirely, secondary, having been formed at the expense of feldspar (perthite and plagioclase) and muscovite.

The internal structures of tourmaline-bearing granites and their relationships with the hanging wall of schist could not be interpreted due to the paucity of data.

RESUMO

Este trabalho, idealizado como primeiro de dois, apresenta resultados de observações de campo e alguns dados obtidos através de microscopia. É descrita sucintamente a geologia de uma área de 2 km², na qual ocorrem os granitos turmaliníferos de Perus. As rochas da região são xistos com associação quartzo-biotita-muscovita-sillimanita, anfíbolitos, rochas cálcio-silicáticas, granito Pirituba, granitos turmaliníferos e pegmatitos, integrantes da Série São Roque, tida como pré-cambriana.

* Realizado com auxílio do Conselho Nacional de Pesquisas.

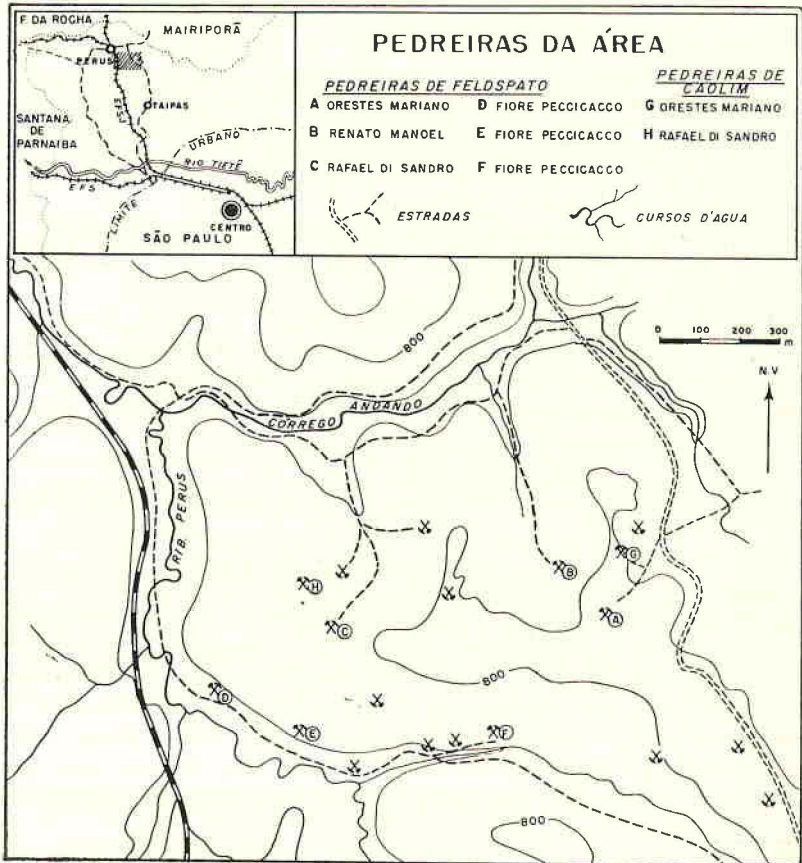
A intrusão de granitos turmalíferos parece relacionada a um anticlinal nos xistos, aparentemente de tipo isoclinal com plano axial E-W e mergulho forte para norte.

Nos turmalina-granitos (granito — termo de campo), as bandas têm composição mineralógica variável de granito a granodiorito e a turmalina parece não mostrar preferência. Esse mineral é na quase totalidade, senão totalmente, secundário, formando-se às expensas de feldspatos (pertita e plagioclásio) e muscovita.

As estruturas internas dos granitos turmalíferos e sua relação com a parede estacionária de xisto não podem ser interpretadas ainda pela escassez de dados.

INTRODUÇÃO

A área estudada se localiza na Vila de Perus, Município de São Paulo, a 25 km da cidade de São Paulo pela antiga rodovia São



Paulo-Campinas. Tem extensão de aproximadamente 4 km², interessando-nos particularmente 2 km² a sul do Córrego Andando, onde os granitos turmaliníferos e os pegmatitos não caolinizados são observáveis em várias pedreiras em exploração.

Os genéricamente designados “turmalina-granitos” vêm de longa data despertando interesse nos meios geológicos graças às caprichosas estruturas que exibem. Constitui objetivo dêste trabalho uma contribuição ao estudo da gênese e estruturas dêsses granitos comuns.

O primeiro estudo da área foi efetuado por Knecht (1937) sobre a mineralogia dos “pegmatitos” (designação sob a qual considerou os pegmatitos e os granitos turmaliníferos), apresentando então o primeiro mapa geológico da região, mapa êsse re-publicado posteriormente na escala de 1:12.000 (Knecht, 1940).

Franco (1958) estudou as rochas cálcio-silicáticas da pedreira Peccicacco e os xistos de ocorrência local com associação quartzo-biotita-sillimanita-almandina, atribuindo-a a metamorfismo termal sobre muscovita-xistos regionais.

Cordani, Gomes e Girardi (1963) realizaram um mapeamento geológico de detalhe da região e um estudo das rochas cálcio-silicáticas, atribuindo a estas origem a partir de calcáreos magnesianos impuros em contacto com granitos.

