

**Antonio Liccardo**

**Geologia dos  
pegmatitos**

Área de Mineralogia-Gemologia  
UFOP

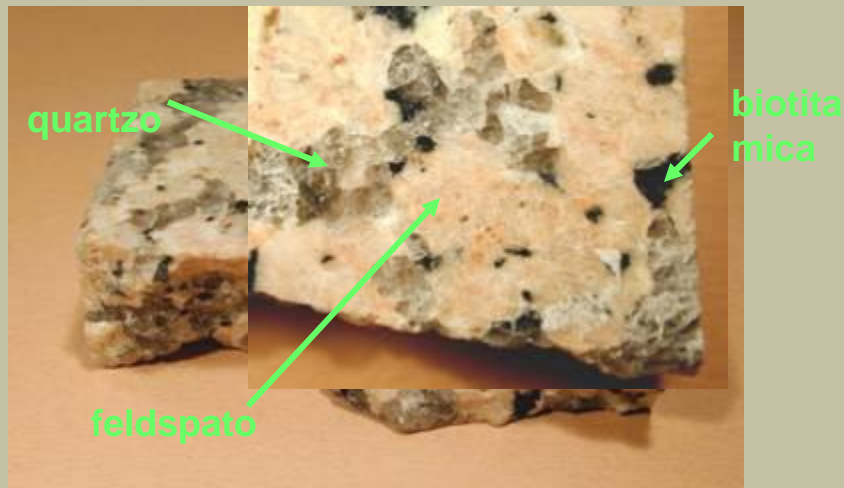
# Programação

- Definições
- Importância econômica
- Morfologia de pegmatitos
- Classificação
- Zoneamento
- Associações mineralógicas
- Modelos de evolução
- Pegmatitos no Brasil
- Bibliografia recomendada

# Definições

PEGMATITOS são rochas holocristalinas que apresentam, pelo menos em parte, uma **granulação muito grosseira**, contendo como maiores constituintes minerais àqueles encontrados tipicamente em rochas ígneas comuns, mas com a característica de apresentarem extremas variações no que se refere ao **tamanho dos grãos**. Jahns (1955)

Termo aplicado hoje para textura e para definir um corpo de rocha proveniente de fonte ígnea ou metamórfica.





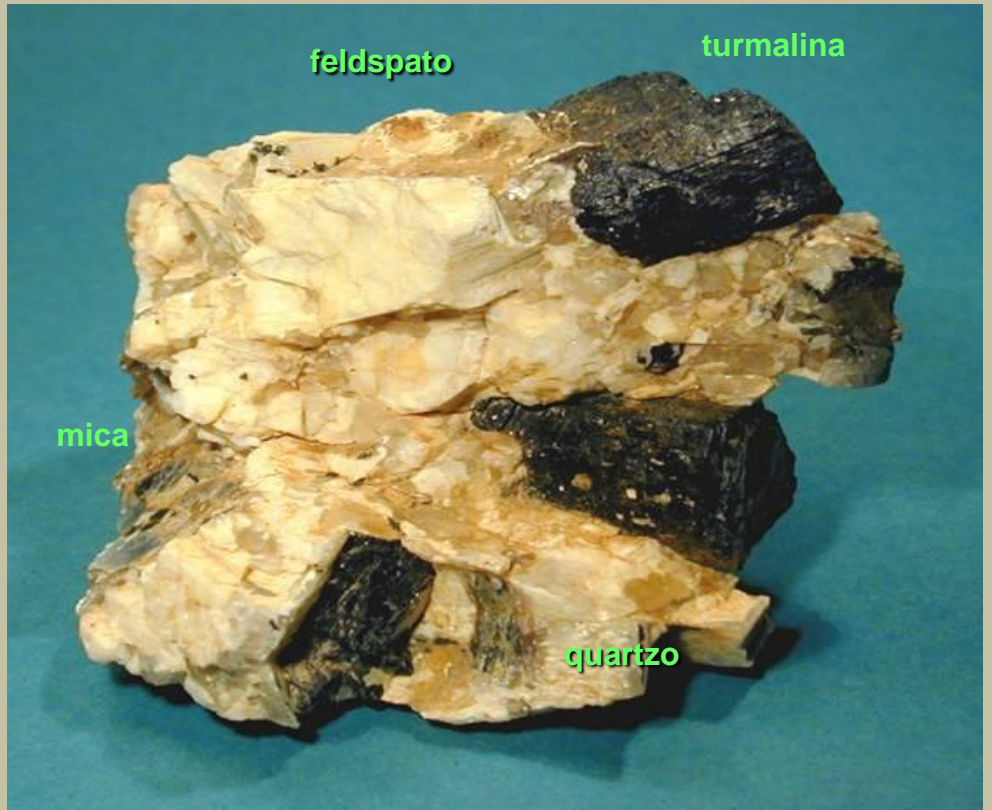


Pegmatito em gnaiss - PR

LICCARDO 2006

Pegmatito gráfico - Solonópole - CE

Pegmatito clássico - Galiléia - MG

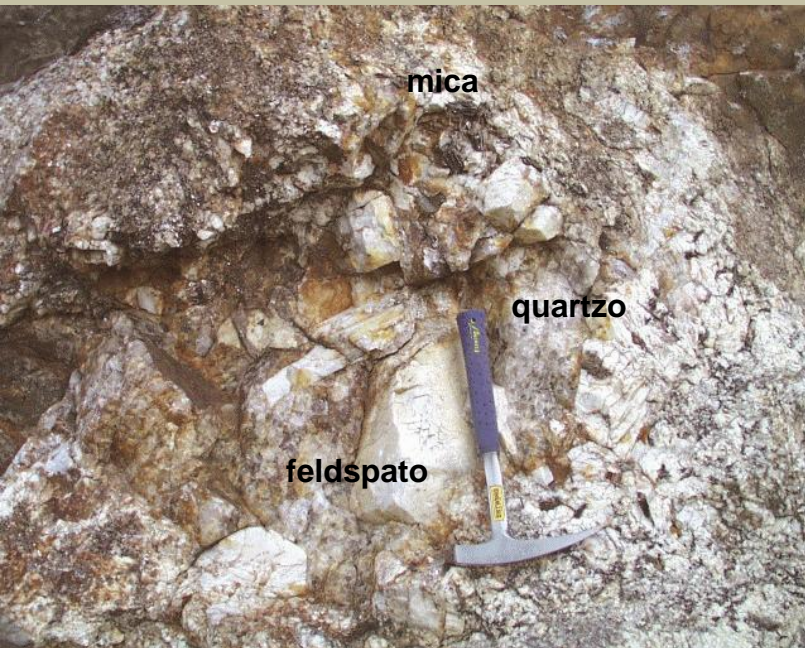


feldspato

turmalina

mica

quartzo



mica

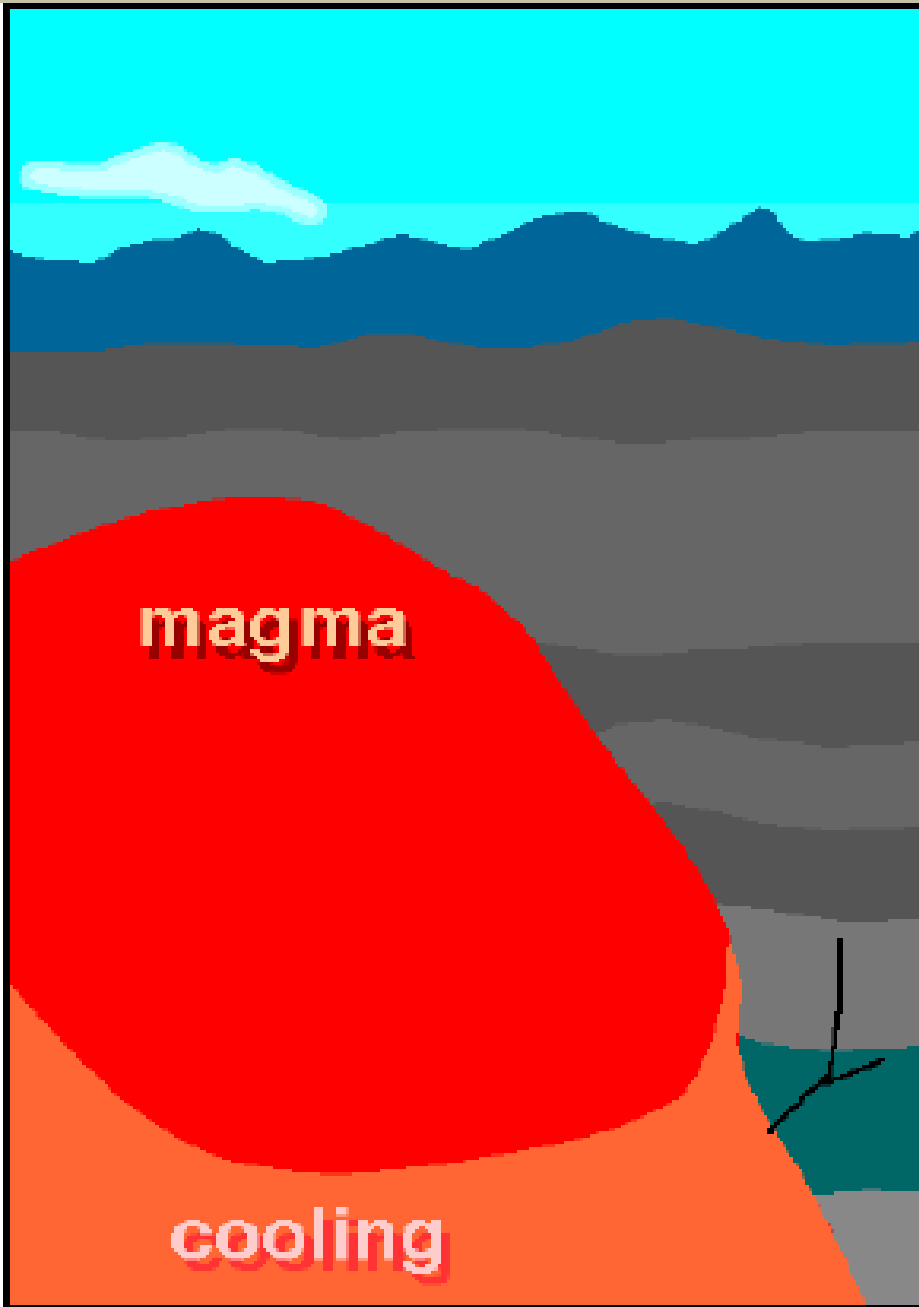
quartzo

feldspato

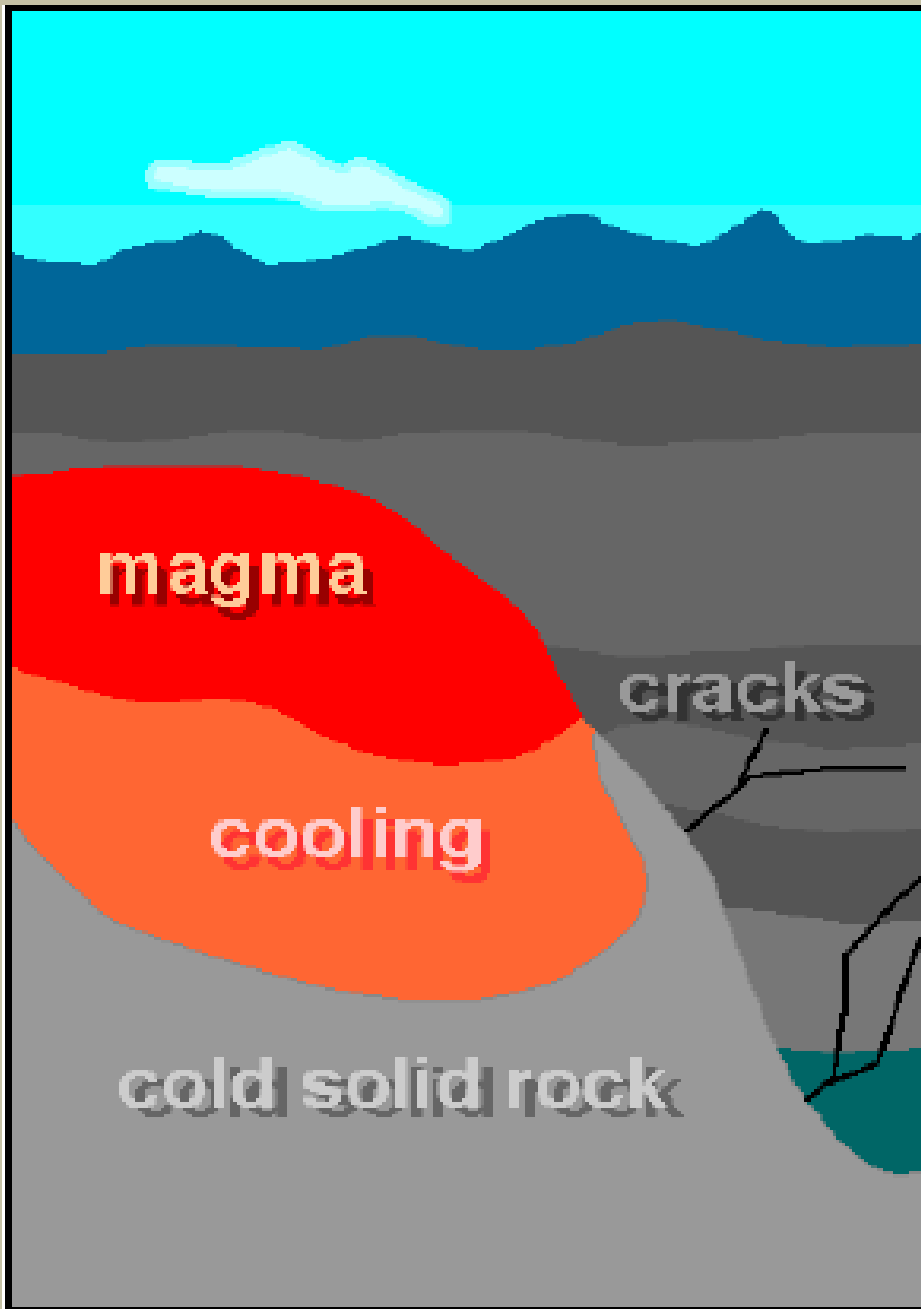


Simplificação do mecanismo mais aceito na formação de pegmatitos

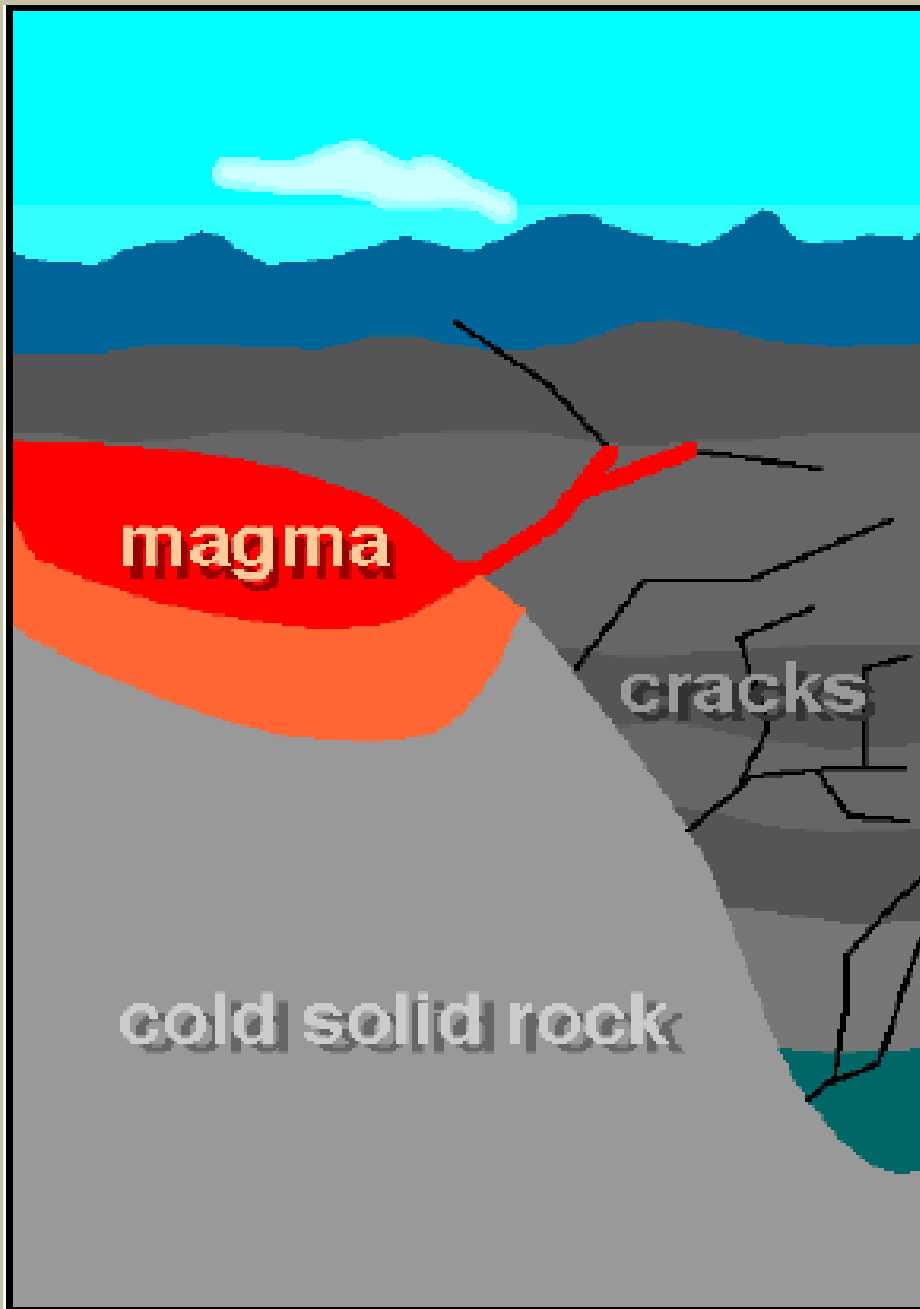
Ascensão do magma granítico



Início do resfriamento  
do plúton

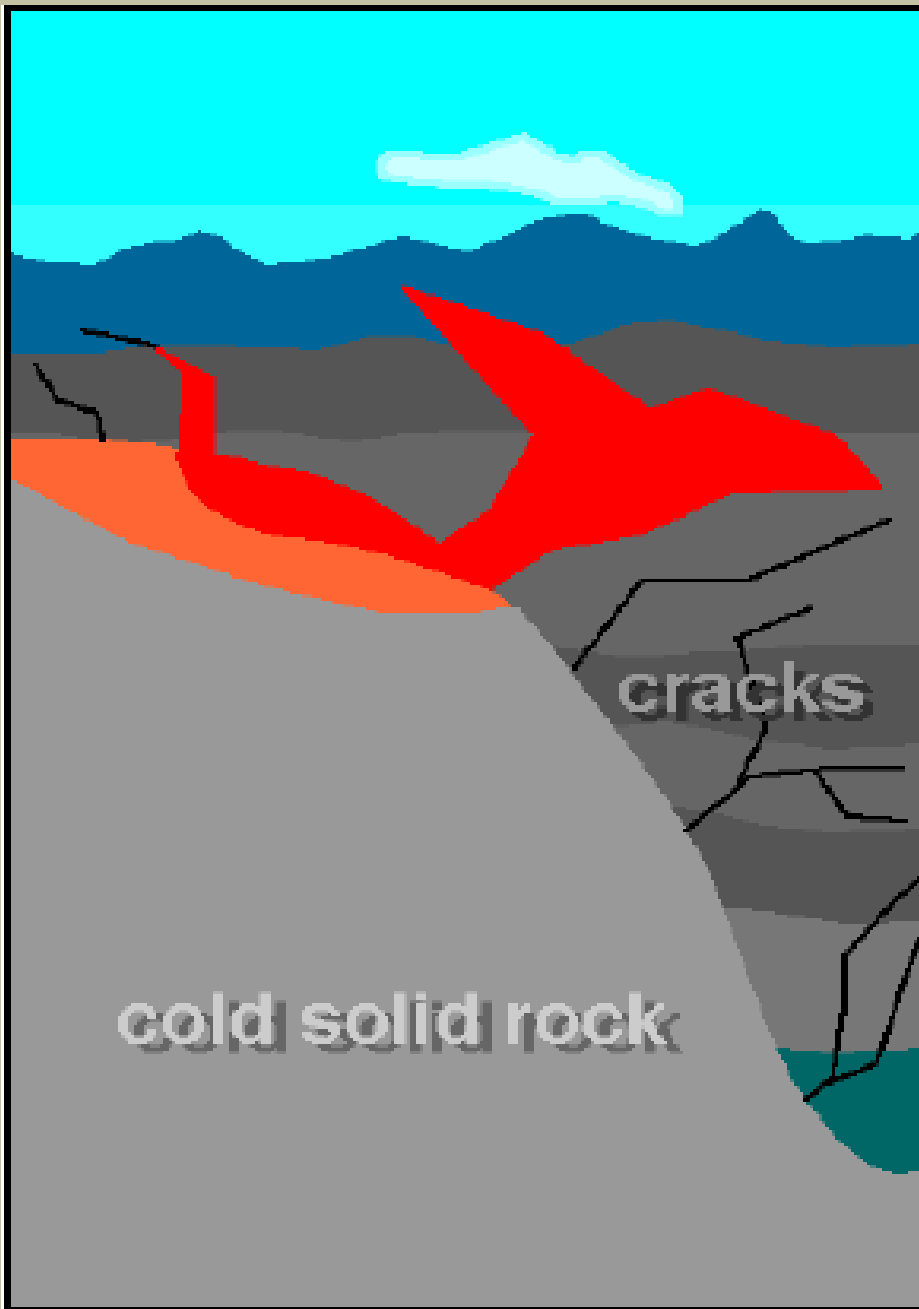


Resfriamento do  
plúton e fraturamento  
de encaixantes

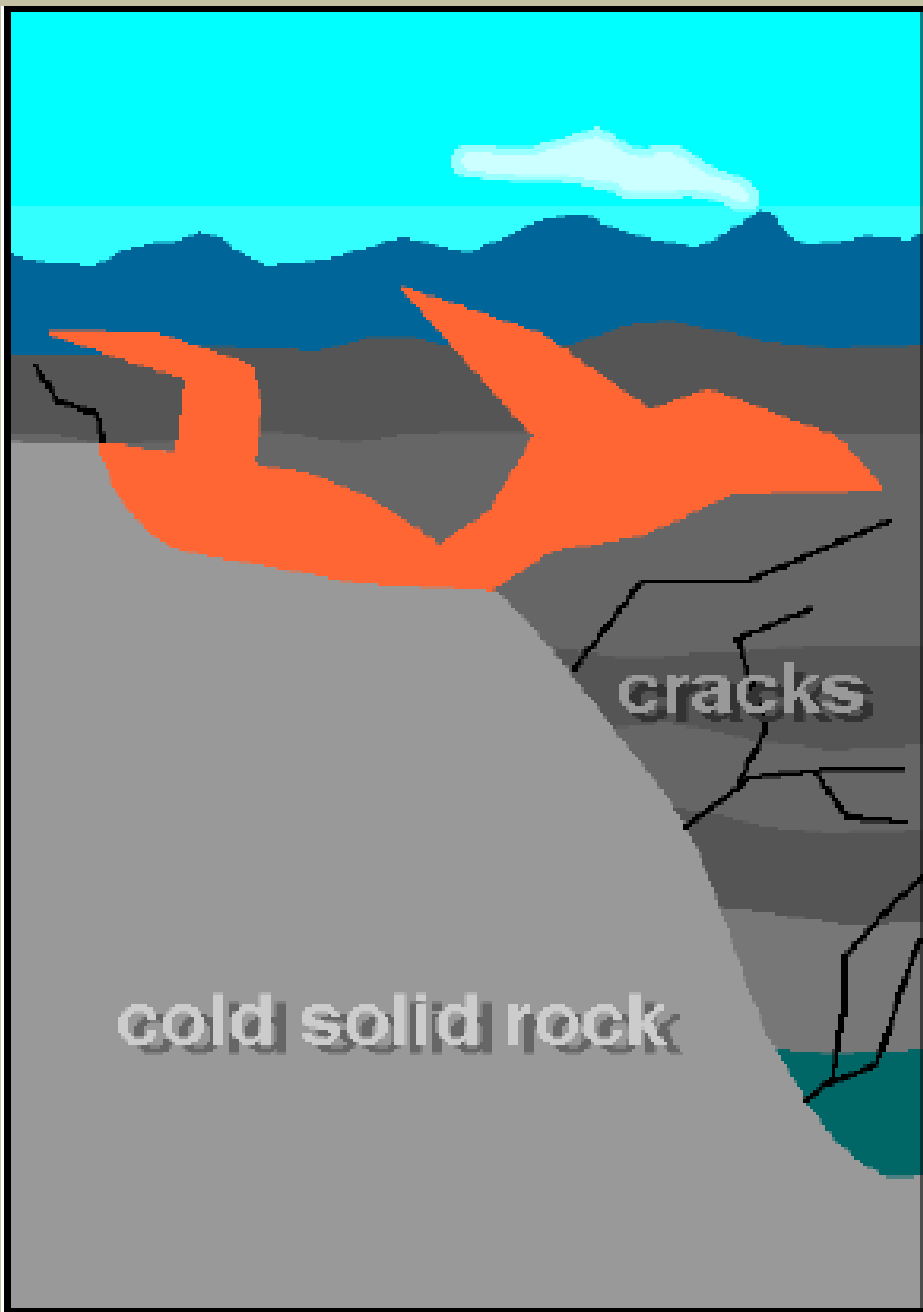


Magma residual rico em voláteis preenche fraturas

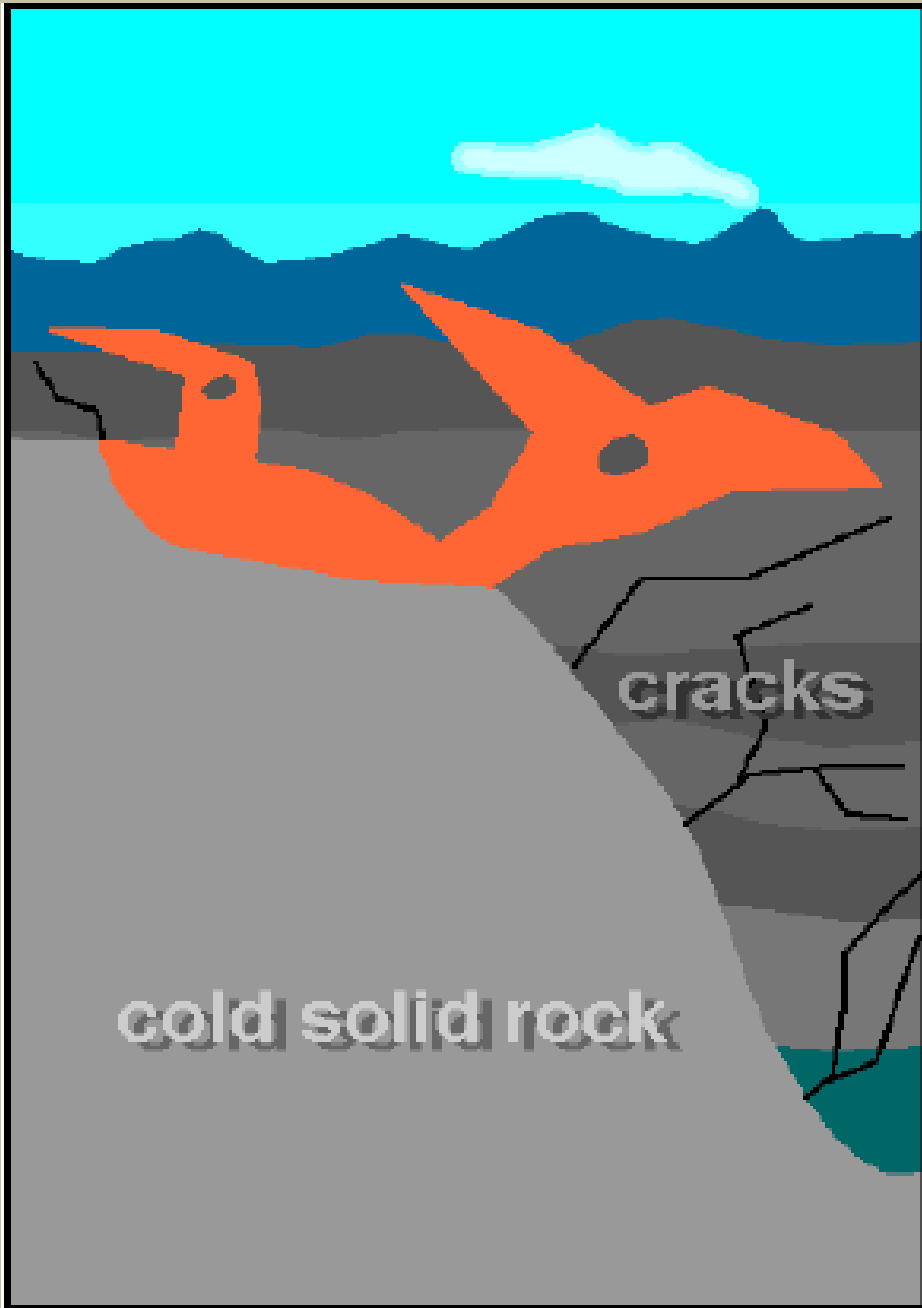




Magma residual rico  
em voláteis preenche  
fraturas



Final de resfriamento



Concentração de  
elementos raros



Cristalização de  
minerais raros e  
eventual formação de  
bolsões

Bolsões ou pockets podem apresentar cristalização de turmalinas, euclásio, brasilianitas e outros minerais raros



# Importância econômica

- **Minerais industriais** – feldspato, caulim, mica, minerais de lítio
- **Minerais-minério** – fontes de elementos raros (Li, Nb-Ta, Cs, ETR...), estanho e urânio
- **Minerais gemológicos e coleção** – turmalina, berilo, espodumênio...





Cristal de tantalita e feldspato caulizado  
com folhas decimétricas de muscovita –  
Guanhães – MG



Escapolita lapidada - MG



# Morfologia de pegmatitos

## TAMANHO E FORMA VARIADOS

- a. Espessura: centímetros até centenas de metros - 85% até 30m - 05% maior que 50m.
- b. Comprimento: muito variável, relação de até 1000 x largura - 80% inferior 150m 05% superior 500m.
- c. Profundidade: são conhecidos pegmatitos até 700m, sendo que 90% são lavrados até 80m.

A **encaixante influencia** muito na forma. predomínio do tabular;

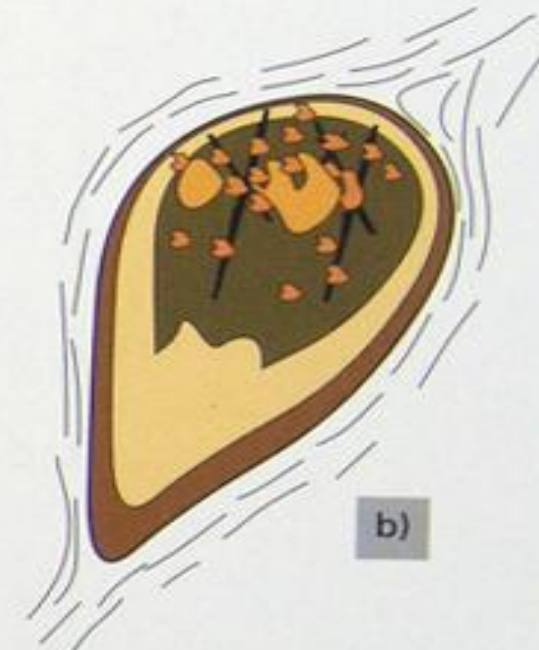
Granitos – tabulares, irregulares, ramificados

Mica-xistos – lenticulares ao longo da xistosidade

Quartzitos e gnaisses – tabulares e ramificados



a)



b)

LEGENDA



Preenchimento de fratura



Corpo de substituição e geodo



Núcleo, geralmente maciço



Zona intermediária, granulação grossa a muito grossa



Zona mural, granulação fina a grossa

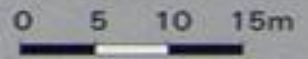


Zona marginal, granulação fina a média



Foliação das rochas encaixantes

ESCALA



a) Perfil transversal de pegmatito em forma de balão, com alto ângulo de mergulho

b) Perfil transversal de pegmatito lenticular, horizontal



Típico perfil de veio pegmatítico cortando as encaixantes

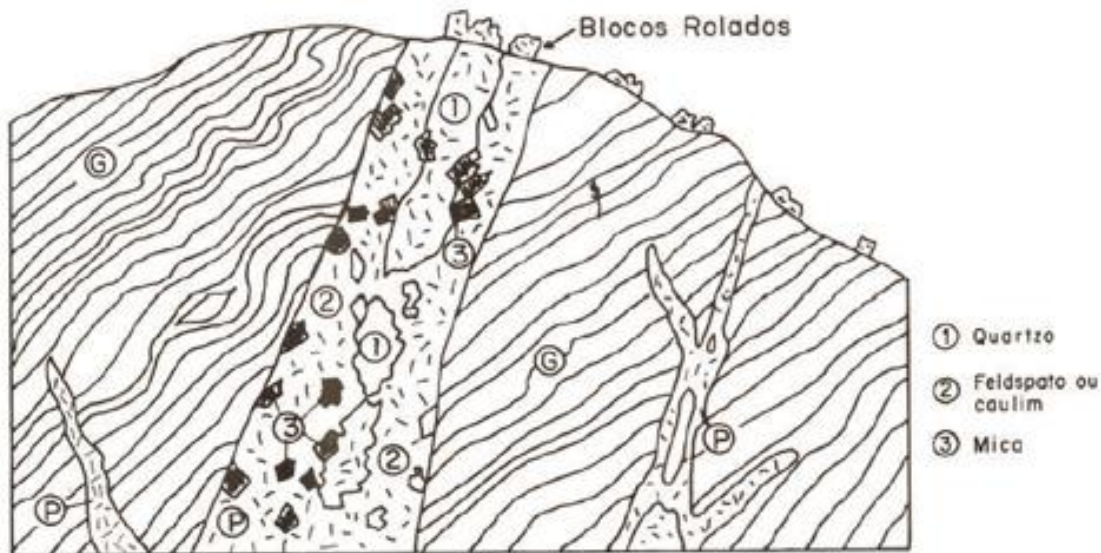


Figura 4 – Perfil esquemático transversal de um típico dique ou veio de pegmatito (P) cortando gnaiss (G). A presença do dique é da ordem de alguns metros.  
Fonte: Principais Depósitos Minerais do Brasil, v. IV – parte C, DNPM (1997).



Pegmatito dos Tonhos - Solonópole - Ceará





Pegmatito Alto do Giz – RN  
Feldspato caulinizado e produção de  
megacristais de berilo

Pegmatito São José da Batalha – PB  
Fenda ao longo da zona de  
exploração para a turmalina  
paraíba.

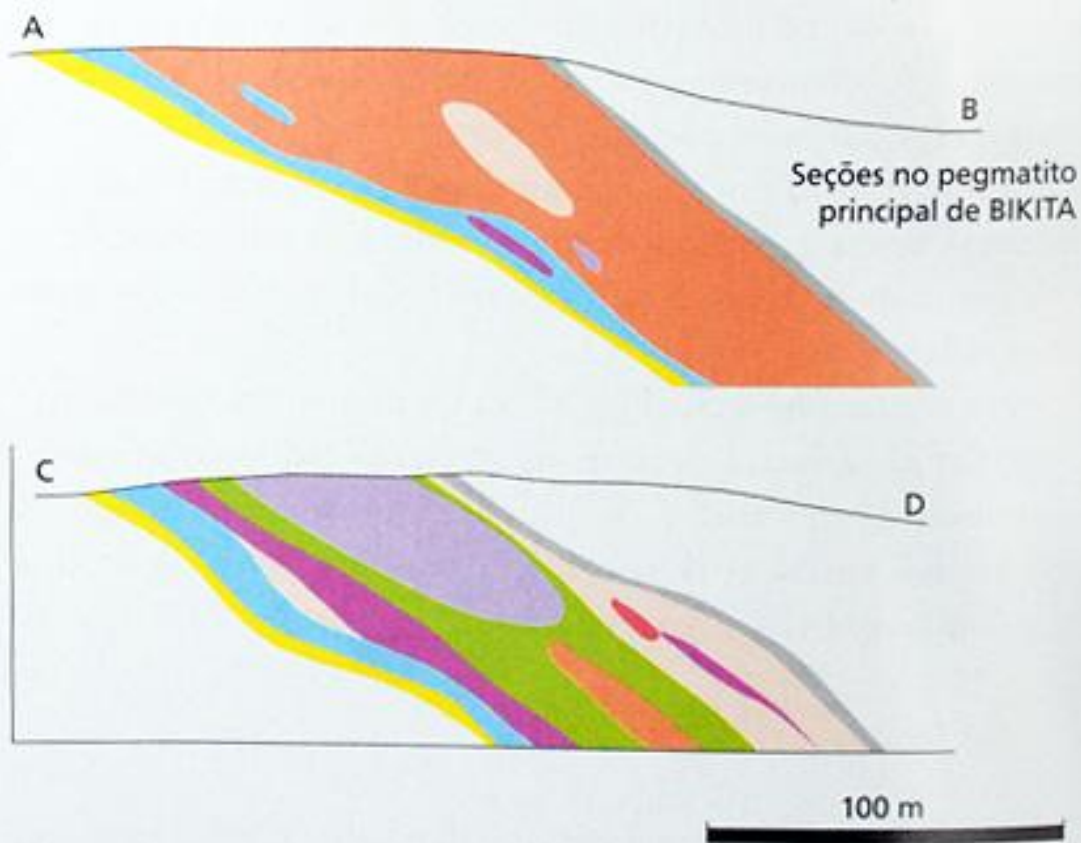


Fig. 3.82 Exemplo de zonalidade interna em pegmatito. As duas seções são de um mesmo corpo pegmatítico, lavrado para lítio e berílio, em Bikita, no Congo.

Exemplo da complexidade no zoneamento mineralógico em pegmatitos heterogêneos





Acari, RN



Medina, MG

Batólitos graníticos existentes nas proximidades dos pegmatitos brasileiros. São as possíveis fontes para a formação dos pegmatitos



Quixadá, CE

# Classificação

Classificação de CAMERON (1949)

CORPOS NÃO DIFERENCIADOS

CORPOS DIFERENCIADOS

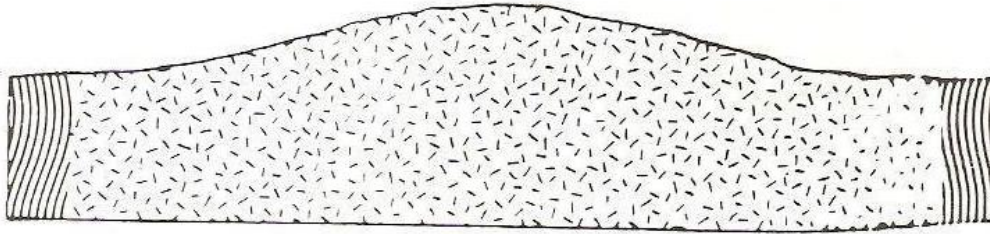
NÃO ZONADOS

ZONADOS

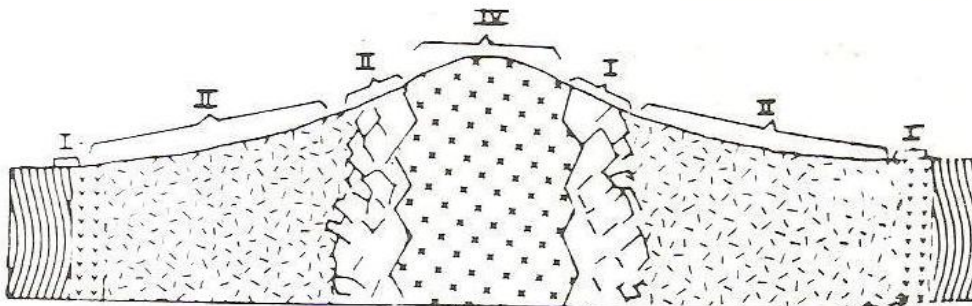
SIMÉTRICOS

ASSIMÉTRICOS

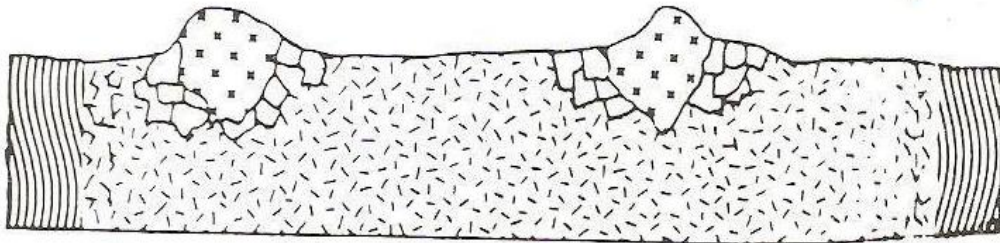
### PEGMATITO HOMOGÊNEO



### PEGMATITO HETEROGÊNEO



### PEGMATITO MISTO



Muscovita



Feldspato em cristais gigantes



Quartzo, feldspato e muscovita



Núcleo de quartzo

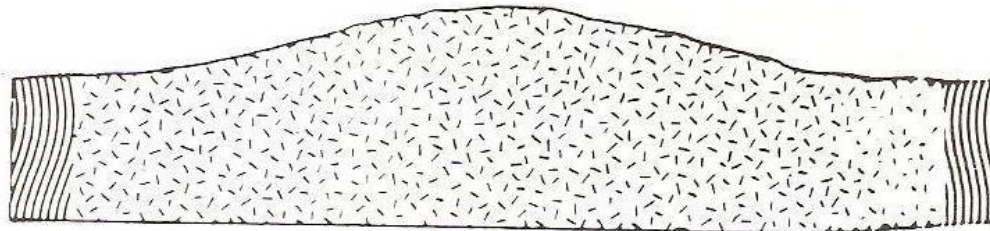


Encaixante

## Pegmatitos homogêneos:

- Apresentam os minerais essenciais: **Quartzo, feldspato e mica**, que se distribuem regularmente ao longo do corpo.
- Possuem formas tabulares ou dômicas
- às vezes medem quilômetros de extensão e largura que não ultrapassam 5 metros
- a granulometria dos minerais varia de centimétrica a decimétrica
- intercrescimento gráfico de quartzo e feldspato são comuns
- raramente são cristalizados

### PEGMATITO HOMOGÊNEO



Muscovita



Feldspato em cristais gigantes



Quartzo, feldspato e muscovita



Núcleo de quartzo

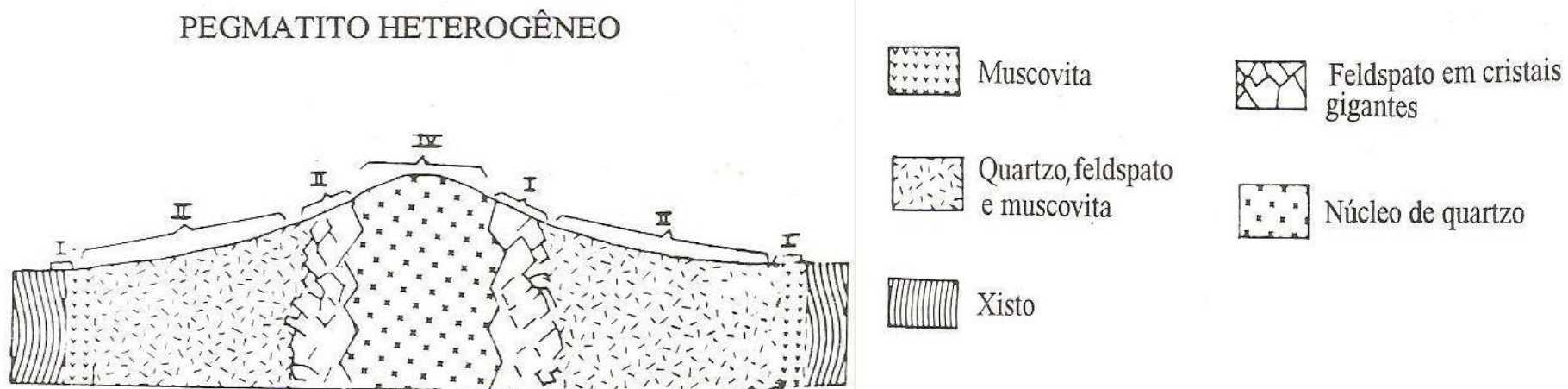


Xisto



## Pegmatitos heterogêneos

- lenticulares, arredondados ou em forma de disco achatado;
- comprimento não ultrapassa 700m e largura não superior a 200m
- minerais essenciais estão dispostos de maneira irregular formando estrutura em zonas
- basicamente de 4 zonas dispostas simetricamente em relação ao centro do pegmatito,



## Pegmatitos mistos:

-São intermediários entre homogêneo e heterogêneo e apresentam **bolsões de quartzo** ao invés de núcleos individualizados.

-Semelhante à zona 2 dos heterogêneos em torno desses bolsões de quartzo a granulação dos minerais aumenta bastante, bem como os passam a predominar cristais de **K-feldspato**



**1. Litíferos** Espodumênio, ambiglonita, lepidolita, zinwaldita, e, principalmente, cassiterita disseminada;

**2. Cupríferos**  
minérios primários e secundários de cobre;

**3. Tantalíferos**  
Tantalita acompanhada ou não de lazulita, apatita;

**4. Glucíniferos**  
Berilo com tendência ao gigantismo dos elementos, núcleo de quartzo individualizado.



# Zoneamento em pegmatitos heterogêneos

## Cameron *et al.* 1949

- 1 - ZONA DE CONTATO, ZC, (BORDER ZONE)
- 2 - ZONA DE PAREDE, ZP (MURAL – WALL ZONE)
- 3 – ZONAS INTERMEDIÁRIAS, ZI (INTERMEDIATES ZONES)
  - zona intermediária externa, ZIE
  - zona intermediária média, ZIM
  - zona intermediária interna, ZII (zona de margem de núcleo)
- 4 - ZONA DE NