

PEGMATITOS DO MÉDIO JEQUITINHONHA

Um Modelo Genético

*José Haroldo da Silva Sá
Reinholt Ellert*

Na região dos municípios de Itinga-Araçuaí, no médio Jequitinhonha, nordeste de Minas Gerais, foram estudados mais de uma centena de pegmatitos, distribuídos em uma área de aproximadamente 800 km². Esta região faz parte de um distrito pegmatítico que contém depósitos de minerais de Lítio, cassiterita, berilo, além de quantidades subordinadas da tantalita-columbita, gemas e pedras coradas. Regionalmente predominam quartzo-mica xistos, localmente ricos em cordierita, com orientação geral NE-SW com mergulhos para NW. Esses xistos, atribuídos ao Grupo Macaúbas, foram intrudidos por plutons de composição granítica. Datações geocronológicas, efetuadas pelo método Rb-Sr, indicaram idades em torno de 656 ± 40 milhões de anos para os xistos e 519 ± 6 milhões de anos para os granitos. Moscovitas de dois pegmatitos foram datadas pelo método K-Ar, obtendo-se idades de 467 ± 18 e 490 ± 12 milhões de anos. Os pegmatitos são classificados em simples e complexos, com base em critérios mineralógicos e estruturais. Os pegmatitos simples são constituídos de feldspato (principalmente microclínio), quartzo e moscovita; acessoriamente de feldspato (principalmente microclínio), quartzo e muscovita; acessoriamente encontra-se berilo e turmalina (afrisita). Nos pegmatitos complexos além dos minerais dos pegmatitos simples, há uma notável associação mineralógica acessória, na qual se destacam os minérios de Lítio (petalita, espodumênio, lepidolita e ambli-gonita), de Césio (polucita), cassiterita, tantalita-columbita, além de uma grande variedade de turmalinas. Os pegmatitos do tipo complexo concentram, preferencialmente, uma das formas mineralógicas do Lítio. Os pegmatitos simples afloram com formas tabulares, freqüentemente exibindo um zoneamento textural interno devido o aumento da granulação que cresce da borda para o centro. Nos complexos, as formas mais comuns se aproximam do tipo lenticular, mostrando internamente distinto zoneamento textural e mineralógico. Os pegmatitos com espodumênio, que se apresentam com formas tabulares, exibem estrutura interna praticamente homogênea. Os pegmatitos do tipo simples estão distribuídos em toda a área, tanto dentro dos maciços graníticos, como nos xistos. Os tipos complexos estão encaixados nos xistos e mostram arranjo zonal; os pegmatitos com petalita estão mais próximos dos maciços de granito e, mais distanciados, estão os portadores de lepidolita e de polucita, que exibem o maior grau de complexidade estrutural e mineralógica. Geneticamente os pegmatitos estão relacionados com os granitos os quais apresentam elevados teores de Lítio, Césio e Bersílio quando comparados com granitos normais da crosta. Análises das relações Rb/K e Cs/K em feldspatos potássicos dos diferentes pegmatitos, mostraram um progressivo aumento destas relações, sendo os maiores valores encontrados nos feldspatos dos pegmatitos mais complexos. Conclui-se que os pegmatitos foram formados, nos primeiros estágios, através de sucessivas cristalizações de frações residuais do magma granítico, com progressivo enriquecimento em Lítio e, nos estágios mais tardios, através de processos metassomáticos, responsáveis pela formação dos pegmatitos mais complexos.

INTRODUÇÃO

Na região do médio rio Jequitinhonha, nordeste de Minas Gerais, encontra-se um dos mais importantes distritos de pegmatitos do país, que faz parte da Província Pegmatítica Oriental (PAIVA, 1946). Este distrito responde pela maior parte da produção brasileira de minérios de Lítio (espodumênio, petalita, lepidolita, ambli-gonita) e já teve posição destacada no suprimento de cassiterita e berilo. Além destes minérios, a região é conhecida pelo fornecimento de gemas, pedras coradas e outras preciosidades mineralógicas, desenvolvendo ainda uma produção regular de feldspato.

Os pegmatitos se distribuem pelos municípios de Itinga, Araçuaí, Virgem da Lapa, Coronel Murta e Salinas, mas as

maiores freqüências, ou exposições, são encontradas nos dois primeiros municípios, principalmente nos vales do ribeirão Piauí e córrego Genipapo, afluentes do Jequitinhonha e no vale das Tesouras que tem drenagem para o rio Araçuaí. Nestas áreas concentraram-se as pesquisas cujos resultados são aqui apresentados.

Foram realizados trabalhos de levantamentos geológicos, análises petrográficas e geoquímicas, datações geocronológicas e estudos de detalhe em 121 corpos de pegmatitos, procurando-se determinar seus elementos geométricos, relações com as rochas encaixantes, mineralogia principal e acessória, quimismo, texturas, zoneamentos, alterações e distribuição espacial.

Os dados obtidos foram integrados e interpretados, propondo-se para os pegmatitos da região uma classificação genética e um esquema evolutivo, com base em modelos já existentes. Conquanto as pesquisas estejam concentradas em áreas relativamente restritas, seus resultados podem ter significado regional, uma vez que as características geológicas das áreas pesquisadas são extensivas à maior parte do distrito acima citado.

GEOLOGIA REGIONAL

Xistos e granitos são os tipos litológicos predominantes e neles estão encaixados os pegmatitos, principalmente nos xistos, que abrigam os corpos de pegmatitos mais desenvolvidos. Sobre essas rochas depositaram-se extensas coberturas de sedimentos areno-argilosos, que no Terciário ocuparam toda a bacia do médio Jequitinhonha (HARTT, 1870).

No estabelecimento da atual rede de drenagem o relevo foi esculpido, restando, em forma de chapadas, testemunhos dos sedimentos Terciários. Os processos erosivos possibilitaram, novamente, a exposição dos xistos, granitos e pegmatitos. A Figura 1 mostra, para a região dos vales do ribeirão Piauí e córrego Genipapo, no médio Jequitinhonha, a distribuição das referidas unidades litológicas.

OS XISTOS

Os xistos que ocorrem na região norte de Minas Gerais, incluindo o médio Jequitinhonha, foram considerados por MORAES (1932) como pertencentes à "Formação Macaúbas". Na área estudada, os xistos apresentam composição bastante simples, constituídos essencialmente de quartzo, biotita, sericita (moscovita) e, acessoriamente, cordierita, granada e andaluzita. São de granulação fina, textura quase sempre homogênea, localmente com alternâncias de leitos milimétricos, diferenciados pela maior ou menor concentração de quartzo e biotita.

A cordierita ocorre sob a forma de nódulos ovalóides, com dimensões que variam desde milímetros até alguns centímetros, localmente formando bandas de concentração. Em lâmina delgada, observa-se que esses blastos de cordierita possuem contornos irregulares e cresceram poiquiloblásticamente, englobando grãos de quartzo e mica. É possível que o aspecto macroscópico dos xistos ricos em porfiroblastos de cordierita leve a confundir estas rochas com metaconglomerados. Granada e andaluzita são minerais escassos e ocorrem também em forma de blastos, englobando grãos de quartzo e mica.

Em alguns locais encontra-se lentes de anfibolito encaixadas nos xistos, concordantes com a orientação geral e com espessuras que variam desde centímetros até alguns metros. São rochas de granulação média, constituídas essencialmente de quartzo e hornblenda.