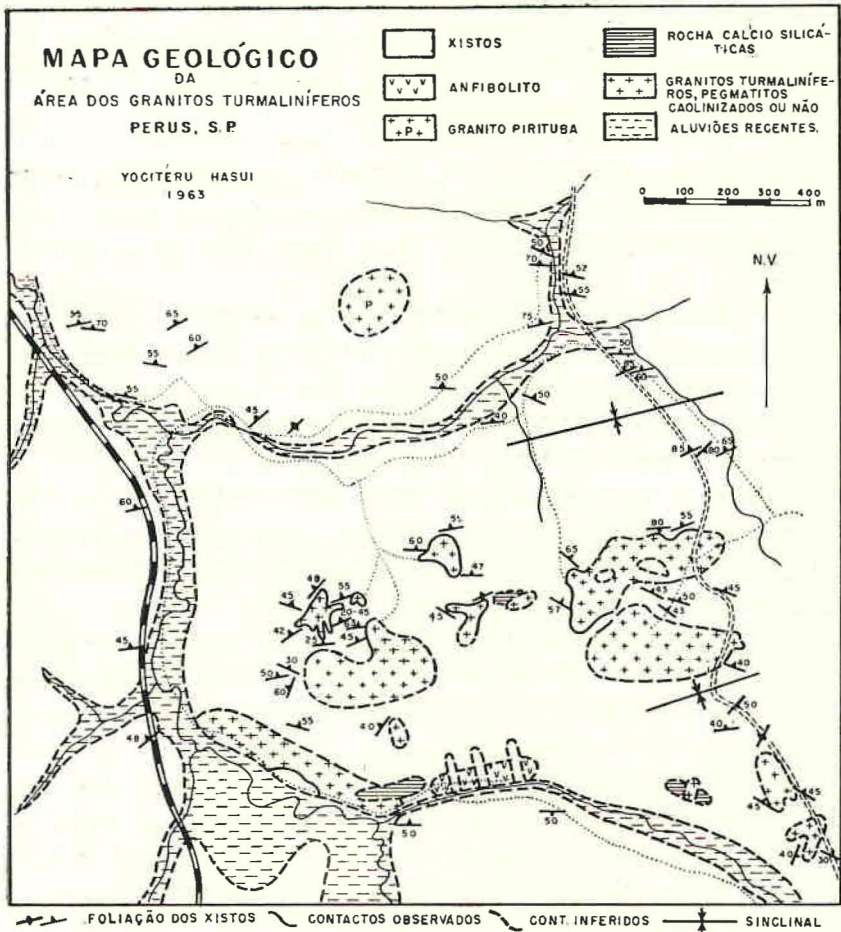
Em 1954, Henry Mau iniciara um estudo da região com vista aos granitos turmaliníferos, sem, contudo, ter chegado a concluí-lo. Com êste trabalho retomamos o assunto, juntando alguns de seus dados aos por nós coletados.

Agradecemos ao Prof. Dr. Norman Herz pela orientação nos trabalhos de campo, bem como nas investigações de laboratório e ao Prof. Dr. Viktor Leinz pelos conselhos, sugestões e leitura do texto. Agradecemos também aos Profs. Drs. José Moacyr Vianna Coutinho e Reinholt Ellert pelas sugestões.

GEOLOGIA DA ÁREA

Litologia

As rochas encontradas fazem parte da Série São Roque, considerada pré-cambriana, e já foram descritas por Cordani, Gomes e Girardi (1963).



Na área predominam xistos com a associação quartzo-biotita-muscovita-sillimanita. Caracterizam-se macroscopicamente por máculas brancas, que ao microscópio se revelam como um mosaico de grãos de quartzo com finas agulhas sub-paralelas de sillimanita (fibrolita). (Microfotografia 1). Aham-se intemperizados e, nos melhores afloramentos, o intemperismo afetou apenas a biotita parcialmente. Localmente, apresentam pequenas intercalações com composição mineralógica diferente, associada ou não a variação de gra-

nulação. A 100 m ao sul da Avenida Fiorelli Peccicacco afloram os xistos descritos por Franco (1958).

Corpos de anfíbolito ocorrem na área com dimensões que não ultrapassam 50 x 250 m. São constituídos de hornblenda e plagioclásio (andesina-labradorita), que perfazem cerca de 90% da rocha. Na parte sul da área, um desses corpos de anfíbolito com textura nematoblástica fina exhibe, nas proximidades do contacto com o pegmatito, textura granoblástica, fato já constatado anteriormente por Cordani, Gomes e Girardi (1963). Em secção delgada do anfíbolito em contacto com o pegmatito, em espessura de milímetros, pode-se observar um empobrecimento gradativo em hornblenda e um paralelo enriquecimento em biotita à medida que se caminha para o pegmatito. A biotita se mostra turmalinizada em grau crescente no mesmo sentido.

As rochas cálcio-silicáticas da área formam, ao que parece, corpos de dimensões não superiores aos anfíbolíticos. São rochas compactas, duras, que podem exhibir bandas de espessura variável, desde milimétricas a alguns centímetros, alternadamente cinza-clara e cinza-escura. Existem também delgadas faixas de flogopita. A granulção é fina e a textura, orientada ou não. Mineralogicamente, segundo Cordani, Gomes e Girardi (1963), consiste de tremolita, diopsídio, microclínio, plagioclásio (oligoclásio a labradorita) e flogopita; são acessórios; titanita, quartzo, dravita, minerais do grupo do epidoto e acidentais; calcita, apatita, muscovita, zircão, escapolita e vesuvianita.

Uma pequena ocorrência de quartzito foi assinalada a sul da Pedreira de caulim Di Sandro, com alongamento também concordante com a xistosidade.

O granito Pirituba aflora no morro ao norte do Córrego Andando, bem como a sudeste e a leste da área estudada. Naquele morro constitui uma bossa já observada anteriormente por outros autores. O granito Pirituba foi estudado por Moraes Rêgo e Souza Santos (1938) e posteriormente citado em vários trabalhos.

Os pegmatitos ocorrem, não só sob a forma de pequenos veios, como se verá adiante, e às vezes bolsas, mas também em corpos tabulares de até algumas dezenas de metros, cortando o granito e xis-

tos. Parecem êsses corpos seguir duas direções: E-W, a principal e concordante com a xistosidade, e N-S.

Mineralógicamente, os pegmatitos podem ser simples e complexos. Êstes, além do quartzo e feldspatos, apresentam turmalina, lepidolita, quartzo róseo, apatita e granada (piropo). Não reconhecemos berilo e sillimanita (Knecht, 1937).

A turmalina dos pegmatitos ocorre em cristais que podem atingir 5 x 30 cm. Pode ser simples ou zonada e as côres das zonas têm as características da Tabela I. O zoneamento mais complexo observado foi a sucessão de três côres concêntricas, prêta, verde e rósea, do núcleo para a periferia, em amostras até decimétricas.

TABELA I
TURMALINAS DOS PEGMATITOS

Côr	Índices de refração			Espectroscopia (*)	Composição (**)
	o	e	birr.		
Verde	1,657	1,632	0,025	Fe, Li, Mg, (Mn)	Schorl ₆₀ -Elb ₄₀
Preta	1,642	1,619	0,023	Li, Fe, Mn, (Mg)	Schorl ₁₅ -Flb ₈₅
Rósea	1,639	1,617	0,022	Li	Schorl ₁₀ -Elb ₉₀

(*) — Elementos presentes em ordem decrescente de quantidade, avaliada semi-quantitativamente pela intensidade das raias visíveis.

(**) — Segundo Winchell e Winchell, 1961, p. 466.

A lepidolita se apresenta desde microcristalina até em escamas centimétricas. Estas escamas estão sempre contorcidas e se dispõem caóticamente em agregados de até 1 m.

A apatita pode formar prismas de até 3 cm, de côr verde azulada. Frequentemente, os feldspatos exibem côr esverdeada devida a pequenos cristais de apatita inclusos.

Granada ocorre em cristais de até 5 mm na Pedreira Mariano. Está também presente nos granitos, como se verá adiante. Tem índice de refração entre 1,715 e 1,720, o que a coloca no campo do piropo.

Em tôdas as pedreiras ocorrem minerais radioativos em pequenas quantidades: autunita, torbenita, opala uranífera e beta-uranofânio. Autunita foi citada já por Knecht (1937) em associação com

pitchblenda primária. Esta última não é reconhecida por Camargo e Coutinho (1960). Segundo êstes autores, a mineralização secundária de urânio estaria relacionada a mineral acidentalmente uranífero como a apatita. Para a origem do beta-uranofânio, admitem os mesmos alteração hidrotermal de mineral primário mais profundamente situado. Torbenita foi encontrada em 1957 por Henry Mau e identificada por Elysiário Távora Filho, José Moacyr Vianna Coutinho e John J. Matzko (Mau, inédito).

São abundantes as inclusões de xistos nos pegmatitos, as quais dependendo das dimensões estão parcial ou totalmente turmalinizadas, sendo a turmalinização o único efeito observável sobre êsses xenólitos.

Os xistos são também cortados por veios de quartzo-turmalina-muscovita e por veios de quartzo.

Junto do contacto com pegmatitos, os xistos foram alterados à custa do boro proveniente da intrusão. Foram transformados em turmalinito (Johannsen, 1939, vol. 2, p. 22). (Microfotografia 2). Trata-se de uma rocha escura salpicada de pontos brancos, de granulação fina, xistosa, preservando estruturas anteriores (foliação, microdobras) e constituídas totalmente de quartzo e turmalina. Passa gradativamente em pequena distância para xisto, notando-se uma diminuição do teor de turmalina, que pode estar presente até grandes distâncias. A espessura da faixa de turmalinito raramente ultrapassa 20 cm. O contacto xisto-pegmatito localmente pode ser abrupto em consequência de condições desfavoráveis a emanações boríferas. A turmalina do turmalinito ocorre em indivíduos bem desenvolvidos quanto ao tamanho, mas não quanto à forma externa. Apresenta inclusões de quartzo alongadas paralelamente ao prisma e tem côr variável, num mesmo cristal, em manchas não bem definidas. Essas côres são: o: (azul moderado, oliva claro e amarelo entre moderado e escuro), e: (cinza-amarelado), designações de acôrdo com a Rock Color Chart.

Estruturas das rochas circunjacentes

Os xistos exibem boa foliação devida a orientação planar de micas e as máculas de sillimanita são achatadas segundo o plano de xistosidade.

A xistosidade apresenta direção quase constante E-W e mergulhos fortes para norte. As dobras de arrasto, corrugações e clivagem de fratura (fracture cleavage) indicam dois sinclinais margeando a área de afloramento dos granitos turmaliníferos, nas vizinhanças da antiga rodovia São Paulo-Campinas. Caso aquelas descontinuidades em granulação e/ou mineralogia representem o acamamento ou diferenças primárias dos sedimentos, o dobramento seria de tipo isoclinal. Em raríssimos pontos onde se pôde observar acamamento, êste se mostrou não concordante com a xistosidade e extremamente deformado em pequenas dobras.

A oeste, a escassez de bons afloramentos não permitem considerações razoáveis sôbre a estrutura. Junto aos contactos com pegmatitos, como se pode observar no mapa geológico, os xistos se apresentam quebrados e deslocados, sugerindo injeção forçada dos pegmatitos.

A leste da área, a xistosidade sofre brusca inflexão para sudeste, talvez atribuível a falhamento, que se reflete na morfologia. Na zona de inflexão, os xistos estão intensamente quebrados e deslocados. Falhamentos paralelos à xistosidade não foram observados (Knecht, 1937).

Os contactos dos xistos com granitos turmaliníferos são raramente observados, mas onde o são mostram turmalinização dos xistos, como já descrito para os pegmatitos, não tão intensa a ponto de formar turmalinitos. Êsses contactos não permitem nenhuma consideração sôbre as estruturas internas do granito.

Os corpos de anfibolito, de rochas cálcio-silicáticas e de quartzo têm os contactos com os xistos via de regra encobertos, mas mostram um alongamento na direção E-W, concordante com a xistosidade.

GRANITOS TURMALINÍFEROS

Petrografia e Mineralogia

A expressão turmalina-granito foi aplicada pela primeira vez por A. von Lasaulx (Johannsen, 1939, vol. 2, p. 237) para designar um tipo anormal e raro de granito contendo ortoclásio, pouco

plagioclásio, quartzo, turmalina, sem muscovita. Beck em 1889 (Johannsen, 1939, v. 2, p. 237) estendeu a designação para o granito de Gottlenba, Saxônia, que é constituído de ortoclásio, plagioclásio, quartzo, turmalina, apatita, zircão e rara muscovita.

Essa terminologia tem sido aplicada genéricamente no campo às rochas ácidas, turmalíferas, distintas dos pegmatitos, que ocorrem em Perus. São rochas leucocráticas, holocristalinas, hipidiomórficas granulares, de granulação variando de 1 a 5 mm, constituídas essencialmente de quartzo, plagioclásio sódico, micropertita e tendo como acessórios apatita, alanita, granada, raríssimas palhetas de muscovita e, mais importante, turmalina. A turmalina, mineral na maior parte secundário, como se verá a seguir, aparece em porcentagem até superiores a 10% da rocha, concentrada em leitos macroscopicamente bem definidos, de espessura variável de milímetro a decímetro, dando à rocha um aspecto bandeado. O termo banda e derivados é aqui empregada em sentido puramente descritivo, sem a implicação genética do "banding".

Análises modais mostraram que a composição de duas bandas adjacentes são sempre diferentes e que a composição das escuras ou claras não é constante nem mesmo em uma amostra. Em secção delgada não se observa nenhuma solução de continuidade na passagem de uma banda para outra, exceto no referente à turmalina que se limita às bandas escuras. Para as análises modais foram escolhidas as melhores lâminas, mas mesmo assim não excluimos um erro devido à dificuldade de distinção de feldspatos. (Tabela II).

A relação de plagioclásio com feldspatos potássicos, a quantidade de quartzo, o tipo de plagioclásio permitem classificar as bandas claras, segundo o sistema de Johannsen, em granito, granodiorito e adamalito. Nas bandas escuras, considerando a quantidade de turmalina secundária parece justificado empregar os mesmos nomes adjetivados de "turmaliníferos". A designação geral de "granitos turmaliníferos" foi preferida neste trabalho a "turmalina-granitos" dada a origem da turmalina.

O bandeamento é visualmente devido à turmalina, mas implica também em variação quantitativa de minerais essenciais. Essa dife-

TABELA II
ANÁLISES MODAIS DO GRANITO TURMALINÍFERO (*)

	P-1a	P-1c	P-1d	P-1e	P-9	P-8	P-25a	P-25b	P-28	P-29
Quartzo	37,6	44,3	50,7	51,1	31,8	34,2	38,5	38,4	23,4	40,2
Fd-K (**)	30,7	24,1	16,2	15,7	29,9	29,7	42,1	21,0	55,6	14,2
Plagioclásio	21,8	30,4	32,3	25,2	34,8	29,6	19,4	26,0	20,2	44,5
Turmalina	9,6	0,9	0,7	7,5	3,4	3,9	0,1	13,5	0,8	0,8
Apatita	—	—	—	0,2	0,1	—	—	—	—	—
Granada	—	—	—	—	—	2,0	—	—	—	—
Alanita	0,1	—	0,1	0,3	—	0,7	—	0,1	—	0,3
Muscovita	0,2	0,3	—	—	—	—	—	—	—	—
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

P-1 — Pedreira Peccicacco (E). Lâminas *a* e *e* correspondentes a bandas escuras. Lâminas *c* e *d*, a bandas claras. As lâminas *a* e *c* correspondem a bandas contíguas, assim como as *d* e *e*.

P-8 e P-9 — Pedreira Renato Manoel.

P-25 — Pedreira Peccicacco. As lâminas *a* e *b* correspondem respectivamente a bandas clara e escura, contíguas.

P-28 — Pedreira Renato Manoel. Banda clara.

P-29 — Pedreira Orestes Mariano. Banda clara.

(*) — Efetuadas pelo Método de Chayes. O número de pontos contados para cada análise é da ordem de 1500.

(**) — Pertita e microclínio pertítico.

rença ressalta com o intemperismo, destacando-se as bandas mais ricas em quartzo (Fotografia 3).

O quartzo exhibe extinção ondulante, mais intensa que no xisto. Ocorre em porcentagens que podem ultrapassar 50%. Aparece freqüentemente em grânulos arredondados como inclusão em feldspatos; a relação inversa também é observada.

Os plagioclásios presentes têm composição que varia de An_0 a An_{20} e as ripas geminadas segundo a lei da albita com freqüência mostram arqueamento e quebras. Os feldspatos potássicos são representados por pertitas e microclínio pertítico, êste exibindo a típica geminação em grade e ocorrendo em pequenas porcentagens. Os plagioclásios de modo geral se apresentam sericitizados em maior ou menor grau, ora apenas no núcleo, ora seletivamente em ripas alternadas. As pertitas também mostram sericitização. Os feldspatos não raro aparecem associados com quartzo formando textura micropegmatítica.

E' notável a ausência de biotita ou qualquer outro máfico, exceto a turmalina. Nesta, pode-se distinguir um grupo de prismas idiomorfos que nunca ultrapassam 0,2 mm e raramente exibem fraturas transversais. Aparecem como inclusões em quartzo e feldspatos e não são zonados. A fórmula de pleocroísmo é o: (verde-azulado), e: (amarelo pálido). Ocorre em bandas escuras e também nas claras e não perfaz mais que 10% do total de turmalina. No outro grupo, os prismas são maiores, de até 5 mm, idiomorfos ou não, sempre zonados e fraturados transversalmente. A ocorrência dêste grupo se restringe às camadas escuras. Freqüentemente pode-se observar um núcleo com o: (verde-azulado), e: (amarelo pálido). As zonas são nitidamente delimitadas, podendo ocorrer em número de até quatro, mas nem sempre concêntricas ou completas em relação ao eixo do prisma. Essas zonas têm côr o: (marron esverdeado e azul), e: (amarelo pálido). Não há também nenhuma seqüência regular de distribuição de zonas. Êsses prismas estão relacionados a contactos de minerais essenciais e, raramente, quando inclusos pode-se observar fratura do hospedeiro ou granulação em tórno do prisma devida a crescimento posterior dêste. Freqüentemente é observável relação de substituição: mal formado para o lado de

quartzo ou encerrando inclusão de quartzo em continuidade ótica com quartzo circunjacente, e bem formado para o lado de feldspato. Observou-se também turmalinização de muscovita.

Como acessórios ocorrem apatita, alanita, granada e algumas palhetas de muscovita. A granada (microfotografia 3) aparece nas pedreiras Mariano, Manoel e em menor quantidade na Di Sandro, estando praticamente ausente na Pedreira Peccicacco. Via de regra encerram inclusões arredondadas de quartzo e sua forma externa e tamanho são bem desenvolvidos. A apatita forma prismas de até 4 mm, inclusos ou não em minerais essenciais da rocha.

Bandeamento dos granitos turmaliníferos e outras estruturas

As bandas dos granitos turmaliníferos formam estruturas caprichosas com dobramentos e corrugações. Num mesmo afloramento, a continuidade das bandas é grande e a espessura mantém extraordi-



FOTOGRAFIA 1. — Granito turmalinífero. Bandas dobradas. Pedreira Peccicacco (E). Fot. Henry Mau.

nária constância (fotografias 1 e 2). Os dobramentos, que são as estruturas mais conspícuas, têm largura de até alguns metros e, com freqüência, estão truncados por veios e diques de pegmatito bem como por falhas. (Fotografias 5 e 7).

São abundantes, particularmente na Pedreira Peccicacco, veios pegmatíticos parcialmente concordantes e parcialmente discordantes com o bandejamento. (Fotografia 6). As bordas desses veios são escuras, ricas em cristais de turmalina de tamanho maior que o normal nos granitos. Existem também manchas pegmatíticas limitadas e de pequena continuidade espacial.

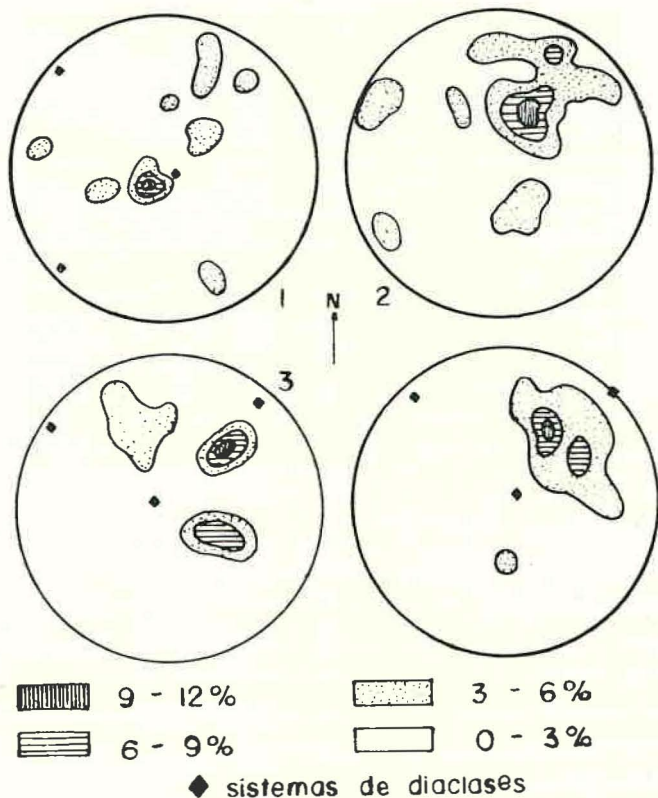


FOTOGRAFIA 2. — Granito turmalífero. A complicação das dobras é apenas aparente. Pedreira Peccicacco (E).

Os pegmatitos já citados, em grande corpos, associados aos granitos não podem ser delimitados no mapa geológico, pela sua extrema irregularidade. Na Pedreira Peccicacco (E), o pegmatito explorado passa bruscamente para granito, sem nenhuma transição. No interior desse pegmatito observa-se uma sugestiva mancha de granito. (Fotografia 4).

Foram efetuadas medições do bandejamento em quatro pedreiras e dos sistemas de diaclases em três. A esses dados procuramos aplicar a metodologia de Hans Cloos, descrita por Balk (1948). As atitudes das bandas projetadas polarmente em diagramas Lambert de igual área (hemisfério inferior) deram os resultados mostrados nos gráficos, considerando-se cada pedreira suficientemente pequena dentro da área estudada para poder ser tratada estatisticamente. Os três sistemas de diaclases predominantes nas três pedreiras foram

projetados nos mesmos diagramas. São ortogonais entre si, dois sub-verticais e um sub-horizontal. É interessante que esses três sistemas são comuns às três pedreiras, assim como as concentrações de máximos de polos de bandas. Na Pedreira Peccicacco, medidas efetuadas por Henry Mau para diaclases com autunita projetadas em diagramas caem na área de maior concentração de polos de bandas.

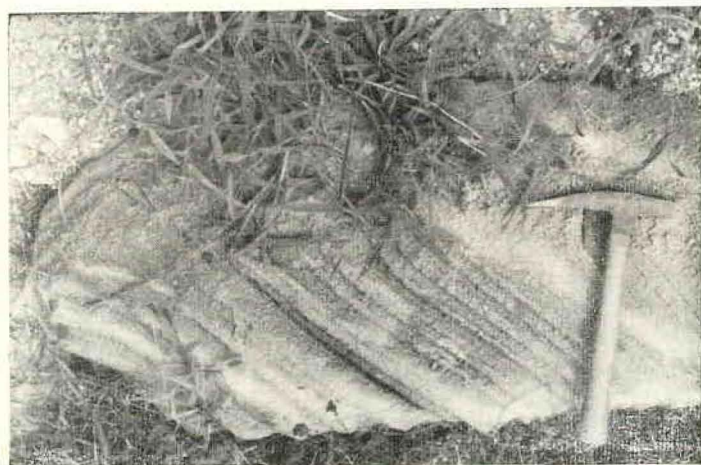


PROJEÇÕES POLARES EM DIAGRAMAS DE IGUAL ÁREA
(HEMISFÉRIO INFERIOR) DE BANDAS DO GRANITO
TURMALINÍFERO E DE SISTEMAS DE DIACLASES.

1. Pedreira Di Sandro. 41 polos.
2. Pedreira Peccicacco (D e E). 220 polos. Medidas de Henry Mau.
3. Pedreira Renato Manoel. 35 polos.
4. Pedreira Orestes Mariano. 56 polos.

Aparentemente existe uma lineação de turmalina, repousando os cristais nos flancos e perpendicularmente aos eixos das dobras (lineação *a*). Uma tal lineação deve se relacionar com o fluxo do magma (Balk, 1948). Parece digna de estudo estatístico a lineação em amostras orientadas, não só da turmalina mas também dos outros minerais porquanto não é passível de medição no campo. As medidas para eixos das dobras aparentemente não mostram orientação preferencial e os dados são insuficientes para uma avaliação estatística.

As falhas observadas são raras e de pequena continuidade espacial, podendo estar ou não preenchidas por veios pegmatíticos. (Fotografia 7).



FOTOGRAFIA 3. — Bloco de granito turmalínífero. As bandas mais ricas em quartzo se destacam com o intemperismo.

DISCUSSÃO

Orville (1960) descreveu um pegmatito com bandeamento similar em Camp Judson, Dakota do Sul, EUA. Contudo ali, a massa é homogênea, sem as variações observadas em Perus. As análises modais mostraram que a composição mineralógica dos granitos de Perus varia de modo não sistemático de banda para banda.

A turmalina ocorre em bandas alternadas, aparentemente sem relação com a composição mineralógica. As observações em seções delgadas sugerem a existência de duas gerações de turmalina, sendo



FOTOGRAFIA 4. — Pegmatito. Na parte central, um "bloco de granito turmalínífero. Pedreira Peccicacco (E).



