

**DANIELLA MACHADO ARANHA**

**GEOLOGIA DOS PEGMATITOS DE VOLTA GRANDE – CORPO “A”**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO  
(BACHARELADO EM GEOLOGIA)**

UFRJ  
Rio de Janeiro  
2010



UFRJ

**Daniella Machado Aranha**

**Geologia dos pegmatitos de Volta Grande – corpo A**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado como requisito necessário para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientador:

Julio Cesar Mendes

RIO DE JANEIRO,  
JULHO, 2010

D.M.Aranha

**Título:** Geologia dos pegmatitos de Volta Grande –  
corpo A

Rio de Janeiro: UFRJ / IGeo, 2010

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em  
Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro,  
Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2010.

Orientador: Julio

1. Geologia. – Trabalho de Conclusão de Curso. I. Julio  
Cesar Mendes. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro,  
Instituto de Geociências, Programa de Pós-graduação em  
Geologia. III. Título.

DANIELLA MACHADO ARANHA

Geologia dos pegmatitos de Volta Grande – Corpo “A”

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado como requisito necessário para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientador:

Julio Mendes - UFRJ

Aprovada em:

Por:

---

Orientador: Julio Cesar Mendes (UFRJ)

---

Fernando Roberto Mendes Pires (INB)

---

André Ribeiro (UFRJ)

UFRJ  
Rio de Janeiro  
2010

## **Agradecimentos**

Agradeço primeiramente aos meus pais, Marco Antonio e Eni Aranha e à minha família, por todo respeito, amor e apoio incondicional que foi me dado todos esses anos. Ao Felipe, por todo carinho, paciência e compreensão. Ao mestre e amigo professor Fernando Pires, pelo incentivo nas horas mais difíceis. À CIF Mineração, pela oportunidade e apoio em realizar e custear todo trabalho de conclusão de curso. Aos meus amigos de faculdade pelas experiências incríveis que passamos juntos a cada campo. Aos orientadores, professores Joel Valença, João Baptista (Juca), in memoriam, e Julio Cesar (Julinho) pela dedicação ao longo desses anos. Ao pessoal da secretaria, Walgenor e Aloisio, pela preocupação em estar sempre solucionando meus problemas. Ao grande amigo Ozair (Turquinho), pelos ensinamentos que não temos em sala de aula.

## Sumário

Agradecimentos .....	v
1- INTRODUÇÃO.....	7
2- OBJETIVOS.....	8
3 – LOCALIZAÇÃO E GEOGRAFIA.....	9
4 – GEOLOGIA REGIONAL.....	11
5 – PEGMATITO DE VOLTA GRANDE .....	15
5.1 – ZONEAMENTO DO PEGMATITO.....	20
6 – PETROLOGIA DO PEGMATITO .....	25
7 – ESTIMATIVA DE COMPOSIÇÃO DO PEGMATITO – CORPO A .....	29
8 – METASSOMATISMO E ASPECTOS GENÉTICOS .....	31
9 – CONCLUSÕES .....	33
10 – BIBLIOGRAFIA E REFERÊNCIAS .....	34

## **1 – INTRODUÇÃO**

O pegmatito de Volta Grande, no sul de Minas Gerais, pode ser comparado a corpos pegmatíticos de outros lugares do mundo, em função de reservas atingindo até 4 milhões de toneladas, como Tanco (Canadá), Bikita (África), Greensbushes (Austrália) e Kings Mountain (Austrália). Um estudo abrangendo aspectos da geologia, mineralogia e variação geoquímica no pegmatito Volta Grande é aqui apresentado, na forma de monografia de conclusão do curso de Geologia da UFRJ.

A história do pegmatito de Volta Grande começou no final dos anos 40, com garimpeiros enviando areia preta de outros pegmatitos da província de São João del Rei para Frei Norberto de Beaufort que classificou como minerais pesados e não magnéticos. A análise culminou com o reconhecimento da cassiterita. Tantalita, columbita e microlita foram identificados durante a década de 50.

## **2- OBJETIVOS**

O objetivo deste trabalho é fornecer dados geológicos dos depósitos pegmatíticos da mina de Volta Grande, localizado no município de Nazareno, Minas Gerais, Brasil. Através da apresentação de mapas de detalhe da mina, fotografias, fotomicrografias e teores químicos encontrados nos minerais. Esta monografia pretende sintetizar e interpretar conhecimentos geológicos adquiridos e acumulados em 4 anos de trabalho na mina.

### **3- LOCALIZAÇÃO E GEOGRAFIA**

A Mina de Volta Grande está localizada na porção sul do Estado de Minas Gerais, estando inclusa na folha topográfica Nazareno – MG do IBGE (SF-23-X-I-2) escala 1:50.000. (Fig.01)

O acesso à Mina de Volta Grande pode ser feito pela rodovia federal BR-040 (que liga o Rio de Janeiro – RJ à Belo Horizonte – MG). Saindo do Rio de Janeiro, segue-se até o município de Barbacena – MG, a partir de onde se utiliza a rodovia estadual pavimentada MG-265 até o município de Nazareno. A partir de Nazareno, chega-se à mina através de uma estrada de terra com cerca de 17 km de distancia em via municipal não pavimentada. A mina também está ligada ao município de São Tiago através de uma estrada de terra com cerca de 26 km, onde se chega a BR381 (São Paulo – Belo Horizonte).

Volta Grande tem esse nome devido à grande curva do Rio das Mortes, que drena suas águas para a grande bacia do rio Paraná e corta a serra de Bom Sucesso na Cachoeira do Inferno.

Geomorfologicamente, a área corresponde a um peneplano dissecado (Superfície Sulamericana) a partir do Cretáceo, resultando num espesso manto de intemperismo e restos do deserto Bauru. O clima predominante é tropical de montanha e caracterizam as estações por períodos de clima chuvoso entre setembro a março e seco, de abril a agosto, com temperaturas inferiores a 10° centígrados. As altitudes da região variam entre 800m a 1.000m e o relevo é montanhoso, dominado por elevações planas onde terrenos “greenstone” ocupam as partes superiores e, gnaisses e granitos, as inferiores. Maiores altitudes encontram-se na Serra do Resende e Serrinha, atingindo 1.100m, chegando a 1.200m na Serra de Bom Sucesso, edificada em formação ferrífera, onde cotas de 1.200m são frequentes e, para SW, na Serra de Carrancas, constituída de quartzitos e xistos. (Pires, 1992)

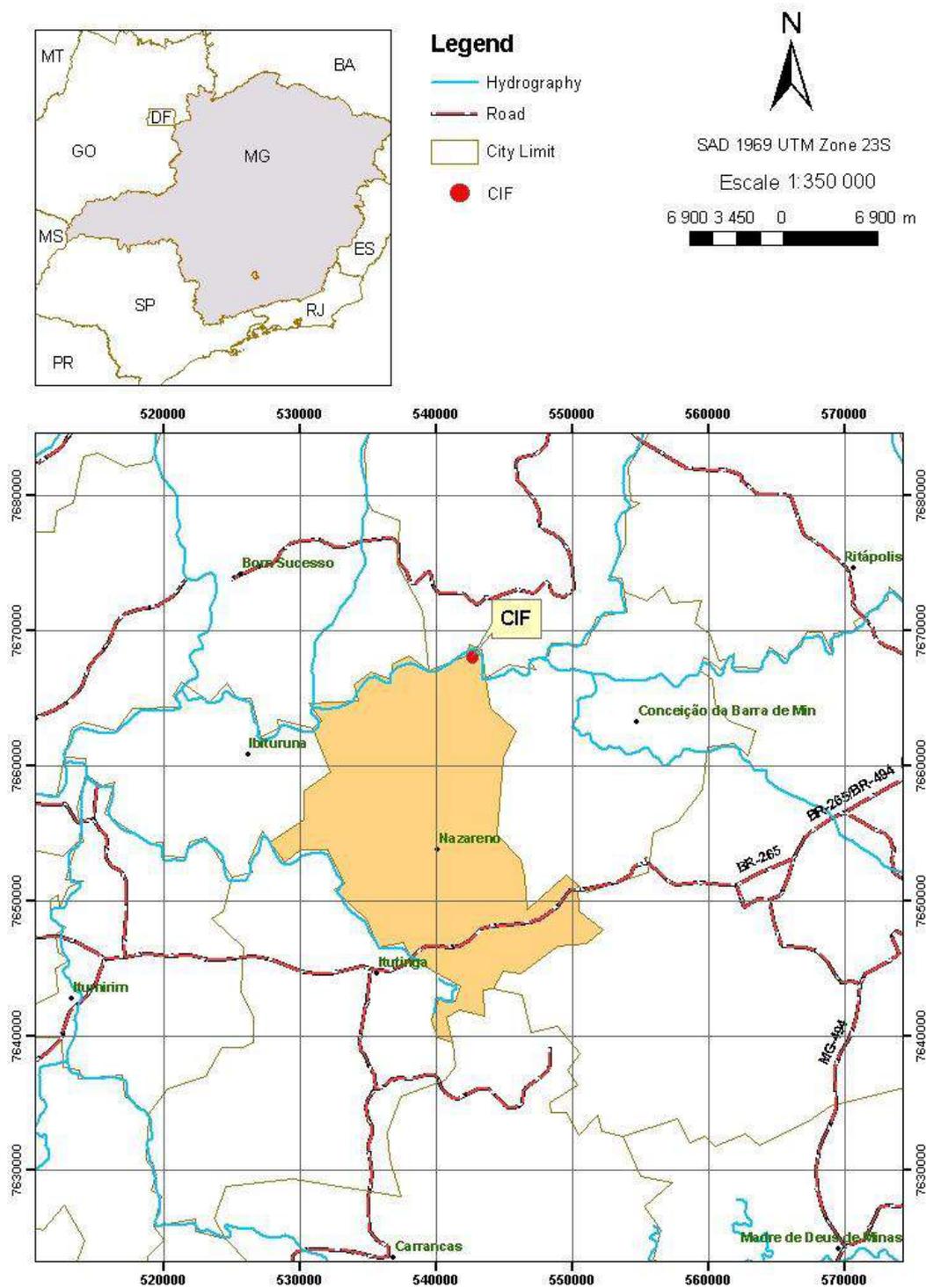


Figura 01: Localização da área em vermelho - CIF Mineração – Mina de Volta Grande

#### **4-GEOLOGIA REGIONAL**

A área situa-se na borda sul do cráton São Francisco (Almeida, 1981), consolidado ao final do Arqueano e afetado pelos eventos Jequié, Transamazônico e Brasileiro. (Teixeira, 1985).