A foliação dos xistos tem orientação geral NE-SW com mergulhos moderados para NW. Localmente desenvolve-se uma segunda foliação, através de planos de clivagem, ao longo dos quais encontra-se biotita recristalizada. São planos de cisalhamento, estreitamente espaçados, que induzem a transposição da foliação anterior. No vale das Tesouras, bem como para leste da cidade de Araçuaí, o mergulho da foliação dos xistos muda para SE, fato já observado por COSTA SENA (1883), que sugeriu a existência de um eixo sinclinal nas vizinhanças do córrego Calhauzinho.

Na Tabela 1 são apresentados os dados analíticos de composição química dos xistos. Considerando-se a constituição mineralógica destas rochas, admite-se que as variações dos teores dos elementos analisados estão principalmente relacionadas

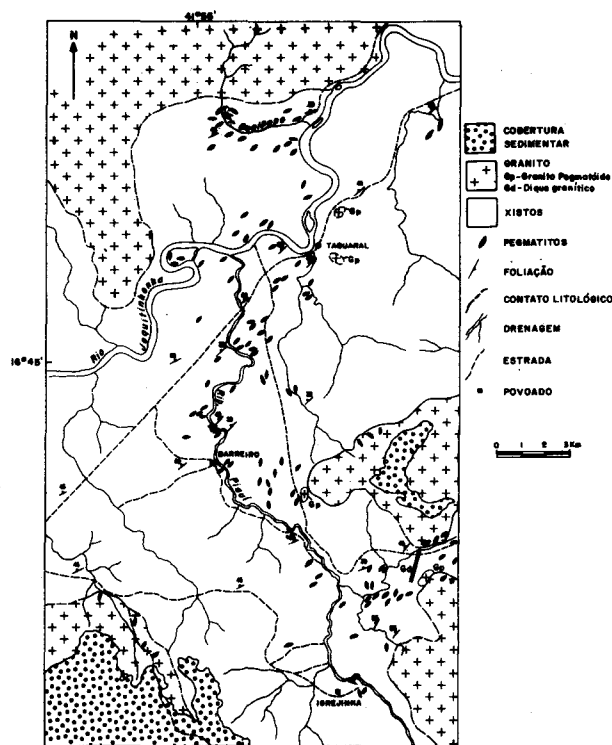


FIGURA 1 - MAPA GEOLÓGICO DA REGIÃO DO RIBEIRÃO PIAUÍ (médio Jequitinhonha)

com as variações das quantidades de micas e quartzo. Onde a composição original foi favorável quanto a disponibilidade de Magnésio, houve condições para a formação de cordierita.

OS GRANITOS

Estes geralmente se apresentam como maciços que se destacam na topografia. São constituídos de microclínio, quartzo, oligoclásio, biotita, moscovita e quantidades acessórias de hornblenda, apatita e zircão. Mostram significativas variações quanto a distribuição dos minerais essenciais. A moscovita restringe-se às zonas das bordas dos maciços, estando praticamente ausente nas suas partes centrais. São também notáveis as variações texturais, desde o tipo equigranular até o sub-

TABELA 1 - DADOS ANALÍTICOS DE COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS XISTOS (ROCHA TOTAL)*

AMOSTRA	K ₂ O %	CaO %	Al ₂ O ₃ %	MgO %	Li ppm	Be ppm	Cs ppm	Rb ppm	Sr ppm	Sn ppm	Nb ppm
JH/25	2,40	0,92	9,92	1,57	30	1	8	82	90	<20	20
JH/23B	3,78	0,76	14,45	2,80	40	2	4	128	71	<20	18
JH/23A	3,12	1,02	13,36	2,78	60	1	10	125	111	<20	25
JH/26B	3,70	1,20	12,28	2,53	45	1	15	133	89	<20	22
JH/20A	2,72	1,19	13,41	2,62	60	3	10	124	103	<20	26
JH/222	2,95	0,72	15,39	3,13	50	3	14	152	134	<20	20
JH/223	3,23	0,63	15,68	2,85	35	2	9	130	77	<20	22
JH/195	3,65	0,64	15,20	3,20	45	1	9	150	100	<20	26
JH/122D	3,40	0,70	14,35	2,97	70	<1	8	154	104	<20	24
JH/22	2,50	1,20	14,35	2,36	40	4	7	115	181	<20	25
Média	3,14	0,89	13,83	2,68	47	2	9,4	129	106	<20	22
JH/50C**	4,37	0,67	18,13	1,79	1600	12	180	794	35	30	37

*Al, Mg, Li, Be e Cs analisados através de absorção atômica, demais elementos através de fluorescência de Raios-X

**Xenólito de xisto no granito

-porfírico. Nas partes mais internas dos maciços são comuns os fenocristais de microclínio, englobando grãos de biotita, quartzo e plagioclásio. Nas partes periféricas os maciços de granito apresentam texturas equigranulares, com granulação mais fina que aquela das partes internas.

Na área encontra-se corpos graníticos de forma irregular, ocorrendo nas bordas dos maciços ou afastados deles. São corpos com dimensões aflorantes de dezenas a centenas de metros, que mostram notáveis variações texturais, desde o tipo equigranular fino até as texturas pegmatíticas. Outra característica destes corpos é a quase constante presença de turmalina (afritita), em quantidades apreciáveis, em forma de agulhas milimétricas até centimétricas. Considerando as feições texturais e mineralógicas destes corpos, que podem representar uma situação intermediária entre os granitos e os pegmatitos propriamente ditos, é válido designá-los como granitos pegmatóides. Outros corpos que merecem ser destacados são alguns diques de granito que saem dos maciços e cortam os xistos.

Na Tabela 2 são apresentados os dados analíticos de composição química dos granitos, mostrando significativas variações nos teores dos elementos químicos analisados. Estas variações devem refletir diferentes proporções relativas dos minerais essenciais, como citado anteriormente. Com relação aos elementos traços – particularmente Lítio, Césio e Berílio – os teores encontrados são consideravelmente superiores à média dos granitos (TAYLOR, 1964), mostrando uma feição geoquímica importante dos granitos aqui tratados, aos quais estão associados pegmatitos mineralizados com os elementos acima citados.

TABELA 2 – DADOS ANALÍTICOS DE COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS GRANITOS (ROCHA TOTAL)*

AMOSTRA	K ₂ O %	CaO %	Al ₂ O ₃ %	MgO %	Li ppm	Be ppm	Cs ppm	Rb ppm	Sr ppm	Sn ppm	Nb ppm
QUA/10	3,48	1,54	13,22	0,44	300	12	46	264	187	<20	53
JH/50A	4,47	0,69	17,80	0,39	400	35	58	408	57	<20	15
JH/57A	4,67	0,57	12,84	0,38	230	7	23	418	45	<20	20
JH/21B	3,19	1,66	11,76	0,51	65	6	10	206	171	<20	61
JH/58	4,78	0,67	12,75	0,35	200	11	30	353	48	<20	20
JH/64	4,10	0,62	13,97	0,10	290	25	15	174	18	<20	40
JH/21C	4,11	1,54	13,60	0,36	180	8	8	202	199	<20	42
JH/21E	4,46	1,68	15,48	0,38	195	14	12	235	204	<20	50
JH/21G	4,10	1,38	13,60	0,28	90	19	20	224	144	<20	78
Média	4,15	1,15	13,89	0,35	216	15	24	276	119	<20	42

Valores Médios para Granitos (TAYLOR, 1964)

4,02 2,21 14,55 0,26 30 5 5 150 285 3 20

*Al, Mg, Li, Be e Cs analisados através de absorção atômica, demais elementos através de fluorescência de Raios-X

A Tabela 3 apresenta os valores de composição química de

TABELA 3 – DADOS ANALÍTICOS DE COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE CONCENTRADOS DE BIOTITA DOS GRANITOS*

AMOSTRA	K ₂ O %	CaO %	Al ₂ O ₃ %	MgO %	Li ppm	Be ppm	Cs ppm	Rb ppm	Sr ppm	Sn ppm	Nb ppm
JH/50A	7,55	0,10	19,36	3,89	6.500	9	650	2.300	6	73	135
JH/21D	7,30	0,66	13,60	5,70	2.000	3	560	1.270	20	60	375
JH/21BD	4,71	0,14	16,00	2,32	2.700	25	700	1.230	13	180	400
JH/57A	7,00	0,13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2.000	4	56	125
QUA/10	7,78	0,61	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1.370	11	74	240
JH/21B	7,10	0,55	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1.260	21	64	245
JH/21C	6,77	0,78	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1.060	24	57	270
JH/58	6,86	0,10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1.800	2	54	110

n.a. = não analisado

*Al, Mg, Li, Be, e Cs analisados através de absorção atômica, demais elementos através de fluorescência de Raios-X.

concentrados de biotita, separados nas mesmas amostras dos granitos que foram analisados em rocha total. Estes resultados indicam que grande parte dos elementos traços encontrados nos granitos estão associados à biotita.

GEOCRONOLOGIA

Os xistos e granitos foram datados pelo método Rb-Sr em onze e oito amostras (rocha total), respectivamente. Deste modo obteve-se, para os xistos, uma isócrona de referência com valor de 656 ± 40 milhões de anos (Figura 2a) e para os granitos, uma isócrona de 519 ± 6 milhões de anos (Figura 2b).

Datações pelo método K-Ar foram efetuadas em moscovitas provenientes dos pegmatitos da lavra da "Cachoeira" e lavra do "Maxixe" encontrando-se, respectivamente, os valores 467 ± 18 e 490 ± 12 milhões de anos.

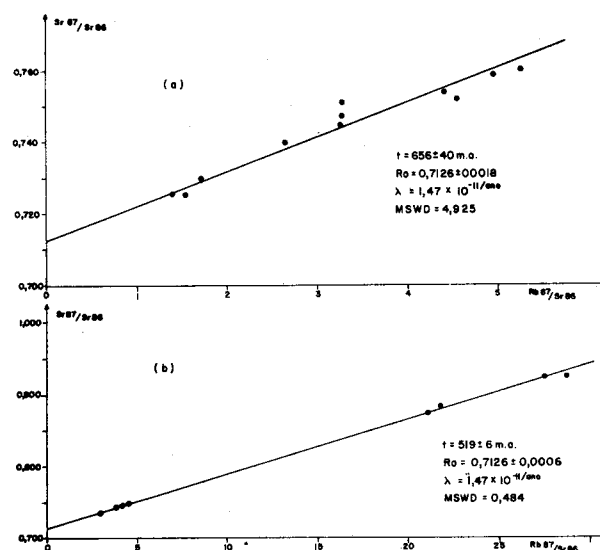


FIGURA 2 – DIAGRAMAS ISOCRÔNICOS PARA OS XISTOS (a) E GRANITOS (b) DO MÉDIO JEQUITINHONHA.

RELAÇÕES ENTRE OS XISTOS E GRANITOS

O mapeamento geológico mostrou uma nítida discordância entre a orientação geral dos xistos e a geometria dos maciços de granito, sendo que os limites entre estas unidades litológicas se fazem através de contatos bruscos. Nas bordas dos maciços de granito encontra-se, com alguma frequência, muitos xenólitos dos xistos, erráticamente distribuídos, com dimensões que chegam a dezenas de centímetros.

Como mostrado nas Tabelas 1 e 2 e na Figura 3, os xistos e granitos têm características geoquímicas bem distintas. A composição diferenciada do xenólito de xisto (Tabela 1) indica que houve forte influência dos fluidos graníticos – enriquecidos em Lítio, Berílio, Césio etc. . . – que permearam os fragmentos de xisto.

As relações Rb/K e Li/Mg aumentam durante o processo de diferenciação das rochas ígneas e podem ser usadas como índices indicadores deste processo (MASON, 1966). Na Figura 3 pode-se visualizar que os granitos apresentam nítidas tendências de diferenciação com frações enriquecidas em Rubídio e Lítio.

Segundo ALMEIDA et al. (1976) a região estudada faz parte da Faixa de Dobramentos Araçuaí, que se desenvolveu durante o Ciclo Brasileiro. Dentro deste modelo de evolução

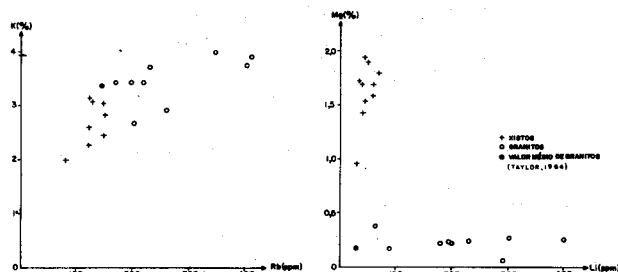


FIGURA 3 - RELAÇÕES K/Rb E Mg/Li NOS XISTOS E GRANITOS.

geotectônica a datação obtida para os xistos (656 ± 40 m.a.) corresponderia a fase principal de metamorfismo da Faixa, enquanto que os granitos (519 ± 6 m.a.) representariam eventos pós-tectônicos.

Com base nos argumentos acima citados admite-se que os granitos são de origem magmática e intrusivos nos xistos.

OS PEGMATITOS

A classificação dos pegmatitos está baseada, principalmente, nas associações minerais encontradas nos vários corpos estudados. Esse critério foi assumido após a constatação da persistência de algumas características mineralógicas, que julgamos serem um reflexo das condições de formação, podendo-se utilizá-las como indicadoras do processo evolutivo dos pegmatitos.

Ainda, merece que se ressalte uma importante característica geoquímica dos pegmatitos da região, qual seja, a notável concentração de Lítio, encontrado nas formas minerais mais importantes deste elemento (petalita, espodumênio, lepidolita e amblygonita). São minerais formados sob condições mais ou menos distintas, tendo-se verificado que os diferentes pegmatitos apresentam um certo grau de especialização quanto a concentração dos minerais de Lítio, ou seja, pode-se distinguir pegmatitos portadores, preferencialmente, de petalita, de espodumênio ou de lepidolita.

Assim, com base em critérios principalmente mineralógicos os pegmatitos da região podem ser classificados em: pegmatitos simples e pegmatitos complexos. Os primeiros são corpos de dimensões geralmente reduzidas e estão praticamente desprovidos de mineralizações de metais raros (Li, Be, Cs, Sn etc...), enquanto que os complexos contêm significativas concentrações destes metais e evoluíram através de processos diversificados.

OS PEGMATITOS SIMPLES

São constituídos essencialmente de feldspato (50-70%), quartzo (20-35%) e moscovita (geralmente menos de 10%); eventualmente a biotita também está presente e, em alguns corpos, encontra-se intercrescimento gráfico de feldspato e quartzo. O microclínio é o feldspato predominante sobre o plagioclásio (oligoclásio) sendo que este restringe-se às partes laterais dos corpos. De modo geral, a granulação varia desde milimétrica a centimétrica havendo, entretanto, maior desenvolvimento dos cristais que ocupam as partes centrais dos corpos, onde atingem dimensões de até dezenas de centímetros. Os corpos simples podem apresentar notáveis variações texturais mostrando um significativo aumento no tamanho dos cristais da borda para o centro do corpo. Esta feição resulta

em um zoneamento interno chegando mesmo à formação de um incipiente núcleo de quartzo. Nesses corpos, pode-se distinguir uma zona com espessura de alguns centímetros, localizada na região de contato com a encaixante, onde ocorre maior concentração de quartzo e moscovita com granulação milimétrica.

Acessoriamente, esses pegmatitos contêm berilo e turmalina (afrisita) que aparecem em cristais bem formados com dimensões de milímetros até alguns centímetros, sendo que a turmalina é sempre o acessório mais comum.

Numericamente, os pegmatitos do tipo simples são os mais abundantes, estando distribuídos em toda a área estudada, encaixados nos xistos e granitos. Ocorrem com maior frequência nas partes periféricas dos granitos, formando veios cruzados, interligados ou mesmo interpenetrados. As formas com que se apresentam tendem ao tipo tabular, com espessuras que variam desde centímetros até alguns metros. Os comprimentos geralmente são medidos em dezenas de metros podendo atingir até algumas centenas de metros.

OS PEGMATITOS COMPLEXOS

Compreendem aqueles corpos que contêm quantidades apreciáveis de minerais acessórios, notadamente minerais de Lítio. Ocorrem sempre encaixados nos xistos em posição discordante com a orientação dessas rochas. Geralmente apresentam um zoneamento interno bem desenvolvido, podendo assumir formas tabulares porém, mais comumente, se aproximam das formas lenticulares. Suas dimensões são medidas em até dezenas de metros na largura e centenas de metros no comprimento.

A concentração diferencial dos minerais de Lítio, em constante associação com outras espécies mineralógicas, bem como a persistência de algumas características texturais internas, justificam a seguinte classificação para os pegmatitos complexos da região estudada:

- Pegmatitos com microclínio-quartzo-moscovita-petalita (espodumênio)-(albita).
- Pegmatitos com microclínio-quartzo-espodumênio-albita-moscovita.
- Pegmatitos com microclínio-quartzo-albita-moscovita-lepidolita-amblygonita.
- Pegmatitos com microclínio-quartzo-moscovita-polucita-espodumênio-lepidolita-albita.

Pegmatitos com Microclínio-Quartzo-Moscovita-Petalita - (Espodumênio)-(Albita)

A mais notável característica desses corpos é a presença, de petalita, que muitas vezes ocorre em quantidades econômicas e localizada preferencialmente nas partes centrais dos corpos. Mostram um zoneamento interno distinto o qual, da borda para o centro, apresenta as seguintes unidades texturais e mineralógicas:

a) zona da parede, com granulação milimétrica, constituída principalmente de quartzo e moscovita, tendo uma espessura máxima de 30 cm. Plagioclásio (oligoclásio) e microclínio também ocorrem nesta zona, sendo melhor identificados através de observação microscópica;

b) a zona da parede passa gradativamente a um pegmatito do tipo simples, com granulação centimétrica, constituído de feldspato (microclínio), quartzo e moscovita. Esta zona tem alguns metros de espessura e, a medida que se aproxima do centro do corpo, passa a conter cristais de microclínio bem maiores.

c) a zona mais central é constituída principalmente de grandes cristais de microclínio e petalita que podem atingir dimensões de até 1 metro. Nesta zona podem aparecer massas de quartzo. A petalita concentra-se preferencialmente nas partes centrais, mas veios e bolsões deste mineral podem estender-se pelas zonas laterais.

As relações texturais observadas em muitas frentes de lavra indicam que a petalita está seccionando ou penetrando por entre os cristais de feldspato. Não há indícios de que a petalita tenha substituído um mineral anterior, mesmo quando observada em secções delgadas no microscópio.

A petalita é de cor branca com um plano de clivagem bem desenvolvido. Na lavra do “Maxixe” pode-se encontrar petalita incolor, transparente, ou com tonalidades de amarelo claro. Nos pegmatitos das lavras do “Maxixe”, “Meio” e “Chapadinha” encontra-se espodumênio de cor verde clara, em cristais alongados, com vários decímetros de comprimento e sempre associados à zona de ocorrência da petalita. Comumente encontram-se massas de quartzo ao redor dos cristais de espodumênio. As relações texturais observadas no local indicam que os cristais de espodumênio foram formados posteriormente, pois estão cortando as massas de feldspato e petalita.

Acessoriamente, esses corpos contêm berilo de cor azul esverdeada, turmalinas (nas variedades afrita, verde e azul escuro) e mais raramente, pequenas placas de tantanita-columbita. Nas lavras do “Maxixe” e “Genipapo” ocorreu uma fase incipiente de albitização, localizada na zona central, onde estão alguns bolsões de amblygonita.

Pegmatitos com Microclínio-Quartzo-Espodumênio-Albita-Moscovita.

Apresentam-se em forma de diques tabulares com espessuras de metros e comprimentos que alcançam algumas centenas de metros. Os corpos mais importantes estão localizados nas margens do ribeirão Piauí, mas representantes deste grupo são também encontrados no vale do córrego das Tesouras e nas margens do rio Araçuaí, na Fazenda Bananal, entre as cidades de Araçuaí e Itira.

Ao longo de todos os corpos praticamente não ocorrem variações texturais, exceto nas bordas onde a granulação dos cristais é fina. A mineralogia principal constitui-se de microclínio, quartzo, espodumênio, albita e moscovita. O espodumênio forma cerca de 20% dos corpos, microclínio e albita cerca de 40-45%, com predominância do primeiro, enquanto que a moscovita constitui menos de 10%. Os cristais de feldspato e espodumênio podem atingir dimensões de até 1 metro mas o tamanho médio oscila entre 10-20 cm. Entre os vários corpos podem ocorrer variações nos tamanhos médios dos cristais. O espodumênio ocorre em cristais alongados, às vezes tabulares, de cor verde clara.

As relações texturais observadas nas frentes de lavra indicam limites muito bem definidos entre os cristais de espodumênio e os outros minerais. Frequentemente pode-se constatar que estes cristais estão cortando as massas de microclínio. É relativamente comum o intercrescimento de espodumênio e quartzo e, algumas vezes, pequenos cristais de moscovita podem estar associados ao espodumênio. Os pegmatitos desse grupo apresentam uma fase de albitização em escala moderada. A albita frequentemente substitui microclínio e espodumênio, podendo, eventualmente preencher fraturas nestes minerais.

Amblygonita e berilo são os acessórios mais comuns, sendo que este último se apresenta em cristais de cor branca com di-

mensões de vários centímetros. Quantidade menores de tantanita-columbita estão presentes em associação com a albita. Pequenos grãos de esfalerita e pirita podem ser encontrados nas bordas das encaixantes ou mesmo dentro dos corpos de pegmatito.

Pegmatitos com Microclínio-Albita-Quartzo-Moscovita-Lepidolita-Amblygonita

Na região, os melhores representantes deste grupo de pegmatitos são os corpos das lavras do “Urubu”, “Generosa”, “Alair” e Baixão”. Constituem os corpos mais evoluídos dentro do processo pegmatítico. Neles são identificadas as quatro zonas classicamente descritas nos pegmatitos bem desenvolvidos, ou seja: zona da borda, zona da parede, zona intermediária e núcleo. O zoneamento interno é distinguido da borda para o centro, como segue:

a) na borda encontra-se uma zona constituída principalmente de quartzo e moscovita, com granulação milimétrica, espessura centimétrica e, bem no contato com o xisto encaixante, desenvolve-se uma intensa turmalinização (afrita). Microscopicamente identificam-se grãos intersticiais de plagioclásio (oligoclásio) e microclínio.

b) a zona da borda passa gradativamente para um pegmatito do tipo simples, com granulação centimétrica, contendo placas de moscovita em forma de “livros”, com dimensões de até algumas dezenas de centímetros. A espessura desta zona é pouco superior a um metro;

c) segue-se a zona dos grandes cristais de feldspato (microclínio) os quais, a medida que se aproximam do núcleo, cedem lugar a massas de albita;

d) nas partes centrais dos corpos encontram-se massas de quartzo, geralmente leitoso, constituindo o núcleo.

Esses pegmatitos apresentam elevado grau de albitização, desenvolvida principalmente dentro da zona dos feldspatos, que avançam a partir do núcleo de quartzo, podendo chegar até perto dos contatos, como acontece no pegmatito da lavra do “Urubu”. Ao redor do núcleo de quartzo encontra-se massas de agregados de lepidolita intimamente associadas a albita. Em posição semelhante também ocorrem bolsões de amblygonita.

Esses corpos são os que apresentam a mais diversificada associação mineralógica que está quase sempre ligada à albitização. Encontra-se berilos nas variedades azul, amarelo (heliodora), rósea (morganita) e incolor. Localmente a rubelita forma agregados, em forma de rosário, nas partes periféricas do núcleo de quartzo. São relativamente comuns as turmalinas bicolores tendo um núcleo róseo, com inclusões de quartzo e lepidolita, envolvido por uma capa de turmalina verde. Turmalinas com qualidades de gema têm sido encontradas com relativa frequência.

Na lavra do “Urubu” pode-se identificar um zoneamento quanto à distribuição das variedades de turmalina. A afrita encontra-se na zona da borda, onde parece ter havido influência do xisto encaixante. Na zona da parede, comumente associada às placas de moscovita, a turmalina predominante é de cor verde, enquanto que as variedades rósea e bicolores estão localizadas nas partes centrais dos corpos, principalmente nas bordas do núcleo de quartzo.

A cassiterita é um acessório importante nestes pegmatitos, ocorrendo normalmente em associação com a albita. Da lavra do “Urubu”, foram extraídas grandes quantidades de cassiterita, mas hoje a produção é bastante reduzida, pois as maiores concentrações deste mineral ocorrem nas partes superiores do

pegmatito, em grande parte já lavradas. Como acessório menor encontra-se tantalita-columbita, também associada à albita.

Como já citado, a albita invade a zona dos feldspatos (microclínio) não sendo possível estabelecer contatos precisos entre estes minerais. Observações microscópicas mostram relações de substituição do microclínio pela albita.

A lepidolita é o mineral de Lítio mais importante nesses pegmatitos, seguida pela ambligonita. Os bolsões de lepidolita alcançam dimensões de alguns metros cúbicos, sendo constituídos por um agregado de placas milimétricas, comumente associadas a pequenos grãos de quartzo e albita. Na lavra do "Alair" a lepidolita também ocorre na forma de placas com dimensões centimétricas. Na lepidolita a cor predominante é a rosa clara, mas também são encontradas variedades quase brancas.

Nas zonas internas desses pegmatitos aparecem cavidades, geralmente preenchidas por drusas de quartzo ou clelandita, com dimensões de até dezenas de centímetros.

Pegmatito com Microclínio-Quartzo-Polucita-Espodumênio-Lepidolita-albita.

Este tipo está representado por um único corpo, situado no lado esquerdo do ribeirão Piauí, nas proximidades do povoado de Igrejinha. Em superfície tem forma aproximadamente tabular, aflorando numa extensão de algumas dezenas de metros com largura média de 6 metros. Trata-se de um pegmatito do tipo complexo mais evoluído, equivalente aqueles do grupo anterior, mas com uma característica geoquímica particular, em razão do seu alto conteúdo em Césio, que possibilitou a formação de polucita, a qual aparece na forma de veios e bolsões com até dois metros de largura. Neste corpo pode-se distinguir quatro zonas, da borda para o centro, como segue:

a) zona da borda, com alguns centímetros de espessura, constituída principalmente de quartzo e moscovita, com granulação milimétrica.

b) zona da parede, tendo aproximadamente um metro de largura, com cristais de granulação centimétrica, constituída essencialmente de feldspato, quartzo e moscovita;

c) a zona intermediária é formada essencialmente por grandes cristais de feldspato (microclínio);

d) a zona mais central é ocupada por massas de quartzo branco.

Entre as massas de quartzo e feldspato (microclínio) estão os bolsões e veios de polucita e cristais de espodumênio, com até 1m de comprimento. A polucita é de cor creme clara a branca e o espodumênio de cor rosa bem clara. Sob observação microscópica a polucita é isótropa e engloba grãos de quartzo e feldspato com bordas corroídas. Os contatos irregulares entre a polucita e o microclínio e as inclusões deste último, indicam que houve substituição do feldspato e, conseqüentemente, a deposição de polucita e espodumênio. Este apresenta características bem distintas do espodumênio encontrado nos pegmatitos já descritos, tendo em vista o modo de ocorrência, a cor em tons levemente róseos e a associação mineralógica. Também encontra-se neste pegmatito quantidades menores de lepidolita, em forma de agregados de palhetas milimétricas e pequenos grãos de cassiterita disseminados.

Comparando-se os pegmatitos aqui abordados com os vários tipos descritos nas classificações de FERSMAN (1931) e GINZBURG (1960) encontra-se as seguintes correspondências:

a) Os pegmatitos simples são comparáveis aos tipos 3 e 4 da classificação de FERSMAN e ao tipo 3 (estágio K) de GINZBURG, formados por cristalização direta.

b) Os pegmatitos com petalita e os com espodumênio correspondem ao estágio Li intermediário de GINZBURG sendo tipos de transição entre os pegmatitos de cristalização direta e os que sofreram intensa substituição.

c) Os pegmatitos com lepidolita, ambligonita e polucita são os tipos mais evoluídos e complexos, nos quais ocorreu intensa substituição (albitização) com enriquecimento progressivo em Lítio, Rubídio, Césio, Berílio, Estanho etc... Correspondem principalmente ao tipo 5 de FERSMAN, com notável desenvolvimento dos estágios Na e Li-Cs de GINZBURG.

RELAÇÕES ENTRE OS PEGMATITOS E AS ENCAIXANTES

Os corpos simples estão geralmente encaixados em fraturas, tanto nos granitos como nos xistos, mas encontra-se também, veios de pequena possança, concordantes com os planos de foliação dos xistos. Os pegmatitos complexos, que se encontram apenas dentro dos xistos, estão discordantes com a orientação das encaixantes. A grande maioria dos corpos de pegmatitos orienta-se segundo direções dentro do intervalo N40-80E. Muitas vezes, as direções dos pegmatitos praticamente coincidem com as direções dos planos de foliação dos xistos. Nestes casos, a relação de discordância é verificada quando se examina os ângulos de mergulho, pois os pegmatitos estão geralmente em posições subverticais enquanto que os planos de foliação têm menores ângulos de mergulho.

Dentro dos pegmatitos é comum encontrar-se xenólitos de xistos, os quais apresentam efeitos de recristalização bem visíveis, com notável desenvolvimento de turmalina (afrisita).

Na zona de contato com os pegmatitos, os xistos sofreram modificações texturais, mineralógicas e químicas. Macroscopicamente observa-se evidências de recristalização, quer pelo aumento da granulação (nem visível na biotita), quer pela maior compacidade das rochas em comparação com os xistos normais. A mais notável modificação mineralógica é o aparecimento de turmalina (afrisita) em cristais milimétricos até centimétricos, em forma de agulhas, quase sempre perpendiculares às superfícies de contato.

As modificações químicas apresentadas pelos xistos que estão em contato com os pegmatitos, foram investigadas pela análise dos elementos Rb, Li, Cs, Sn e Zn, comparando-se com os teores médios desses elementos nos xistos que não sofreram influência de pegmatitos. A figura 4 mostra as variações nos teores dos elementos analisados, em amostras de xisto tomadas a diferentes distâncias dos contatos com os pegmatitos. Verifi-

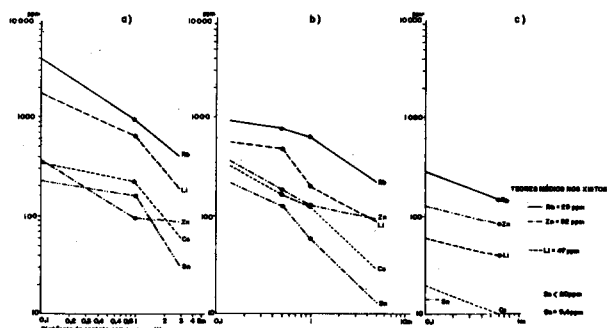


FIGURA 4 - INFLUENCIA DOS PEGMATITOS NAS ENCAIXANTES: VARIAÇÕES DOS TEORES DE Rb, Li, Cs, Zn e Sn NOS XISTOS ADJACENTES AOS PEGMATITOS. a) xisto adjacente a um pegmatito complexo com lepidolita. b) xisto adjacente a um pegmatito complexo com petalita e espodumênio. c) xisto adjacente a um pegmatito simples.

ca-se que há um notável aumento nos teores daqueles elementos, na zona de contato, decrescendo rapidamente à medida que se afasta dos pegmatitos. A influência química dos pegmatitos sobre os xistos encaixantes atinge, no máximo, alguns metros. Também, pode-se verificar que o grau da influência química aqui referida tem relação com o tipo do pegmatito associado à modificação, sendo mais intensa junto do corpo mais complexo, e quase sem expressão nas adjacências do pegmatito simples.

DISTRIBUIÇÃO E ZONEAMENTO DOS PEGMATITOS COMPLEXOS

Como já mencionado, os pegmatitos complexos concentram, preferencialmente, uma fase mineralógica específica de Lítio ou seja, petalita, espodumênio ou lepidolita, feição esta que serviu de base para a classificação aqui adotada.

A Figura 5, mostra a localização dos pegmatitos complexos que possuem as mais importantes mineralizações de Lítio. Nesta figura verifica-se que há um zoneamento, definido pela distribuição espacial dos vários corpos com suas mineralizações características. Os pegmatitos ricos em petalita – os mais numerosos – ocupam posições mais próximas dos maciços de granito. Aqueles mineralizados com lepidolita estão mais afastados dos granitos, enquanto que as mineralizações de espodumênio ocorrem, aproximadamente, em posição intermediária entre os pegmatitos com petalita e os com lepidolita. Conforme será abordado no capítulo seguinte, este zoneamento é consistente com as condições de formação dos citados minerais de Lítio, refletindo o processo de desenvolvimento das mineralizações.

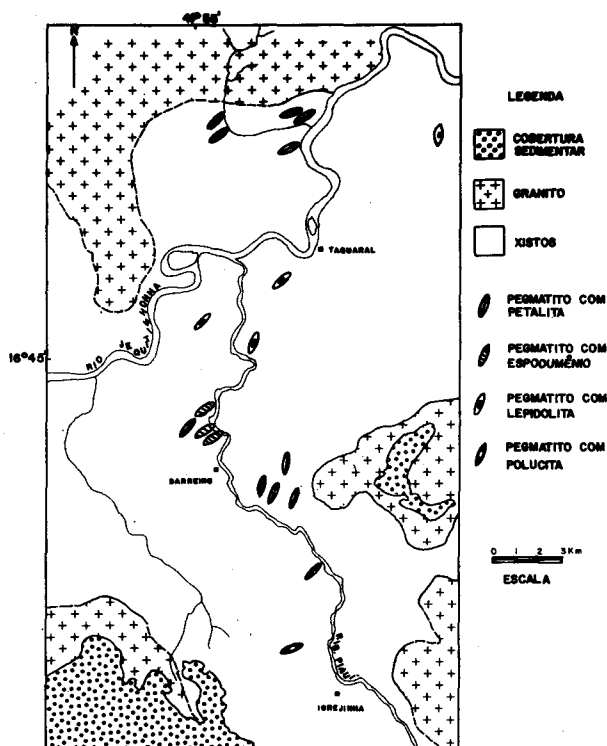


FIGURA 5 - DISTRIBUIÇÃO DOS PRINCIPAIS PEGMATITOS MINERALIZADOS (escala exagerada para os corpos de pegmatitos)

Com base nas relações geológicas, geomorfológicas e de distribuição espacial entre xistos, granitos e pegmatitos da região abordada e o fato de que, no mundo todo, a maioria dos campos pegmatíticos associados a plutons graníticos situam-se nas partes apicais, ou logo acima dos referidos plutons (ROUTHIER, 1963), pode-se inferir que já foram erodidos muitos dos pegmatitos da região aqui tratada, principalmente aqueles corpos de evolução mais complexa.

GÊNESE E EVOLUÇÃO DOS PEGMATITOS

Fatos geológicos levantados no terreno mostraram que tanto os granitos como os pegmatitos têm as mesmas relações estruturais com as rochas adjacentes – ambos são discordantes e contêm xenólitos dos xistos encaixantes – indicando que foram colocados por mecanismos de intrusão. Este fato, associado às datações geocronológicas obtidas, permite uma primeira conclusão, qual seja, granitos e pegmatitos foram formados após o metamorfismo regional que deu origem aos xistos.

Os granitos e pegmatitos estão estreitamente associados no tempo e no espaço, de modo que a abordagem dos seus processos formadores pode ser feita segunda uma linha de raciocínio coerente, admitindo que estão interligados. Quando no capítulo anterior foi argumentada e proposta a origem ígnea para os granitos, já se estabeleceu um certo compromisso com um modelo genético para os pegmatitos.

De várias partes do mundo, dados geoquímicos obtidos em muitas rochas graníticas com mineralizações associadas mostram que, essas rochas, apresentam concentrações dos elementos mineralizantes em valores consideravelmente maiores que aqueles encontrados em rochas semelhantes, porém desprovidas de mineralizações (BEUS, 1968, 1969; VARLAMOFF, 1969). No distrito de Preissac-Lamotte-Lacorne, Quebec, os pegmatitos com espodumênio são geneticamente relacionados com granitos intrusivos altamente enriquecidos em Lítio (SIROONIAN et al., 1959), com teores entre 89-390 ppm e valor médio de 248 ppm de Lítio (maciço de Lacorne). Os granitos da região de Itinga-Araçuaí apresentam teores entre 65-400 ppm e valor médio de 216 ppm de Lítio.

Nas biotitas do maciço de Lacorne os autores acima citados encontraram teor médio de 3.010 ppm de Lítio e nas biotitas dos granitos de Itinga-Araçuaí encontrou-se o valor médio de 3.700 ppm de Lítio (Tabela 3).

Nos xistos, as quantidades de Lítio, Berílio, Césio e Rubídio são baixas e com poucas variações, comparativamente aos teores destes elementos nos granitos (Tabelas 1 e 2).

Tendo em vista os dados geológicos, geocronológicos e geoquímicos que foram apresentados, admite-se a existência de relações genéticas entre os pegmatitos e granitos da região de Itinga-Araçuaí. Também, a localização e distribuição dos diferentes tipos de pegmatitos em relação aos maciços de granito, configurando um arranjo em zonas (Figura 5), é mais uma evidência favorável ao modelo genético aqui proposto. Segundo JAHNS (1955, p. 1061) "a magmatic source for pegmatite bodies that lie wholly within older country rocks is strongly indicated by systematic zonal relationship with respect to igneous plutons".

A formação dos pegmatitos é melhor explicada através da cristalização progressiva de frações destacadas do magma que originou os granitos, sem influências significativas das rochas encaixantes. Uma vez assumido que os pegmatitos provêm do magma granítico, torna-se necessário explicar o processo pelo qual o magma inicial se diferenciou, possibilitando a concentração de elementos raros, principalmente o Lítio,

na fase pegmatítica.

Aparentemente, algumas diferenciações geoquímicas foram iniciadas desde os primeiros estágios da cristalização, como pode ser visualizado na Figura 3 e que mostra a tendência de concentração de Lítio e Rubídio em porções do próprio granito. Em rochas graníticas diferenciadas, tem-se verificado um notável enriquecimento de Lítio e Rubídio à medida que progride a diferenciação (SLEPNEV, 1958) encontrando-se valores máximos nas rochas das zonas apicais (VORONTSOV, 1966).

Segundo o modelo de STEWART (1978), apoiado em resultados experimentais, um processo de diferenciação magmática explica adequadamente a existência de uma fase de cristalização altamente concentradora de minerais de Lítio. Neste caso os primeiros produtos de cristalização do magma seriam principalmente feldspato e quartzo, enquanto que o Lítio permaneceria na fusão residual, concentrando-se progressivamente, até atingir-se uma temperatura mínima de fusão quando então dar-se-ia a cristalização de silicatos de Lítio. Dependendo das condições de pressão e temperatura cristaliza-se espodumênio ou petalita sendo esta última a forma estável em temperaturas mais altas. Havendo resfriamento pode ocorrer a transformação de petalita em espodumênio + quartzo.

Trabalhos desenvolvidos por MUNHOZ (1971), em um sistema sob condições hidrotermais, mostraram que a lepidolita é estável somente em baixas temperaturas, podendo formar-se a partir da reação entre espodumênio e feldspato potássico em presença de fluido contendo Fluor.

Com base em resultados experimentais e observações de ocorrências naturais, a sequência petalita-espodumênio-lepidolita, pode ser associada à condições de temperaturas decrescentes e, conseqüentemente, a distanciamientos em relação à fonte.

Rubídio e Césio são elementos normalmente incorporados nos minerais de Potássio, sobretudo o primeiro, devido à grande semelhança geoquímica entre eles (MASON, 1966). Entretanto, os teores relativos de Césio e Rubídio aumentam com a evolução do processo pegmatítico (GINZBURG, 1960), sendo que o Césio pode eventualmente, atingir concentrações suficientemente elevadas que possibilitem a formação de polucita (WEDEPOHL, 1972). Assim as relações Rb/K e Cs/K que aumentam no decorrer do processo pegmatítico são utilizadas como indicadores do grau de evolução.

Na Figura 6, são mostrados as relações Rb/K e Cs/K medidas nos feldspatos potássicos, dos vários tipos de pegmatitos da região de Itinga-Araçuaí, onde distingue-se dois grupos de feldspatos potássicos, no que concerne aos seus teores de Rubídio e Césio. O primeiro grupo, com teores mais baixos, contém os feldspatos dos pegmatitos do tipo simples, bem como os provenientes dos pegmatitos com petalita e com espodumênio. No segundo grupo, encontra-se os feldspatos potássicos dos pegmatitos com lepidolita e polucita, nos quais os teores daqueles elementos são significativamente mais altos.

Como já citado, o aumento do conteúdo de Rubídio e Césio nos minerais dos pegmatitos reflete a evolução do processo pegmatítico como um todo. Esta feição geoquímica, associada às relações texturais verificadas entre os vários minerais, bem como aspectos de estrutura e distribuição dos pegmatitos estudados, permitem que se estabeleça um esquema evolutivo para os pegmatitos da região, particularmente aqueles portadores de minerais de Lítio, podendo-se concluir que:

a) os corpos com petalita e os com espodumênio podem ser considerados como sendo pegmatitos do tipo simples que tive-

ram injeções de fluidos altamente enriquecidos em Lítio. Esses fluidos cristalizaram-se como petalita ou como espodumênio, dependendo das condições de pressão e temperatura.

b) nos pegmatitos que contém petalita e espodumênio, este se apresenta cortando aquela, sugerindo fases de cristalização distintas. Esta situação está de acordo com o modelo experimental de STEWART (1963) pois, com o abaixamento da temperatura, a petalita é sucedida por espodumênio mais quartzo. Nos casos em que se encontra intercrescimento de espodumênio e quartzo é possível que tenha ocorrido uma cristalização anterior na forma de petalita.

c) a albitização verificada nos pegmatitos com espodumênio, é um fenômeno posterior à formação deste silicato de Lítio, que é cortado e substituído pela albita.

d) a lepidolita ocorre nos pegmatitos mais complexos, associada às zonas de forte albitização, onde também são encontradas as maiores concentrações de amblygonita. A albitização desenvolveu-se através de processo metassomático, substituindo principalmente os feldspatos potássicos, sendo acompanhada pela cristalização de lepidolita, amblygonita, berilo, cassiterita, turmalinas bicolores e quantidades menores de tantalita-columbita.

e) os pegmatitos com polucita situam-se no mesmo nível de evolução dos pegmatitos com lepidolita, tendo porém uma feição geoquímica particular, visto o seu grande enriquecimento em Césio. As relações texturais sugerem que a formação de polucita deu-se por substituição, através de fluido altamente enriquecido em Césio.

f) como já mostrado, os pegmatitos se distribuem em zonas, que são caracterizadas pela maior frequência de um determinado tipo de pegmatito — os que contém petalita estão mais próximos dos maciços de granito, enquanto que os com lepidolita estão mais afastados. Este padrão de distribuição é compatível com a origem e evolução proposta para os pegmatitos — a partir de frações residuais do magma granítico — visto que a petalita se forma em condições de temperaturas mais altas que as da lepidolita. As distribuições de Rubídio e Césio, nos feldspatos potássicos, confirmam este esquema evolutivo.

g) os corpos que foram denominados de granitos pegmatóides representam a transição entre os granitos e pegmatitos propriamente ditos. Esta situação está de acordo com o modelo genético e evolutivo proposto por JAHNS e BURNHAM (1969) para os pegmatitos graníticos. Segundo estes autores.

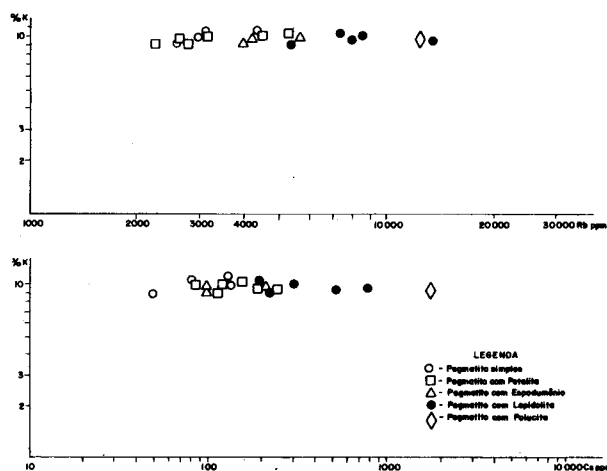


FIGURA 6 - RELAÇÕES K/Rb E K/Cs NOS FELDSPATOS POTÁSSICOS DOS PEGMATITOS

a primeira etapa da evolução do magma pegmatítico seria “crystallization from hydrous silicate melt, yielding anhydrous solid phases with or without OH-bearing phases. The product is characterized by normal phaneritic textures that generally are coarse grained. It has been termed pegmatite in some occurrences, and granite in others”.

Assim, no processo evolutivo dos pegmatitos da região estudada distingue-se uma fase de cristalização direta a partir da fusão pegmatítica residual e uma fase de intensa substituição dos minerais da fase anterior, principalmente os feldspatos.

Os pegmatitos do tipo simples e as principais mineralizações de petalita e espodumênio são atribuídas à primeira fase, em diferentes estágios de cristalização. Os pegmatitos mais complexos, mineralizados com lepidolita, ambligonita, polucita etc..., evoluíram através de intensa substituição metassomática que possibilitou a concentração dos citados minerais.

BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, F. F. M. de; HASUI, Y. & BRITO NEVES, B. B. – 1976 – *The Upper Precambrian of South America* – Bol. Inst. Geoc., USP, v. 7, pp. 45-80.
- BEUS, A. A. & SITNIN, A. A. – 1968 – *Geochemical Specialization of Magmatic Complexes as Criteria for the Exploration of Hidden Deposits* – XXIII International Geological Congress, v. 6, pp. 101-105, Prague.
- BEUS, A. A. – 1969 – *Geochemical Criteria for Assessment of the Mineral Potential of Igneous Rock Series During Reconnaissance Exploration* – International Geochemical Exploration Symposium, Quarterly of the Colorado School of Mines, v. 64, n. 1, pp. 67-74.
- COSTA SENA, J. C. de – 1883 – *Notícia sobre a Mineralogia e Geologia de uma parte do norte e nordeste da Província de Minas Geraes* – Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto, n. 2, pp. 113-136.
- FERSMAN, A. E. – 1931 – *Les Pegmatites, leur importance scientifique e pratique* – Acad. Sci. URSS, trad., Univ. Louvain, Bélgica, 1951.
- GINZBURG, A. I. – 1960 – *Specific Geochemical Features of the Pegmatitic Process, in Minerals and Genesis of Pegmatites* – International Geological Congress, 21st, Part XVII, Copenhagen, pp. 111-121.
- HARTT, C. F. – 1870 – *Geologia e Geografia Física do Brasil* – Tradução, Cap. III, Coleção Brasileira, Série 5a., v. 200, Companhia Editora Nacional, 1941.
- JAHNS, R. H. – 1955 – *The Study of Pegmatites* – Economic Geology, 50th Ann., Part II, pp. 1025-1130.
- JAHNS, R. H. e BURNHAM – 1969 – *Experimental Studies of Pegmatite Genesis. I – A model for the Derivation and Crystallisation of Granitic Pegmatites* – Economic Geology vol. 64, pp. 843-864.
- MASON, B. – 1966 – *Principles of Geochemistry* – 3rd edition – John Wiley and Sons, Inc.
- MORAES, L. J. – 1932 – *Área ocupada pela Formação Macahubas no norte de Minas Geraes* – Annaes Acad. Bras. Sci., tomo IV, n. 3, pp. 111-114, Rio de Janeiro.
- MUNOZ, J. L. – 1971 – *Hydrothermal stability relations of synthetic lepidolite* – Amer. Mineral., v. 56, pp. 2069-2087.
- PAIVA, G. – 1946 – *Províncias Pegmatíticas do Brasil* – DNPM – Div. Fom. Prod. Min., Bol. 78, pp. 13-21, Rio de Janeiro.
- ROUTHIER, P. – 1963 – *Les gisements métallifères* – Tome I, Masson et Cie.
- ROWE, R. B. – 1953 – *Pegmatitic Beryllium and Lithium Deposits, Preissac-Lacorne region, Abitibi County, Quebec* – Geological Survey of Canada, Paper 53-3, 35 p.
- SÁ, J. H. S. & SVIZERO, D. P. – 1976 – *Polucita em pegmatito no Município de Araçuaí, MG* – Resumo, XXIX Congresso Brasileiro de Geologia, Ouro Preto.
- SIROONIAN, H. A.; SHAW, D. M. & JONES, R. E. – 1959 – *Lithium Geochemistry and the Source of the Spodumene Pegmatites of the Preissac-Lacorne region of Western Quebec* – The Canadian Mineralogist, v. 6, part. 3, pp. 320-338.
- SLEPNEV, Yu. S. – 1958 – *Some Peculiarities in the Distribution of Lithium and Rubidium in Certain Granitoids of Yakutia* – Geochemistry, n. 2, pp. 151-154.
- STEWART, D. B. – 1963a – *Petrogenesis and Mineral Assemblages of Lithium-rich Pegmatites (Abs)* – Geol. Soc. America, Special Paper 76, p.159A.
- STEWART, D. B. – 1978 – *Petrogenesis of Lithium-rich Pegmatites* – American Mineralogist, vol. 64, pp. 970-980.
- TAYLOR, S. R. – 1964 – *Abundance of Chemical Elements in the Continental Crust: a new Table* – Geochimica et Cosmochimica Acta, v. 28, pp. 1273-1285.
- VARLAMOFF, N. – 1969 – *The bearing of Tin Minerals and ores in the Weathering zone and the possibility of Geochemical Exploration for Tin* – International Geochemical Exploration Symposium, Quarterly of the Colorado School of Mines, v. 64, n. 1, pp. 479-495.
- VARLAMOFF, N. – 1972 – *Central and West African Rare-Metal granitic Pegmatites, related Aplites, Quartz Veins and mineral deposits* – Mineralium Deposita, v. 7, pp. 202-216.
- VORONTSOV, A. Ye. & LIN, N. G. – 1966 – *Rubidium and Lithium in the granitoids of the Bugul'min Complex (Eastern Sayans)* – Geochemistry International, v. 3, n. 6, pp. 1108-1116.
- WEDEPOHL, K. H. – editor – 1972 – *Handbook of Geochemistry* – v. II/3, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York.