FOTOGRAFIA 5. — Fraturas no granito turmalínífero preenchidas por veios pegmatíticos. Pedreira Di Sandro.

uma primária representada por prismas idiomorfos menores que 0,2 mm, raramente com fraturas transversais, não zonadas e com fórmula de pleocroísmo o: (verde-azulado), e: (amarelo pálido).

As citações na literatura sôbre turmalina primária são vagas e não definitivas. Wells (1946) distingue duas gerações no luxullianito de Cornwall, sendo uma provàvelmente primária, com cristais amarelos, e outra pneumatolítica, de côr verde, crescendo à custa de feldspatos. Alguns autores, como Barsukov (1961), admitem a possibilidade de formação de turmalina como acessório primário.



FOTOGRAFIA 6. — Veios pegmatíticos no granito turmalinífero. Pedreira Peccicacco (E).

A segunda geração, formada à custa de minerais pré-existentes, crescendo sôbre turmalina anterior ou não, é representada por prismas idiomorfos ou não, de até 5 mm, relacionados com contactos de minerais essenciais e fraturas. Mostram sempre fraturamento transversal e não é raro haver abertura e preenchimento da fratura por quartzo e feldspatos. Muitos prismas idiomorfos aparecem intercrescidos com quartzo. Em contactos quartzo-feldspato, pode-se notar, via de regra, que o cristal exhibe côr azul e idiomorfismo para o lado do feldspato. É freqüente também encerrar inclusão de quartzo que mantém continuidade ótica com quartzo circunjacente.

Segundo Barsukov (1961) o autometassomatismo de granitos se processa à custa de soluções boríferas de alta temperatura e alcalinas e a substituição de aluminossilicatos por turmalina é seletiva segundo a seqüência: plagioclásio primeiro, seguindo-se-lhe ortoclásio e biotita. Não foi encontrada biotita nas rochas estudadas. A muscovita aparece em raríssimas palhetas e foi observada turmalinização das mesmas.

A turmalina secundária de Perus resultou da ação de boro sobre minerais já formados e o processo teria começado antes da consolidação final do magma. Brammall e Harwood (1925) mostraram que a turmalina do granito de Dartmoor resultou de autopneumatólise com turmalinização de feldspatos e biotita, antes da consolidação final da rocha.

Permanece aberta a questão do mecanismo de difusão do boro e qualquer hipótese deve explicar a extraordinária continuidade espacial e constância de espessura das bandas, bem como a concentração de turmalina em bandas e sua lineação.

O magma deve ter sido pouco viscoso a julgar pela quantidade de turmalina, pela corrugação das bandas e pelo número de pegmatitos na área. Os veios de pegmatito parcialmente concordantes com as bandas e parcialmente discordantes parecem indicar que a fase pegmatítica-pneumatolítica começou antes da finalização da consolidação do granito e que existia certa facilidade de escoamento paralelamente ao bandeamento.

O estudo da atitude das bandas mostra uma orientação segundo NW com mergulhos para SW. Há necessidade de mais afloramentos de contactos para concretizar a relação da parede estacionária e as estruturas internas.

CONCLUSÕES

a) A turmalinização dos granitos de Perus é secundária. A uma pequena porcentagem (não mais que 10% do total de turmalina da rocha), por suas características e modo de ocorrência, pode ser atribuída origem primária. A turmalina secundária resultou da ação de boro sobre feldspato potássico (pertita), plagioclásio e mus-



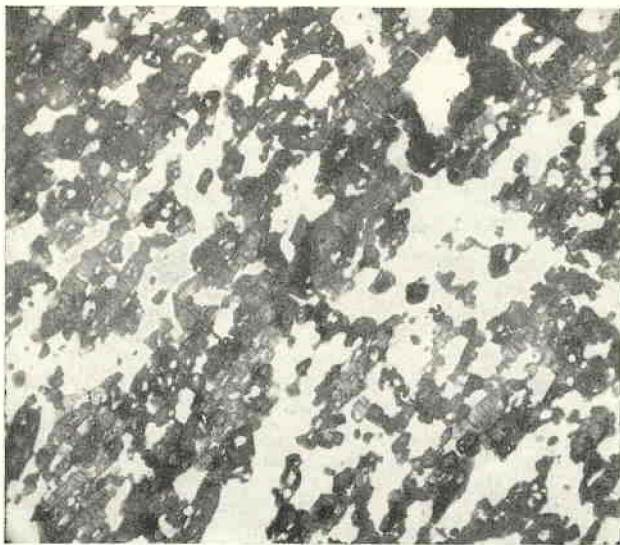
FOTOGRAFIA 7. — Falha no granito e pegmatito. Preenchimento por veio pegmatítico. Pedreira Di Sandro.