Geologicamente, a região é conhecida desde o início do último século (Erichsen, 1929), com a descrição de xistos com calcário e formação manganésifera do “Rio das Mortes”, posteriormente modificado (Barbosa, 1954) e englobando greenstones, derivados de vulcanismo, quartzitos denominados de “Serie Barbacena”. Gnaisses e migmatitos foram incluídos numa formação basal denominada Serie Mantiqueira. Foi descrita granitização regional que culminou com a formação de pegmatitos contendo mineralizações de Sn, Th e U. Os pegmatitos estão confinados em anfibolitos e xistos verdes do Grupo “Barbacena Greenstone Belt”, (Pires, 1976) onde formam corpos relativamente possantes, enquanto em granitos, supostamente geradores das mineralizações, os pegmatitos são delgados. Essas unidades rochosas encontram-se na borda sul do cráton São Francisco (Almeida, 1981) e na parte sul do Quadrilátero Ferrífero. O greenstone belt forma uma extensa faixa com 150 km de comprimento na direção ENE e largura de 10 km, onde “tufos básicos metamorfizados” transformados em clorita xistos, anfibolitos, quartzitos cherticos, epidositos, talcoxistos, serpentinitos, xistos grafitosos, turmalinitos e formação manganésifera ocorrem intercalados. As rochas se encontram fortemente dobradas, metamorfizadas sob fácies xisto verde de anfibolito e foram retrogradadas até baixo xisto verde (Pires, 1976).

Diversos corpos graníticos transectam os greenstones, com composição de trondhjemitos, tonalitos e granodioritos (TTG) e foram datados em 2.170Ma. Granito-gnaisses de Cassiterita e Tabuões são representativas da suite TTG. A foliação dos granitos gnaisses varia de forte como no caso do tonalito Cassiterita a fraco, como no caso do tonalito Tabuões. Em alguns lugares, stocks graníticos foram descritos, como em Itumirim, Rio do Peixe e Itutinga. Os granitos são peraluminosos, fortemente fracionados e caracterizados pelos baixos teores de Ti, Mg, Ba. O granito Santa Rita (ou Ritápolis) é muito semelhante ao granito Rio do Peixe em sua composição, tendo ambos sido migmatizados. Corpos do Granito Santa Rita foram formados durante a Orogênese Transamazônica (2.200 – 1.800 Ma) e provavelmente constituem a fonte das mineralizações pegmatíticas. Ao Norte, no Complexo Bonfim, o grau metamórfico aumenta, gerando gnaisses de alto grau com sillimanita e cordierita. (Pires e Miano, 1996).

Cortando as foliações metamórficas, existe um enxame de diques máficos com idades entre Paleoproterozóico e Cretáceo.

Aparentemente, a Orogênese Brasileira (1.000 a 600 Ma) afetou as rochas em termos de deformação e eventos retrogressivos. Ao sul ocorrem metassedimentos dos grupos Carandaí e Andrelândia de idades Meso a Paleoproterozóico. Zonas de cisalhamento cortam o pacote de greenstones, granito-gnaisses e pegmatitos a sudoeste-nordeste. A fácies tonalítica e porfirítica do granito Santa Rita foi datada em  $2.121 \pm 7$  Ma e  $2.122 \pm 6$  Ma através do método  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  em zircões (Quemenéur, 1989). Monazitas de pegmatitos próximos a São João del Rei revelaram idades de 1.064Ma e monazita de Congo Fino foram datadas em 373Ma pelo método Th-Pb (Dirac e Ebert, 1967).

Foi observado que a atitude espacial e comportamento dos pegmatitos variam conforme a posição em relação ao Granito Santa Rita, passando de delgados e subverticais, intragraníticos a espessos e inclinados, periplutônicos a distais (Pires e

Porto Jr., 1986). Cerca de 250 corpos pegmatíticos foram identificados e estudados em relativo detalhe, tendo sido observado que os corpos proximais não contêm muscovita, sendo comum a mica biotita, mineralizados a Nb-Th (raro Ta, algum Be e nenhum Sn-Li) e que os corpos distais contêm muscovita e mineralizações de Ta-Sn-Li (raro Nb e pouco Be), podendo, conseqüentemente, delinear uma superfície muscovite-in e muscovite-out (Pires, 1992). Duas zonas regionalmente dispostas foram propostas para os pegmatitos de São João del Rei (Rolf, 1947, 1948, 1952) em tipo Santa Rita, rico em cassiterita e menos abundante em muscovita e ausência de minerais litinados e tipo Nazareno, rico em minerais de Sn e Li, contendo muscovita, plagioclásio, espodumênio, topázio, lepidolita e zinnwaldita. Posteriormente, foi proposto (Francisconi, 1972) que os pegmatitos da zona E são enriquecidos em Sn, e os da zona W são ricos em Ta, com predominância de microlita na zona W, sendo as microlitas da zona E mais ricas em Nb.

Estudos mais recentes (Pires, 1992) sugeriram duas grandes zonas: 1. Ritápolis (E) com pegmatitos delgados e raros (até 1m de espessura), atitudes subverticais geralmente estéreis, não zonados, desprovidos de muscovita, contendo biotita e magnetita, columbita e ilmenorutilo freqüentes, com concentrações pequenas de monazita, xenotímio, zircão e granada, maior presença de berilo. 2- Volta Grande (W) com pegmatitos chegando a 20m de espessura, atitudes baixas até subhorizontais, zonados, ricos em muscovita, ausente biotita, ricos em Li (espodumênio, lepidolita e zinnwaldita), mineralizados a Ta, Sn (microlita, tantalita e uranmicrolita, nome atual da djalmaita). Pirocloro aparece na zona E, com ausência de ilmenorutilo e berilo ocorre esporadicamente. (Fig. 02)

Os contatos do Granito Santa Rita diferem regionalmente, sendo irregulares na zona E, com estrutura em “dedos” em relação aos greenstones, em contato agudo na zona W, afetando a distribuição e natureza das mineralizações.

Diagramas Nb-Ta-Ti mostram claramente a distribuição regional da microlita e pirocloro nas duas zonas (Fig. 03) bem como a relativa composição da solução sólida tantalita-columbita e do par microlita-pirocloro, mostrando relativa relação e equilíbrio composicional.

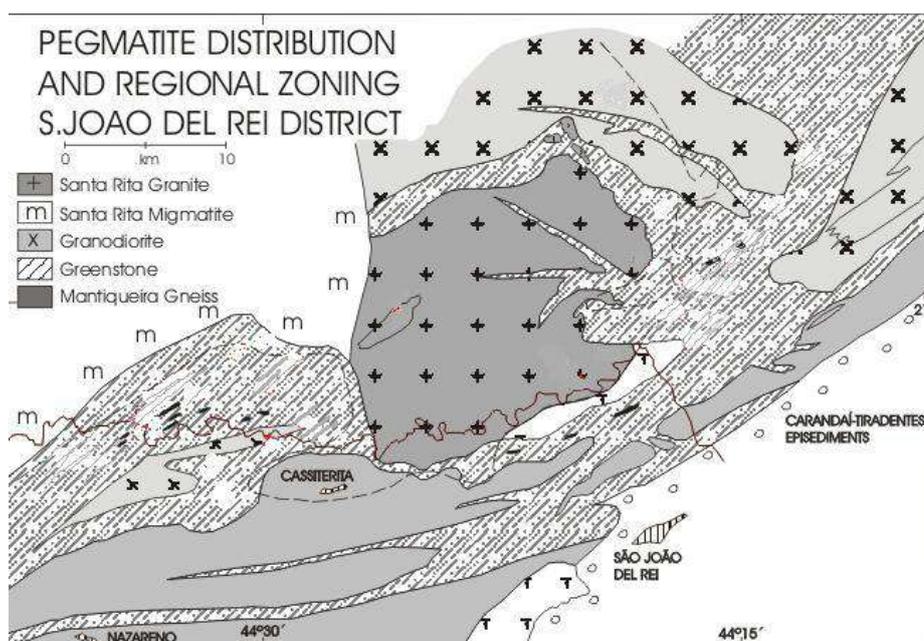


Figura 02: Pegmatito do distrito de São João del Rei: distribuídos em duas zonas: Ritápolis (E) e Volta Grande (W) - (Pires, 1992)

As tabelas 1 e 2 trazem as composições de columbita – tantalita das zonas W e E, respectivamente, ilustrando enriquecimento em Ta na primeira e em Nb na última.

Tabela 1: Composição Tantalita – Columbita da zona W (Volta Grande) – Ta enriquecido

	VG	Fundão	GONÇAL.	VG	Tanque	Sumaré	Urubu	R.Peiz	Jd. Pr	Tanque
<b>Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	64.67	56.78	52.67	42.64	43.56	57.55	51.94	7.69	10.71	16.35
<b>Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	17.65	23.77	28.74	36.33	36.52	24.81	31.72	71.92	65.66	63.32
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0.87	0.71	0.45	1.26	0.31	1.04	0.29	0.52	4.64	0.12
<b>SnO<sub>2</sub></b>	0.90	0.38	0.23	0.24	3.48	0.27	0.13	19.81	0.52	0.53
<b>FeO</b>	4.11	5.27	13.06	11.31	14.25	10.09	9.24	1.21	13.38	5.09
<b>MnO</b>	9.01	11.27	4.88	6.65	0.08	6.81	7.03	0.02	5.34	14.29
<b>CaO</b>	0.13	0.03	0.03	0.15	0	0	0	0	0.08	0.43
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	0	0.01	0.25	0	0	0.01	0	0	0	0
<b>Total</b>	97.39	98.22	100.31	98.58	98.20	100.58	100.11	101.17	100.33	100.13

Tabela 2: Composição Tantalita – Columbita da zona E (Ritópolis) – Nb enriquecido

	Paioi	Facão	Ritáp.	Mata	R.Peix	Barra	Gonça	C olônia
<b>Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	10.29	15.44	12.07	7.51	7.57	22.31	24.80	38.69
<b>Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	69.99	63.60	68.31	72.00	71.04	53.35	54.80	40.69
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0.82	0.51	0.27	0.89	0.51	2.45	0.71	1.03
<b>SnO<sub>2</sub></b>	0.10	0.07	0	0.04	0.01	0.40	0.14	0.21
<b>FeO</b>	16.10	15.34	14.35	15.56	19.77	15.98	14.98	12.31
<b>MnO</b>	3.17	5.08	5.41	3.39	1.25	3.58	4.50	6.25
<b>CaO</b>	0	0.04	0	0	0	0.03	0.03	0.04
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Total</i>	100.47	100.08	100.41	100.39	100.15	98.37	100.02	99.17



## 5-PEGMATITO DE VOLTA GRANDE

Os pegmatitos encaixados nos granitos são de menor tamanho, em forma de veios, chegando a 0,5m de espessura (Heirinch, 1964, Quemenéur e Baraud, 1982, Pires, 1992). Quando se afasta do granito, esses pegmatitos aumentam em espessura e quantidade, aparecendo muscovita e minerais raros – tantalita, cassiterita e microlita (Guimarães e Guedes, 1944; Pires e Porto Jr, 1986). Os pegmatitos mais afastados do granito chegam a ter espessuras médias de 5m a 15m, chegando até 30m na zona mineralizada, como na Mina de Volta Grande (Pires de Porto Jr, 1986). Alcançam dezenas a centenas de metros de extensão, atingindo 1.300 metros de comprimento em Volta Grande (Pires e Borges, 2001)

Descoberto ao final da década de 40, o pegmatito de Volta Grande vem sendo explorado quase continuamente e, mais recentemente, pela CIF-Mibra e CIF-Mineração, após terem adquirido os direitos de lavra da Cestanrei-Cia. de Estanho São João del Rei, do antigo e falido Banco da Indochina.

Na zona de Volta Grande existem vários outros corpos pegmatíticos, como Fumal, Urubu, Tanque, Reservado, Vicente, Minas-Brasil, Fundão, Lagoinha e Palmital. Volta Grande compreende seis corpos pegmatíticos tabulares e subhorizontais, identificados como “A”, “B”, “C”, “C-sul”, “E” e “F”, contendo espodumênio, zinnwaldita, lepidolita, tantalita, microlita e cassiterita, além de quantidades inferiores de fluorita, turmalina, quartzo bem formado e hialino, ametista muito raramente (fig. 04). Os pegmatitos atravessam anfibolitos subverticais, fortemente dobrados, cisalhados e fraturados. As espessuras dos pegmatitos variam de 3-4m até cerca de 30m, contendo xenólitos de anfibolito e, nas zonas de borda, exibem zonas ricas em zinnwaldita, com epidoto e titanita. Encontra-se holmquistita fibrosa, com eixos de extensão subverticais, supostamente paralelo a “sigma-3”. Granada pode ocorrer nas zonas de borda.

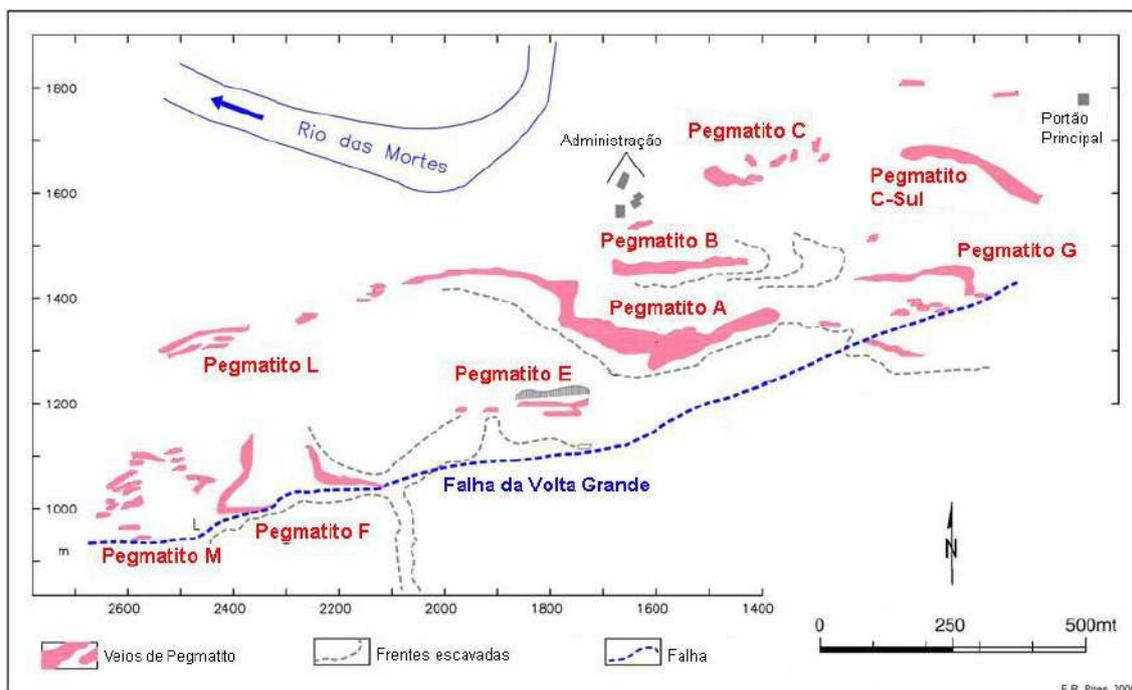


Figura 04: Distribuição dos pegmatitos de Volta Grande, corpos “A”, “B”, “C”, “C-sul”, “E” e “F”

Com forma e tamanhos variados, os maiores corpos pegmatíticos, localizados na parte ocidental da área (Heinrich, 1964, Quemenéur, 1982, Pires e Porto Jr, 1991) estão encaixados em anfibolitos e tem mergulhos que variam de 15° a 20°. Os corpos secundários e pouco espessos estão controlados por sua foliação (Guimarães e Guedes, 1944, Quemenéur & Brand, 1983 e Pires e Porto Jr, 1986) (Fig. 05).



Figura 05: Pegmatito do corpo “A” em contato com a encaixante

A região de Volta Grande, potencialmente, é uma das maiores jazidas de lítio do mundo, sendo lavrados Sn e Ta, com teores de 600ppm para Sn e 300ppm para Ta e feldspato (k-feldspato, albita, microclina) com minerais de lítio (espodumênio) para materiais cerâmicos.

Os corpos pegmatíticos são tabulares e formam “degraus”, com os corpos E e F na parte superior, seguido do A, na parte intermediária e corpos B e C-Sul na parte inferior. (Fig. 06)

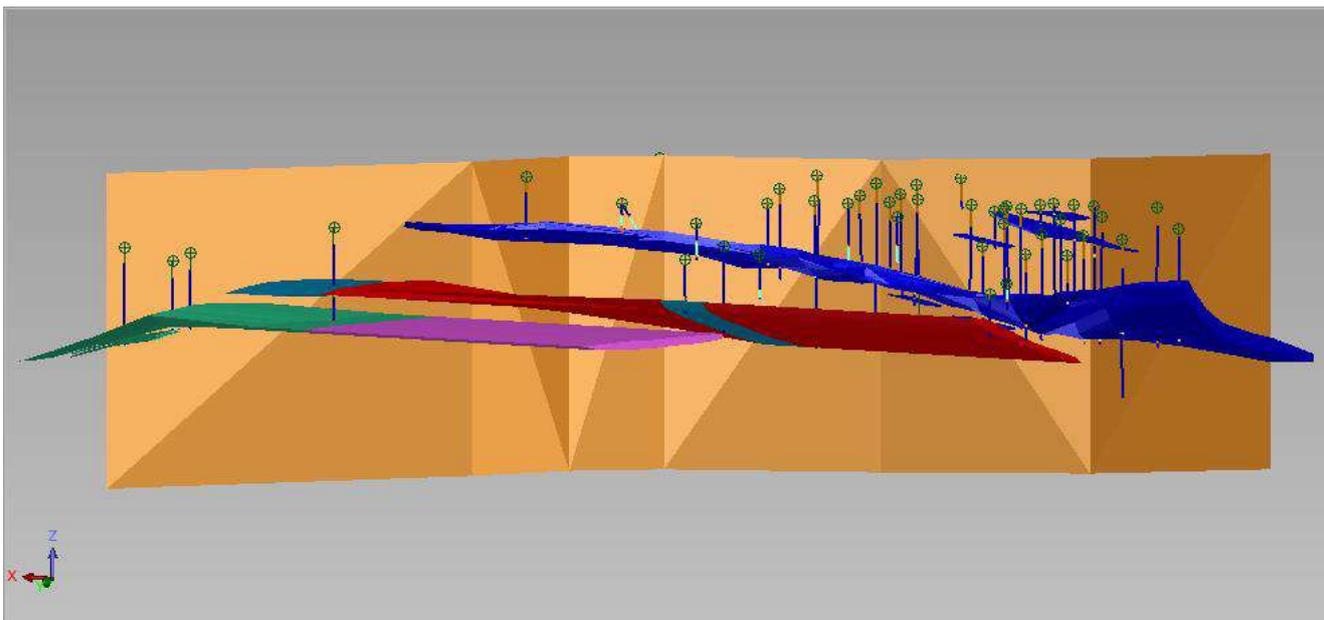


Figura 06: Imagem da visada frontal dos corpos “A”, “B” e “C-Sul” dos pegmatitos de Volta Grande. (A = azul; B = vermelho; C-sul = verde/rosa)

O corpo A é um dos maiores corpos entre os pegmatitos da região. Possui aproximadamente 600m de comprimento e 15m de espessura. Ocorre em forma de dique tabular, com atitude (dip/dip) aproximadamente 190/15, variando em alguns locais para 180/10, e é discordante da encaixante, um anfibolito xistoso (às vezes maciço), com foliação subvertical a vertical, com direção predominante N60/70E.

Macroscopicamente, o corpo A possui granulometria grossa, cor branca a cinza claro com mineralogia composta basicamente de quartzo, microclina (cinza), plagioclásio (branco), espodumênio, zinnwaldita e, subordinadamente, pequenos cristais negros de cassiterita (raros grandes) e tantalita, e caramelos de microlita. Observa-se em campo, a presença de veios de quartzo com inclusões de cristais bem formados de actinolita verde, no contato do pegmatito com a encaixante.

De acordo com observações de campo (frente de lavra da mina), e dos testemunhos de sondagem, o perfil geológico esquemático do corpo A está representado na figura 07, mostrando que o pegmatito de Volta Grande apresenta uma distribuição aproximadamente sistemática de seus minerais e texturas, formando zonas concêntricas de lateralidade descontínua. A figura 8 foi feita de acordo com o mapa geológico apresentado a seguir. Perfis foram confeccionados ao longo dos perfis demarcados na mina. No caso da figura em questão, trata-se do perfil que está sendo lavrado atualmente pela CIF Mineração.

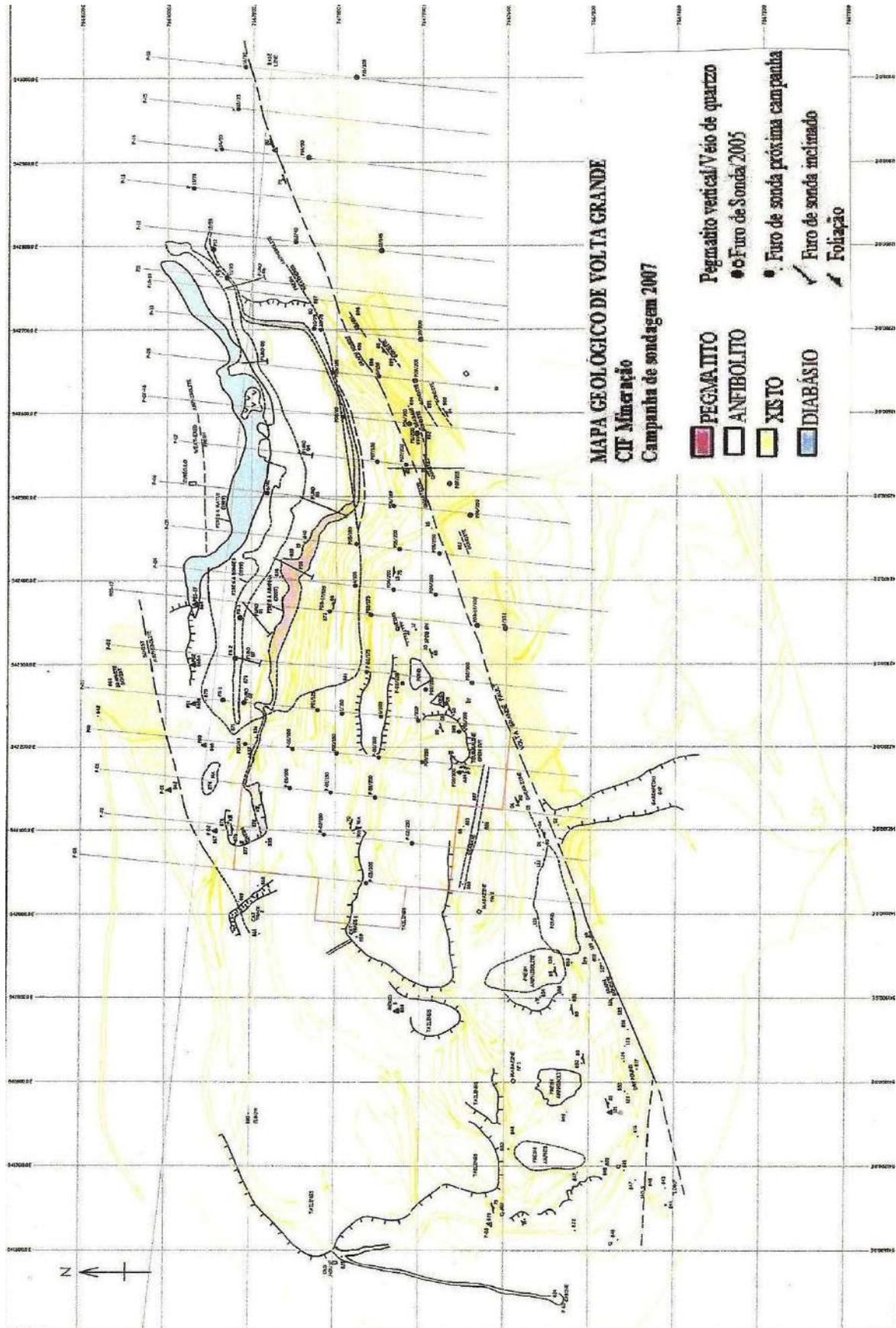


Figura 07: Mapa geológico da mina de Volta Grande feito de acordo com informações topográficas e campanha de sondagem no corpo A.

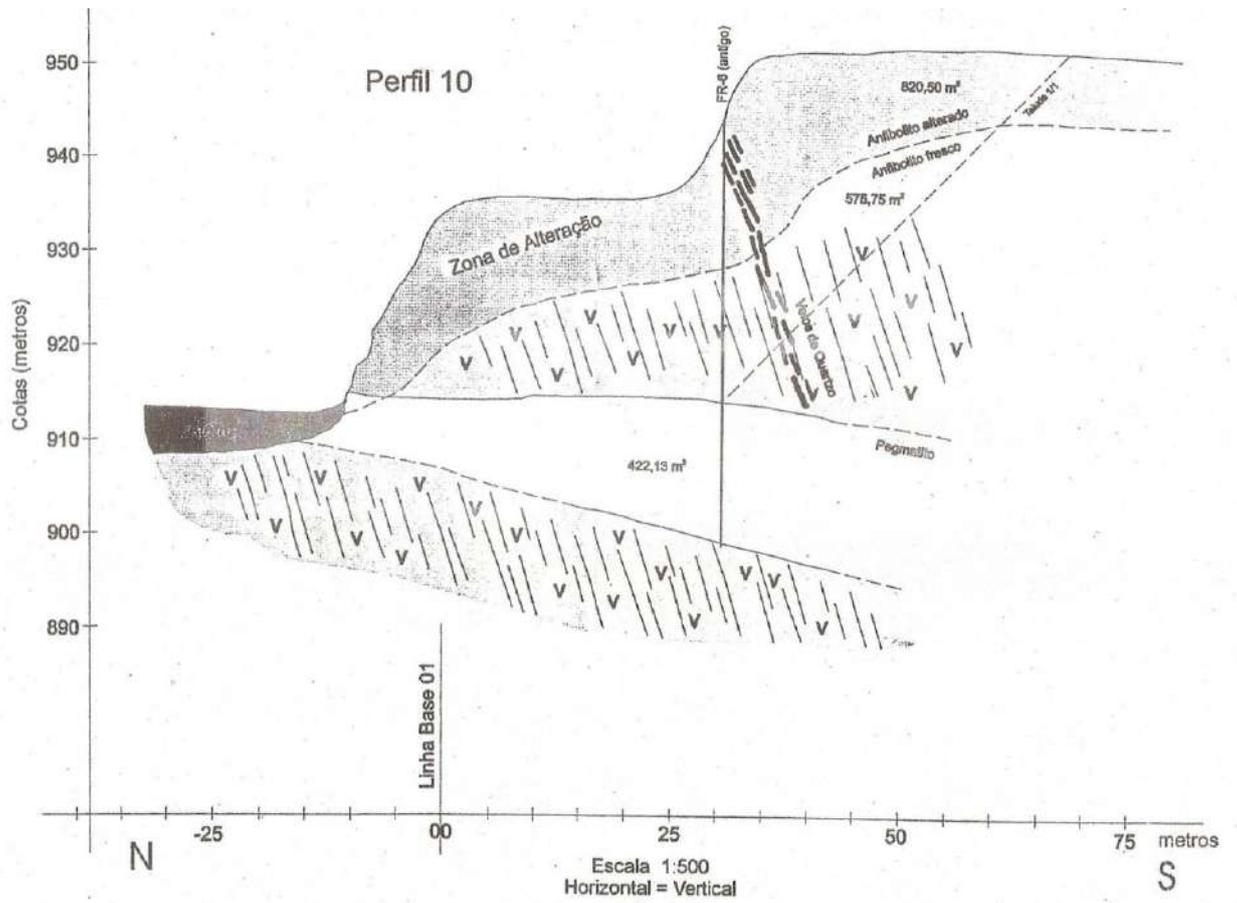


Fig.08 – Perfil geológico confeccionado no perfil 10 da mina de Volta Grande, com informação de furo de sondagem realizados no Corpo A .

## **5.1 – ZONEAMENTO DO PEGMATITO**

Diversos furos de sondagem foram estudados a fim de compreender a distribuição dos diversos elementos existentes em Volta Grande. Análises químicas respeitaram o espaço métrico de um a dois metros por amostra no pegmatito, a partir do contato com anfibolito. Os elementos determinados para química foram: Ta, Nb, Sn, Li, Na, K e Fe, o que permitiu que fossem determinadas 4 zonas para o pegmatito.

Da borda para o centro observam-se as seguintes zonas (Figura 09):

- 1- Zona de parede – encaixante – anfibolito
- 2- Zona de borda – veios de quartzo
- 3- Zona de “albititos”
- 4- Zona de “BKf” – Bolsões de k-feldspato
- 5- Zona de pegmatito granular – grã média
- 6- Zona de núcleo – grã grossa

Zona de Parede – Composta essencialmente de anfibolito de coloração cinza escuro a esverdeado, granulometria fina e foliação subvertical a vertical fortemente presente, também ocorrendo de forma maciça. Predominam cristais de zinnwaldita, hornblenda, holmquistita, epidoto, pirita e rara fluorita.

Ao microscópio, esta zona está representada principalmente pelo anfibólio verde (hornblenda) e quartzo, secundariamente biotita, holmquistita (anfíbólio de lítio), fluorita, granada, epidoto, titanita e opacos (ilmenita).

A hornblenda aparece com coloração verde amarelado, em cristais anedrais a subeudrais, quando nesta última forma está alongada e orientada. Sua granulometria varia entre 0,06mm a 0,09mm.

O quartzo apresenta-se em agregados de grãos de 0,06mm a 0,22mm, com forma predominantemente anedrais. Esses agregados estão em forma de faixas concordantes com a orientação das hornblendas.

A zinnwaldita, subordinadamente em cristais alongados e orientados conforme as hornblendas. Apresenta coloração marrom com pleocroísmo para amarelo claro, clivagem perfeita, extinção reta, granulometria em torno de 0,4mm.

A granada ocorre em cristais anedrais, alguns isolados e outros agregados, com dimensões em torno de 0,05mm a 0,07mm. Os cristais apresentam coloração cinza clara e relevo alto.

A fluorita, isotrópica, apresenta coloração amarelo pálido, subeudrais e anedrais, relevo moderadamente alto, em cristais isolados ou agrupados, preenchendo espaços entre os minerais anteriormente formados.

O epidoto ocorre incolor a amarelo muito claro, em cristais isolados ou em agregados anedrais, muito subordinadamente ocorre em cristais eudrais. Apresenta relevo alto, superfície irregular, granulometria fina, de aproximadamente 0,01mm a 0,05mm. Birrefringência azulada da clinzoisita e cores fortes da pistacita.

A holmquistita, mineral rico em lítio, é típico desta zona de borda, pois está relacionado com o metassomatismo de lítio entre o pegmatito e o anfibolito, onde a hornblenda é substituída por holmquistita mais epidoto. A holmquistita apresenta-se com coloração cinza claro, em cristais subeudrais alongados curtos e compridos. Relevo alto, sutilmente pleocróico, clivagem paralela à direção de maior dimensão dos cristais e birrefringência alta.

Há cristais de holmquistita orientados conforme a direção das hornblendas e também há cristais discordantes.

Os opacos, no anfibolito, possivelmente ilmenita, mostram-se com um alinhamento quase ortogonal à foliação. Ocorre, muitas vezes, bordejado por titanita, e esta por sua vez, ocorre em cristais anedrais isolados.

Análises da zinnwaldita e holmquistita podem ser observadas nas tabelas 03 e 04.

Tabela 03: Composição Química da Zinnwaldita de Volta Grande

Oxide	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<b>SiO<sub>2</sub></b>	40.30	49.30	44.39	38.84	38.18
<b>TiO<sub>2</sub></b>	1.15	0.025	0.83	0.54	0.45
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	16.6	27.00	20.02	16.85	17.09
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	13.00	2.290	1.49	15.54	16.56
<b>MGO</b>	-		3.91	-	-
<b>FEO</b>			6.64	10.35	10.29
<b>MnO</b>	0.33	0.785	0.37	0.32	0.27
<b>CaO</b>	3.90	0.430	0.23	0.05	0.01
<b>K<sub>2</sub>O</b>	5.60	7.190	9.16	8.57	8.62
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	0.56	0.821	0.40	0.03	0.01
<b>Li<sub>2</sub>O</b>	1.90	0.930	3.33 <sup>#</sup>	2.29 <sup>#</sup>	3.04
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.20	0.046	-	-	-
<b>F</b>	2.90	0.398	4.04	3.81	3.87
<b>H<sub>2</sub>O<sup>+</sup></b>	3.10	4.130	1.88	1.83	1.85
<b>H<sub>2</sub>O<sup>-</sup></b>	0.30	0.244	-	-	-
<b>Total</b>	89.94	93.590	100.86	99.02	100.24

(1) e (2) – COLAB/CNEN; (3) – Lagache & Quemeneur, 1997; (6) e (7)

– Laboratório CIF Mineração

Tabela 04: Composição Química da Holmquistita de Volta Grande

Oxide	(1)	(2)
<b>SiO<sub>2</sub></b>	52.14	59.05
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0.04	0.17
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	14.49	12.29
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	-	3.66
<b>FEO</b>	16.99	10.13
<b>MgO</b>	8.45	6.60
<b>MnO</b>	0.33	0.22
<b>CaO</b>	0.14	0.56
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0.03	0.06
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	0.08	0.29
<b>Li<sub>2</sub>O</b>	-	2.66
<b>F</b>	-	0.10
<b>H<sub>2</sub>O<sup>+</sup></b>	2.05	2.49
<b>Total</b>	94.71	98.28

(1) – Pires, 1988; (2) Lagache & Quemeneur, 1997

Zona de Borda – Trata-se de uma zona de contato do anfibolito com pegmatito, podendo estar associada a veios de quartzo e anfibolito xistoso.

O quartzo apresenta-se em cristais anedrais com granulometria variando entre 0,2mm a 0,8mm.

Zona de Albitos- Composta essencialmente por bolsões de plagioclásio albita, denominada de albitito. Esses bolsões apresentam-se em formas circulares arredondadas e também irregulares, muitas vezes bordejadas por micas. Trata-se de rocha de coloração branca a cinza claro, granulação fina, textura aplítica, composta predominantemente de albita (em torno de 70%), quartzo e muscovita, formando greisen. Minerais traços de cassiterita (mais abundante), tantalita e microlita.

Ao microscópio, o plagioclásio identificado como albita An4-5 possui cristais subeudrais a anedrais, geminação Carlsbad e polissintética, granulação fina, de

dimensões variando de 0,20 a 0,40mm, chegando a 1mm. Foi observada forte orientação de cristais tabulares.

O quartzo ocorre em cristais xenomórficos de diversos tamanhos, com bordos irregulares, alguns chegando a 2mm.

A muscovita é zinnwaldita, em palhetas xenomórficas, possuem coloração amarela a escura. Microscopicamente, apresenta forte birrefringência (alaranjado, esverdeado e azulado), extinção paralela à clivagem, com bordos irregulares dissolvidos, em decorrência do contato com a albita.

Zona de BKF- Trata-se de uma zona de bolsões ricos em K-feldspato cinza, na maior parte microclina, formada por grandes cristais de microclina com geminação tartan típica. Apresenta coloração cinza esverdeada e cristais de cassiterita podem ser observados nessa massa de microclina. Espodumênio, albita venular, quartzo, zinnwaldita, muscovita e granada também compõem estes bolsões, que tem suas dimensões variando até metros.

Em um determinado perfil da mina (perfil 10+33), um furo de sondagem de aproximadamente 45m apresenta esta textura rica em grandes cristais de microclina com vênulas de albita em matriz granular (pouca) de quartzo, espodumênio e zinnwaldita. Os cristais de microclina possuem inclusões de albita e quartzo.

Zona de pegmatito granular- Zona onde o pegmatito apresenta textura predominante “granitóide” aproximadamente equigranular, composta de quartzo, k-feldspato, espodumênio bem formado de até 2cm, albita venular, zinnwaldita e muscovita.

Zona de Núcleo- É a zona onde se observa a textura pegmatítica gigante, onde grandes cristais de espodumênio (de até 1m de comprimento) estão em uma matriz composta de quartzo, k-feldspato, albita, zinnwaldita e muscovita.

Ao microscópio, o espodumênio apresenta-se em grandes cristais com coloração cinza bem claro, relevo alto, subeudral a eudral, clivagem perfeita paralela à direção do comprimento dos cristais, cores de birrefringência alta (azul, amarelo limão, etc). Alguns cristais estão quebrados preferencialmente no plano da clivagem. Apresenta borda de reação com a albita, onde o espodumênio se transforma em agregado **mexeu???** sob a forma de minúsculas palhetas de muscovita.

A microclina, xenomórfica com geminação tartan, preenche espaços ao redor do espodumênio, albita e quartzo. Apresenta-se em equilíbrio com o quartzo e com espodumênio.

O quartzo encontra-se sob a forma de grãos xenomórficos, de variadas dimensões, alguns esfumaçados, com contornos irregulares de reação com a muscovita. Comum a existência de extinção ondulante em alguns cristais.

A zinnwaldita apresenta-se com coloração cinza, em forma de livros milimétricos e centimétricos, identificada por difratogramas de raios-X. Ao microscópio, apresenta forma xenomórfica a hipidiomórfica, com amarelo esverdeado bem claro com pleocroísmo lilás, clivagem perfeita, cor de birrefringência alta com extinção reta.

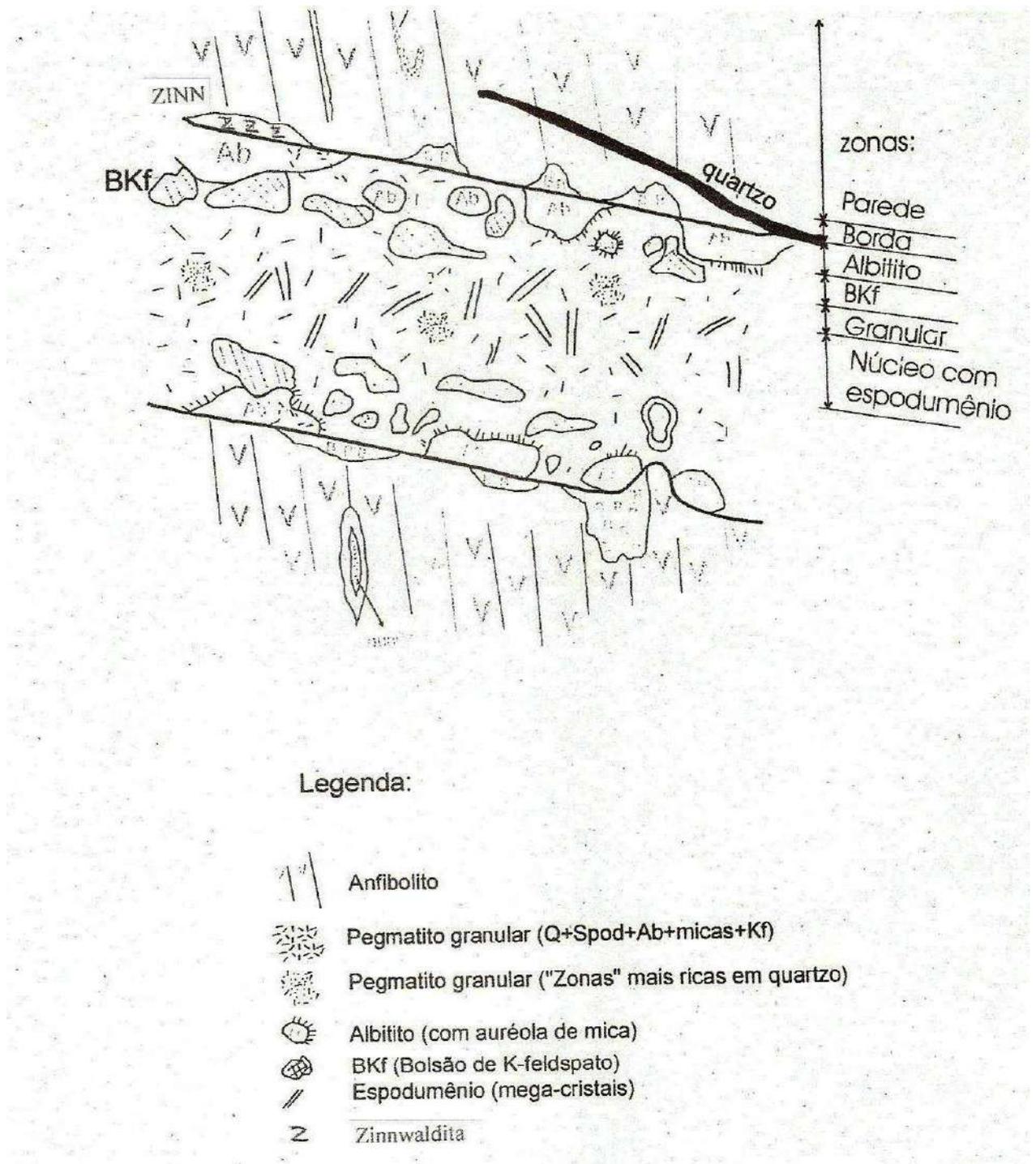


Figura 08: Perfil esquemático do zonamento do pegmatito

## **6 – PETROLOGIA DO PEGMATITO**

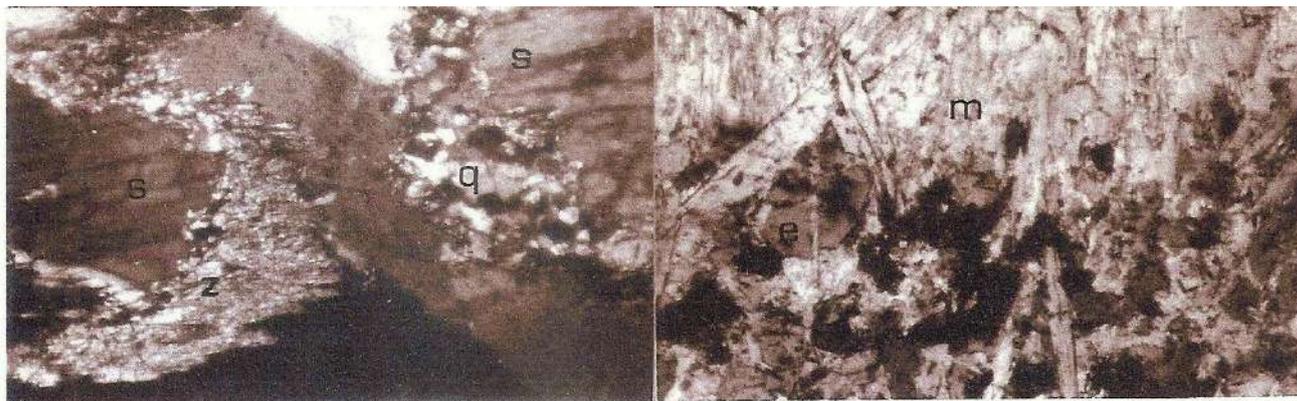
Os pegmatitos de VG encontram-se deformados, refletido na orientação preferencial dos minerais, principalmente nos mega cristais de espodumênio na zona do núcleo e o “kinkamento” das micas, albitas e espodumênio e fraturamento do quartzo. Os eixos maiores dos cristais estão paralelos à lineação de estiramento mineral dos anfibólitos no anfibolito encaixante, mostrando que se trata de deformação pretérita. Os efeitos da deformação no metassomatismo são difíceis de avaliar, entretanto atuou significativamente nas interfaces dos minerais do pegmatito, facilitando a dissolução dos cristais e permitindo a penetração dos fluidos mineralizantes ricos em Sn, Ta e Nb.

As rochas encaixantes dos pegmatitos encontram-se fortemente metassomatizadas por fluidos aquosos ricos em Li e K com aporte de sílica, formando paragênese zinnwaldita-holmquistita-epidoto-titanita-granada e, secundariamente, fluorita e apatita, denotando significativas transformações. As reações hornblenda + Li + H<sub>2</sub>O = holmquistita + epidoto, bem conhecidas na literatura mundial (Papike et al, 1969), ocorrem nas zonas de borda e parede em Volta Grande. Reação adicional que compreende hornblenda + Li-K + HF + H<sub>2</sub>O = zinnwaldita + epidoto + fluorita (Pires, 1992), ocorre juntamente com a reação anterior dependendo da entrada de K e F. Ilmenita + Ca + SiO<sub>2</sub> = titanita acompanha a liberação de Ca para o fluido. Em raras exposições, turmalina ocorre juntamente com holmquistita e zinnwaldita, respondendo pelo aumento de B no fluido. Xenólitos de anfibolito no pegmatito refletem o mesmo processo das zonas de borda e parede.

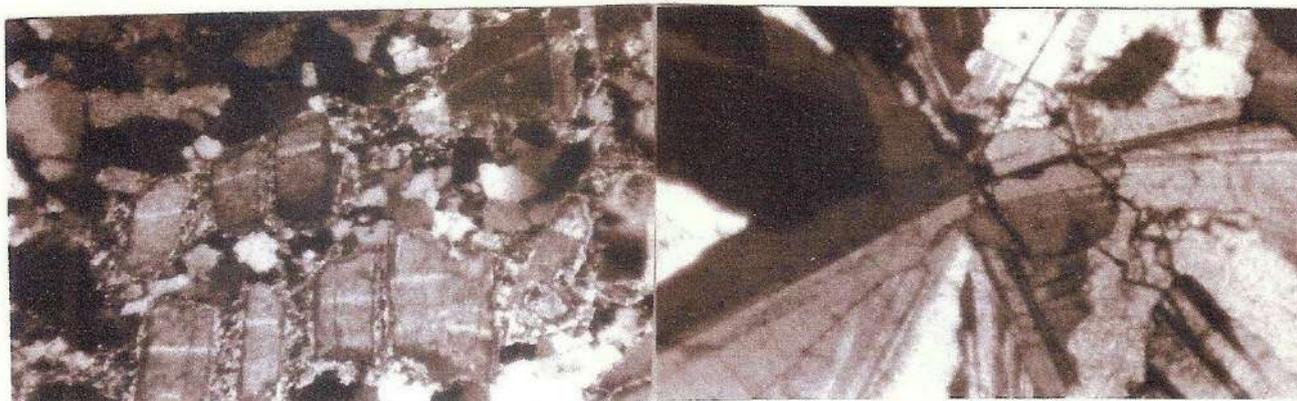
As fotos nos painéis mostrados adiante, extraídos de Pires, 1992, mostram bem esses efeitos. No Painel A, na fotomicrografia 1, pode ser observada a extensão do espodumênio e preenchimento por zinnwaldita e quartzo, acompanhado de pequenos minerais opacos, tantalita e cassiterita. Na fotomicrografia 2, placas de muscovita encontram-se orientadas juntamente com epidoto, perpendicularmente a L-mineral. Fotomicrografia 3 - Muscovita mostra efeitos de kinking, sendo deslocada com preenchimento de quartzo e tantalita. Fotomicrografia 4 - Em processo com menor efeito deformacional, albita, provavelmente tardia, forma estrutura estrelar. Fotomicrografia 5 - Na zona da encaixante pode-se notar a substituição de hornblenda por holmquistita nas bordas em estrutura fortemente orientada. Em aglomerados de placas de zinnwaldita ocorrem vênulas de fluorita, epidoto e titanita, denotando acumulação de Ca (fotomicrografia 6).

Efeitos adicionais de metassomatismo são evidentes no Painel B, onde na fotomicrografia 1 a zinnwaldita substitui parcialmente microclina, em interface cristalina. Em porções ricas em B ocorreu formação de turmalina substituída por holmquistita fibrosa (fotomicrografia 2) e próximo ocorre crescimento secundário de holmquistita e zinnwaldita sobre quartzo, podendo-se ainda observar em textura orientada, ilmenita parcialmente substituída por titanita em massa orientada de holmquistita (fotomicrografia 3). Em partes menos afetadas pela deformação, zinnwaldita pode formar placas mais preservadas juntamente com tantalita, em cristais maiores (fotomicrografia 4). Outro exemplo de substituição de hornblenda por holmquistita é clara na fotomicrografia 5, onde ainda aparece holmquistita secundária. Finalmente em zonas com orientação incipiente, talvez apagada parcialmente pelo material do fluido (fotomicrografia 6), nota-se zinnwaldita preenchida pontualmente por tantalita e cristais orientados, e remanescentes de ilmenita substituída por titanita.

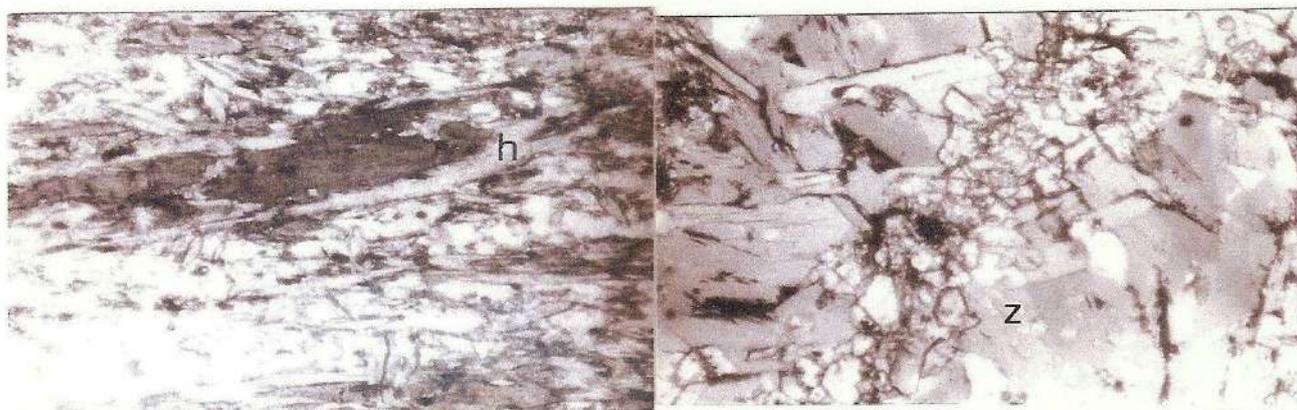
## FOTOMICROGRAFIAS – PAINEL A (Todas com nicóis cruzados e 65x)



1. Borda de alteração de espodumenio (s), mostrando formação de zinnwaldita (z) e preenchimento de quartzo + microlita (negro).
2. Muscovita (m) e epidoto (e) em zona de borda.

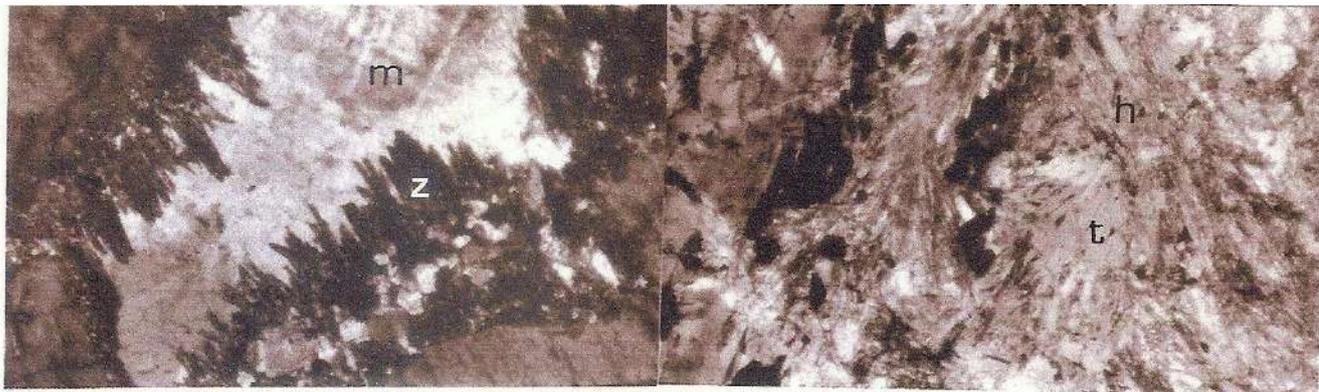


3. Muscovita kinkada (deslocada) ao longo das clivagens com preenchimento de fluido quartzoso mineralizado.
4. Estrela de albita (Albite Star) em textura intercristalina.

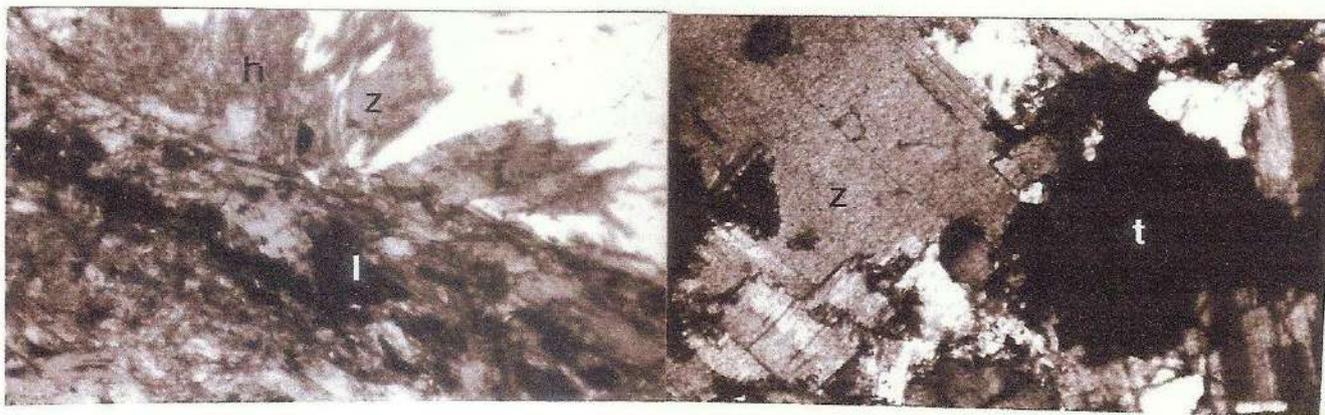


5. Holmquistita (h) substituindo parcialmente hornblenda (cinza escuro).
6. Zinnwaldita (z) preenchida e parcialmente substituída por vênula contendo epidoto, titanita e fluorita.

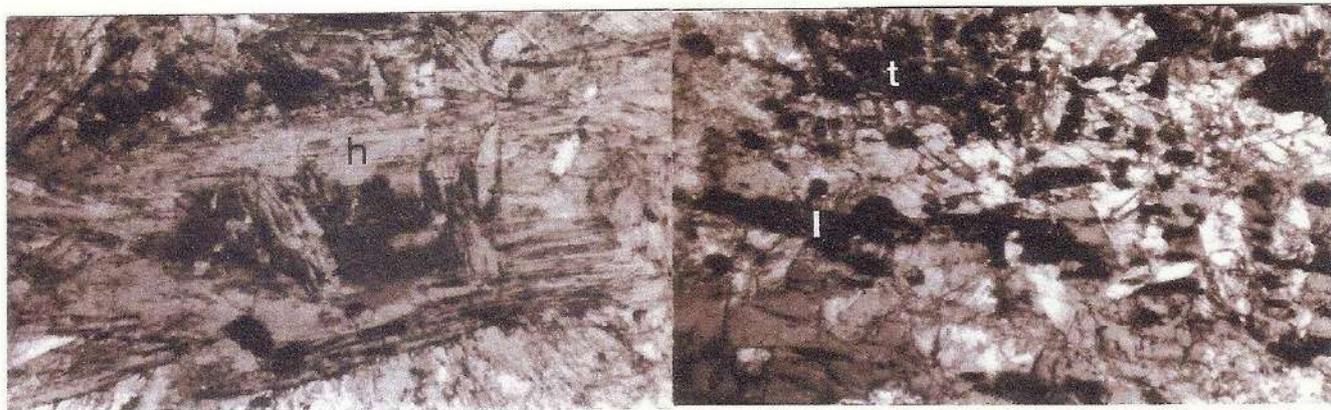
## FOTOMICROGRAFIAS – PAINEL B ( Todas com nicóis cruzados e 65x)



1. Parcial substituição da microclina (m) por zinnwaldita (z).
2. Parcial substituição de turmalina (t) por hornblenda fibrosa (h).



3. Crescimento secundário de hornblenda (h) e zinnwaldita sobre quartzo. Ilmenita (I) substituída por titanita.
4. Zinnwaldita (z) substituindo parcialmente albita, com tantalita (t) nas bordas.



5. Forte substituição de hornblenda por hornblenda (h). hornblenda secundária.
6. Zinnwaldita com zonas ricas em tantalita (t) e ilmenita (I) substituída por titanita.

Transformações ao longo da zona de borda envolvem principalmente alteração da hornblenda marrom em hornblenda verde, holmquistita, turmalina, epidoto, granada e zinnwaldita e transformação de ilmenita em titanita, com pequenas concentrações de fluorita e apatita. Titanita em torno de ilmenita é comum, formando textura denominada de “sphene bugs”. Existem veios ortogonais à foliação de holmquistita fibrosa, com 1-2 cm de espessura, com as fibras dispostas paralelamente a L-mineral. Vênulas delgadas de holmquistita fibrosa, disposta normalmente à direção de maior extensão  $\sigma_3$ , foram formadas pela deformação distensiva que permitiu o emplacement dos pegmatitos.

Na zona seguinte, já no pegmatito, a predominância de albita junto à zona de parede denota brusca diminuição de Li-K no fluido em ambiente Al-silicoso e conseqüente enriquecimento de Na. A albita é sacaroidal e mostra fraca orientação, dada apenas por pequenas placas de zinnwaldita. As acumulações de albita são descontínuas, formando massas arredondadas (bolsões) dispostas perpendicularmente aos contatos do pegmatito, provavelmente devido a contrastes entre a viscosidade da albita cristalizada em ainda pastosa massa rica em Al-silicatos + Li + fluido aquoso. Não existem limites físicos claros entre a zona de parede e a zona intermediária, apenas entre as massas de albita e zona granular do pegmatito.

A zona intermediária, marcada pela presença de microclina em blocos (blocky microcline) em cristais bem formados, cinzentos, com dimensões de até 10 cm, em matriz granular de pequenos cristais de quartzo, espodumênio e micas (zinnwaldita-muscovita) responde pelo decréscimo acentuado de Na no fluido, pela deposição da albita com aumento significativo de K e menor de Li. Inclusões de albita em microclina e textura “em dedos” (*fingering*) sugerem a sucessão albita  $\rightarrow$  microclina.

O próximo enriquecimento de Li ocorre com a formação de espodumênio em cristais bem formados e kinkados, de tonalidade cinza esverdeado, e zinnwaldita nas zonas intermediária e núcleo, onde os cristais de espodumênio atingem dimensões métricas em matriz quartzo-albítica e raramente com microclina. Bolsões ricos em quartzo-muscovita-cassiterita podem ser encontrados principalmente na zona do pegmatito A, denominada “Barro”, refletindo brusca queda do conteúdo de Li no sistema. A zinnwaldita ocorre em placas menores nas interfaces dos cristais de espodumênio, formando ocasionais texturas em “rosettes”, tanto na zona granular como em cristais menores de espodumênio, denotando crescimento posterior sob menor influência de deformação. A contribuição de Fe e Mn da zinnwaldita para o espodumênio é notória. A zinnwaldita é controlada pela presença de Fe, que igualmente controla, juntamente com Mn, a existência e cristalização de tantalita. Quartzo maciço, cinzento ocupa espaços triangulares entre os cristais gigantes de espodumênio. Raramente forma pequenos cristais hialinos bem formados, e mais raramente ametista.

Elevadas pressões de fluidos aquosos ricos em Li são atribuídas à formação de núcleos de pegmatitos com espodumênio. Ausência de berilo é notável, podendo refletir condições térmicas inferiores. Dois tipos de tantalita existem em Volta Grande (Pires, 1992): 1. Mn/Fe tantalita - baixo conteúdo de Sn,; e 2. Sn/Mn tantalita ocorrendo com Ta-cassiterita. Microlita ocorre em pequenos cristais octaédricos, inferiores a 2 mm, de coloração verde, caramelada e amarela, isolados ou associados à tantalita. Tantalita substituída por microlita, em textura manteada ou auréolas, foi observada em microscópio (Pires, 1992) bem como uranmicrolita em distribuição irregular e inferior, denominada conforme classificação de Hogarth, 1977, em substituição ao termo djalmaita. Lepidolita principalmente e zinnwaldita, secundariamente, ocorrem com microlita, servindo como parâmetro na pesquisa.

## **7 – ESTIMATIVA DE COMPOSIÇÃO DO PEGMATITO – CORPO A**

De acordo com observações de campo (frente de lavra da mina) e nas descrições dos testemunhos de sondagem, alguns valores de porcentagem em volume puderam ser estimados, relativos à composição mineralógica do pegmatito.

Primeiramente observa-se que o pegmatito é composto por 3 grandes fácies texturais e mineralógicas predominantes (tabela 05). As descrições destas fácies foram feitas anteriormente.

Tabela 05: Média percentual das fácies

FAIXA DE VARIAÇÃO PERCENTUAL EM VOLUME DE PEGMATITO	MÉDIA PERCENTUAL	FÁCIES
60% - 65 %	63%	PEGMATITO GRANULAR
20% - 25%	23%	ALBITITO
10% - 15%	13%	MICROCLINA (BKf)

Foi possível também estimar a composição mineralógica do pegmatito (corpo A), conforme encontra-se na Tabela 06.

Tabela 06: Média percentual mineralógica do pegmatito

FAIXA DE VARIAÇÃO PERCENTUAL EM VOLUME NA TEXTURA GRANULAR	MÉDIA PERCENTUAL	MINERAL
25% - 35%	30%	QUARTZO
25% - 30%	28%	MICROCLINA
20% - 25%	22%	ESPODUMÊNIO
8% - 10%	9%	ZINNWALDITA
5% - 10%	8%	ALBITA

Fazendo uma estimativa geral para o pegmatito, ou seja, transformando esses percentuais da composição da textura granular para uma composição mineralógica geral, levando em consideração os percentuais de albitito e de BKf, calcula-se quanto cada percentual mineralógico dentro da textura granular equivale na composição geral.

63% pegmatito granular (composição geral) --- 100% pegmatito granular  
 X composição geral --- 30% quartzo

$$X = \frac{30 * 63}{100} = 18,90\%$$

O quartzo representa um percentual de 18,90% do volume total de pegmatito.

Fazendo o mesmo cálculo para os outros minerais, temos:

17,64% de microlita

13,86% de espodumênio

5,67% de zinnwaldita

5,04% de albita

Somando os valores gerais estimados de albitito e microclina (BKf), tem-se então a estimativa mineralógica do pegmatito:

Tabela07: Média estimativa mineralógica do pegmatito do corpo “A”

MINERAIS		PERCENTUAL ESTIMADO
MICROCLINA	$13,00 + 17,64 = 30,64\%$	31%
ALBITA	$23,00 + 5,04 = 28,04\%$	28%
QUARTZO	18,90%	19%
ESPODUMÊNIO	13,86%	14%
ZINNWALDITA	5,67%	6%

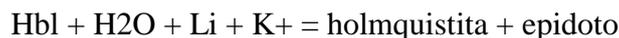
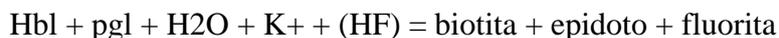
## **8 – METASSOMATISMO E ASPECTOS GENÉTICOS**

As formas dos pegmatitos de Volta Grande devem estar associadas a um soerguimento da seqüência rochosa anfíbolítica (Pires, 1998), que produziu um conjunto de fraturas que propiciaram o posicionamento dos fluidos residuais de granitos.

No anfíbolito observam-se dobras fechadas que são truncadas por zona de cisalhamento e boudins de quartzo de até 1,5m de comprimento. O pegmatito de Volta Grande (Corpo A) ocorre em forma de dique, encaixado no anfíbolito, com atitude aproximadamente de 190/15, e apresenta alguns espodumênios “kinkados” e, em lâmina, também se vê muscovita kinkada.

Considerando que o fluido pegmatítico começou a cristalizar da borda para o núcleo, a encaixante sofreu metassomatismo no contato com o pegmatito, onde um fluido rico em H<sub>2</sub>O, K<sup>+</sup>, Li, (HF) reagiu com a hornblenda (Hbl) e plagioclásio (pgl) da encaixante, formando uma assembléia composta por biotita – fluorita – holmquistita (observadas em lâminas).

### Reações:



Nesta fase, a pressão interna dos fluidos caiu, formando os albitos (zona de albitito), que pelo fato da pressão d'água ser baixa, os cristais de albita não desenvolveram muito, ficando com a granulometria fina, formando uma textura sacaroidal. Conseqüentemente, a pressão interna dos fluidos cresceu significativamente, ficando rico em H<sub>2</sub>O e K<sup>+</sup>, favorecendo a cristalização de k-feldspato (microclina) em bolsões.

Novamente, a pressão dos fluidos diminuiu e um fluido silicoso, rico em Li, começou a cristalizar uma massa pegmatítica granular, formando quartzo, espodumênio, microclina, albita e zinnwaldita, em uma textura aproximadamente equigranular, com granulometria no máximo de 2cm de comprimento (espodumênio).

Um fluido residual rico em Li e, provavelmente em condições de pressão de água alta, produziu uma zona (núcleo) composta principalmente por mega-cristais de espodumênio (de até 1m de comprimento) em uma matriz grossa de quartzo, microclina e zinnwaldita.

Quando havia 95% do pegmatito formado, um fluido rico em metais transitava entre os cristais formados anteriormente, ou seja, fluía nos interstícios e porosidades das fácies já existentes. Este fluido aquoso era rico em Mn<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Ta<sup>5+</sup>, Nb<sup>5+</sup>, Sn<sup>3+</sup>, que dissolviam parcialmente a albita, k-feldspatos e espodumênio já formados, para produzir Li-micas, quartzo, tantalita-columbita e cassiterita, formando as mineralizações importantes.

Esse fluido aquoso final sofreu depleção em Fe/Mn e Ta/Nb, enriquecendo relativamente em Ca<sup>2+</sup> e Na<sup>+</sup> que reagiu com e/ou dissolveu tantalita, formando a microlita.

Com base nas descrições dos concentrados de batéia, pôde-se elaborar a tabela 08, que contém as concentrações dos minerais pesados mais comuns do pegmatito Volta Grande.

Tabela 08: Amostras de concentrado do pegmatito Volta Grande

IDENTIFICAÇÃO E PERFIL DA AMOSTRAGEM	PESO DO CONCENTRADO		Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	tantalita	cassiterita	microlita
	A (kg)	B (kg)	C	D	g/m <sup>3</sup>	g/m <sup>3</sup>	g/m <sup>3</sup>
AB - 01 (P04)	6,00	13,00	22,25	3,52	140	309	206
Ab - 02 (P09)	10,00	19,10	5,67	0,79	32	1.124	16
Ab - 03 (P 07)	11,00	19,40	11,60	2,00	90	827	165
Ab - 04 (P 01)	4,00	7,80	31,98	8,16	147	79	79
Gran - 01 (P06/P07)	10,00	19,40	16,74	7,53	593	344	115
Gran - 02 (P05/P06)	9,00	17,20	20,26	5,65	267	364	273
Spod 01 (P04/P05)	23,00	46,90	23,95	3,90	713	358	1.073
Spod 02 (P05/P06)	28,00	52,90	22,94	2,41	290	840	1.698
Kf - 01 (P06/P07)	6,00	11,40	21,54	5,01	154	118	197
Kf - 02 (P02/P05)	2,00	3,30	11,43	2,15	24	14	21
Anf - 01 (P05)	9,00		0,03	<50ppm			
Anf - 02 (P07+48)	38,00		0,03	<50ppm			
Anf - 03 (P07)	18,00		0,47	0,30			
Zinn - 01 (P07)	26,00		0,29	0,14			
Zinn - 02 (P07+48)	19,00		3,68	2,14			
Média					245	437,7	384,3

A- Peso do concentrado para análise química

B- Peso do concentrado total

C- Análise química para Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

D- Análise química para Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Observando esta tabela e comparando seus valores entre si, chegamos a alguns pontos importantes:

- Os albitos (Ab) são mais ricos em cassiterita que em tantalita e microlita

- As fácies de mega-cristais de espodumênio (Spod) e a granular (gran), apresentam maiores teores de tantalita, microlita e cassiterita.

- BKf (Kf) é mais pobre em relação às outras fácies

Usando-se as porcentagens da tabela 08 e o diagrama Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> X Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, as seguintes constatações podem ser feitas:

- Os albitos e BKf mostram correlação positiva para Ta e Nb, indicando concentrações maiores de tantalita;

- O gran e o spod mostram correlação negativa para Ta e Nb, indicando a presença de microlita;

- É excelente a correlação verificada entre os valores de análises química e mineralógica para gran e spod, bem como para a maioria das análises de albitos e BKf;

- A presença de cassiterita em teores acima de 800g/m<sup>3</sup> é verificada nos concentrados pobres em Nb;

- O resultado da análise Ab-04 é incompatível com o resultado de análise mineralógica;

- Os conteúdos de cassiterita nos concentrados podem ser separados em três grupos: 1 – rico (>800g/m<sup>3</sup>); 2 – médio (300 – 800g/m<sup>3</sup>); 3 – pobre (<300g/m<sup>3</sup>)

## **9 – CONCLUSÃO**

Os pegmatitos de Volta Grande podem ser classificados como complexos, zonados, de “elementos raros” (“Rare Element Pegmatite”), e da classe “transitional rare-element-muscovite” de acordo com Cerny (1991), ao qual poderíamos acrescentar espodumênio-zinnwaldita, (London, 1984).

Aparentemente, os pegmatitos de VG foram formados através de longo e contínuo período de injeção de fluidos aquosos Al-silicáticos, ricos em Li, Na e K, com concentrações locais e esporádicas de HF e B. Ocorreu forte metassomatismo na zona exomórfica, com reações rocha-fluido rico em Li-(B-HF), deposição de fases ricas em Ca (epidoto, titanita-apatita), sucedida por separação de fase albítica, mais viscosa e pobre em K-Li, utilizados no metassomatismo da encaixante anfibolítica, e finalmente formação de holmquistita-zinnwaldita-turmalina em fluido aquoso. Após a deposição de albita ocorreu aumento significativo de K no fluido, culminando com a cristalização de microclina-em-blocos (“blocky microcline”) em matriz de quartzo-microclina-zinnwaldita-espodumênio, denominada zona intermediária ou granular. Bolsões locais de quartzo-muscovita-cassiterita foram formados em porções com maior atividade de H<sub>2</sub>O, anterior à formação da “blocky microcline”. Tem sido encontrado tantalita nas auréolas de zinnwaldita em torno dos bolsões de albita, denotando aumento de Fe e Mn. Aparentemente ocorreu partição de Mn e Fe entre tantalita e zinnwaldita.

A etapa seguinte de cristalização corresponde a zona do núcleo, onde existem mega cristais de espodumênio, quartzo e placas intersticiais de zinnwaldita, onde se concentra a mineralização de tantalita-microlita, e nas zonas de acumulação de lepidolita, onde ocorre a predominância de microlita. O decréscimo do conteúdo de Fe no sistema permitiu a formação de espodumênio com teores inferiores a 1,0% Fe e cristalização de microlita.

## **10 - BIBLIOGRAFIA E REFERÊNCIAS**

- Erichsen, A.I., (1929) Geologia da Folha de São João del Rei, Estado de Minas Gerais. S.G.M.B., Bol. 36: 1-36.
- Francesconi, R., (1972) Pegmatitos da região de São João del Rei, Estado de Minas Gerais. Tese de Doutorado, USP, 1-110.
- Guimarães, D., 1950. A Jazida de Djalma de Volta Grande Rio das Mortes, Minas Gerais, Anais, Acad. Bras. Cienc. 22, 51-71.
- Guimarães, D. and Beleskji, W., (1956) Mineralização tântalo-estanífera do Município de São João del Rei, MG. DFPM/DNPM, Bol. 99: 1-72.
- Heinrich, E.W., (1953) Zoning in pegmatite districts. *Am. Miner.*, 38: 68-87.
- Heinrich, E.W., (1964) Tin-tantalum-lithium pegmatites of the São João del Rei District, Minas Gerais. *Econ. Geol.*, 59: 982-1002.
- Heinrich, E.W., (1978) Mineralogy and structure of Lithium pegmatites. *J. Miner. Recife*. Vol. Djalma Guimarães, 7: 59-65.
- Lagache, M. and Quemeneur, J.J.G., (1997) The Volta Grande pegmatites, Minas Gerais, Brazil: An example of rare-element granitic pegmatites exceptionally enriched in lithium and rubidium. *Can. Miner.* 35: 153-165.
- London, D., (1984) Experimental phase equilibria in the system  $\text{LiAlSiO}_4\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ : a petrogenetic grid for lithium-rich pegmatites. *Am. Miner.*, 69: 995-1004.
- London, D., (1986) Holmquistite as a guide to pegmatite rare metal deposits. *Econ. Geol.*, 81: 704-712.
- Pires, F.R.M., (1977) Geologia do distrito manganésífero de Conselheiro Lafaiete, Minas Gerais. Tese de mestrado, IGEO/UFRJ: 1-320.
- Pires, F.R.M., (1984) The southern limits of the São Francisco craton. *Anais Acad. Bras. Ciênc.*, 58: 139-145.
- Pires, F.R.M. and Porto Jr., R., (1986) A mineralização de Sn-Ta-Nb-Li e o granito Santa Rita, São João del Rei, Minas Gerais. *Anais 34 Cong. Bras. Geol., SBG, Goiânia*, 5: 2023-2034.
- Pires, F.R.M., Mathuy Jr., J. and Stenzel, L.C., (1990) Zoneamento da mineralização de Nb-Ta-Sn-Li em pegmatitos relacionados ao granito Santa Rita, São João del Rei. *36 Cong. Bras. Geol., SBG*, 6: 152.
- Pires, F.R.M., Ribeiro, A. and Barbosa, M.I.M., (1990) Distribuição do greenstone belt Barbacena na região de São João del Rei, Minas Gerais. *Anais 35 Cong. Bras. Geol., SBG, Natal*, 6: 2941-2951.
- Pires, F.R.M. and Pires, H.L., (1992) Regional zoning in the São João del Rei pegmatite district and its relations with the collisional Santa Rita granite, Minas Gerais. *37 Cong. Bras. Geol., SBG, S. Paulo*, 1: 269-272.
- Pires, F.R.M. and Cabral, A.R., (1998) The Volta Grande pegmatites, Minas Gerais, Brazil: An example of rare-element granitic pegmatites exceptionally enriched in lithium and rubidium: discussion. *Can. Miner.*, 36: 201-205.
- Pires, F.R.M., (1995) A contribuição de Djalma Guimarães para o estudo da djalmaita e os pegmatitos da província de São João del Rei, Minas Gerais. *REM: R.Esc. Minas, Ouro Preto*, 48 (4): 311-315.
- Quemeneur, J.J.G., (1983) Estrutura e geologia econômica do embasamento arqueano da área pegmatítica de São João del Rei. *Anais 3 Simp. Geol. Minas Gerais, SBG/MG, Bol. 3*: 449-460.

- Quemeneur, J.J.G., (1987) Petrography of the pegmatites from rio das Mortes Valley, southeast Minas Gerais, Brasil. *Revista Bras. Geoc., ISGAM*, 17: 595-600.
- Quemeneur, J.J.G. and Vidal, P. (1989) Primeiras datações radiométricas dos granitos de São João del Rei. *Anais 5 Simp. Geol. Minas Gerais, SBG/MG, Bol. 3*: 50-54.
- Rolff, P.A.M.A. (1948) A província pegmatítica do Rio das Mortes. *Revista Esc. Minas Ouro Preto*, 13: 5-10.
- Rolff, P.A.M.A. (1952) Geologia da província estano-litínífera do Rio das Mortes, Minas Gerais. *Revista Esc. Minas Ouro Preto*, 17: 3-12.
- Rowe, R.B., (1954) Pegmatitic lithium deposits in Canada. *Econ Geol.*, 4: 501-515.
- Shearer, C.K. and Papike, J.J., (1978) Pegmatite-wallrock interaction: Holmquistite - bearing amphibolite, Edison pegmatite, Black Hills, South Dakota. *Am. Miner.*, 73: 324-337.
- Stewart, D.B., (1978) Petrogenesis of lithium-rich pegmatites. *Am. Miner.*, 63: 970-980.
- Távora, E., (1949) Cella unitária e grupo espacial da Djalmita. *Anais Acad. Bras. Cienc.*, 21: 337-350.