MICROFOTOGRAFIA 1. — Xisto com associação quartzo-muscovita-biotita-sillimanita. Mácúlas de quartzo-fibrolita. Nicóis // .
20X.

covita, sendo o plagioclásio o mais suscetível à substituição. Qualquer que seja o mecanismo de difusão do boro, seja por ondas ou por canais, êle deve explicar a extraordinária constância de espessura e continuidade espacial das bandas.

b) As análises modais parecem indicar variação de composição mineralógica de banda para banda, de granito até granodiorito. A dificuldade de distinção entre feldspato potássico (não geminado ou sub-micropertítico) e plagioclásio (não polissintético) ao microscópio, sem testes microquímicos, introduz um erro nas análises, sem contudo invalidá-la, de vez que os grãos passíveis de confusão não são comuns nas amostras estudadas. Uma variação como a citada conduz a complicação quanto ao mecanismo de intrusão. Parece interessante verificar a composição não só de uma mesma banda, como também de uma sucessão de bandas contíguas.

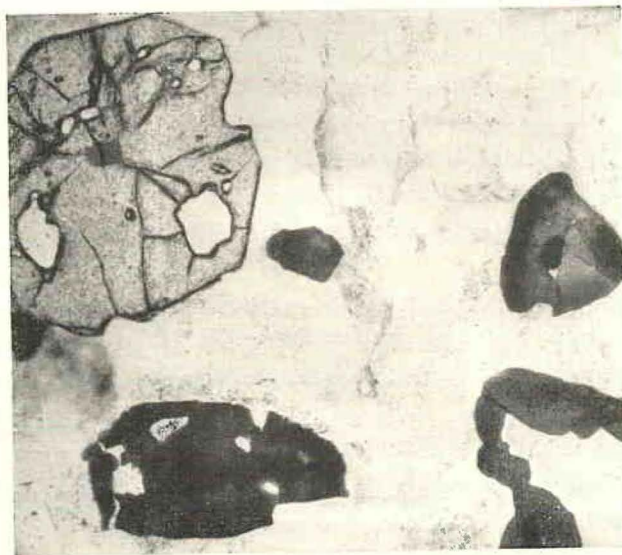


MICROFOTOGRAFIA 2. — Turmalinito. Nicrois //, 20X.

c) As medidas de bandeamento mostram, nos gráficos polares, concentrações no quadrante NW com mergulho para SW comuns a três pedreiras e ligeiramente discordante na quarta. Medidas de diaclases em três pedreiras mostram a existência de três sistemas

dominantes. Quanto a lineação, observou-se uma em turmalinas perpendicular a eixos de dobras, que só pode ser explicada por fluxo (Balk, 1948). A interpretação desses dados estruturais requer mais elementos, bem como afloramentos de contactos granito-xisto.

d) A área de afloramentos de granitos turmaliníferos é marginada por dois sinclinais, aparentemente de tipo isoclinal com um plano axial mergulhando fortemente para norte e direção E-W. Na parte oeste da área estudada faltam afloramentos para maiores considerações estruturais.



MICROFOTOGRAFIA 3. — Turmalina e granada do granito.
Nícois // 20X.

BIBLIOGRAFIA

- BARSUKOV, V. I. — (1961) — *Some problems of the Geochemistry of Boron* — Geochemistry n.º 7, The Geochemical Society, p. 596-608.
- BRAMMALL, A. e HARWOOD, H. F. — (1925) — *Tourmalinization in the Dartmoor Granite* — Min. Mag. v. XX, p. 319-330.
- CAMARGO, W. G. R. e COUTINHO, J. M. V. — (1960) — *Beta-uranofânio de Perus, São Paulo, SP* — Bol. Soc. Bras. Geol. v. 9, n.º 2, p. 5-12.

- BALK, R. — (1948) — *Structural Behavior of Igneous Rocks* — Geol. Soc. Am. Mem. 5, Ed. J. W. Edwards, Ann Arbor.
- CORDANI, U. G., GOMES, C. B. e GIRARDI, V. A. V. — (1963) — *Rochas cálcio-silicatadas da Região de Perus, SP* — no prelo.
- DEER, W. A., HOWIE, R. A. e ZUSSMAN, J. — (1962) — *Rock-forming Minerals*, vol. 1, 1a. Ed., Longmans, Londres.
- EMMONS, R. C. et al. — (1953) — *Selected Petrogenic Relationship of Plagioclase* Geol. Soc. Am. Mem. 52.
- FRANCO, R. R. — (1944) — *A faixa estanífera do Rio Grande do Sul* — Bol. XLIV Min. 6 — F.F.C.L. U.S.P., p. 28-33, SP.
- HEINRICH, E. W. — (1956) — *Microscopic Petrography* — McGraw Hill Book Co., EUA.
- JOHANNSEN, A. — (1941) — *A descriptive Petrography of the Igneous Rocks* — vols. 1 e 2, 2a. Ed. — Un. Chicago Press.
- KNECHT, T. — (1937) — *Sobre algumas ocorrências de minerais no Estado de Ind. Com. E.S.P.*, p. 11-25.
- ORVILLE, P. M. — (1960) — *Petrology of several pegmatites in the Keystone 1467-1490*.
- REGO, L. F. M. e SANTOS, T. D. S. — (1938) — *Contribuição para o estudo dos granitos da Serra da Cantareira* — Bol. I.P.T. 18.
- ROCK COLOR CHART — Geol. Soc. Am., 2a. impressão (1951).
- WELLS, M. K. — (1946) — *A contribution to the study of luxullianite* — Min. Mag. v. XXVII, p. 186-194.
- WINCHELL, A. N. e WINCHELL, H. — (1961) — *Elements of Optical Mineralogy* vol. 2, 4a. Ed., John Wiley & Sons, Inc.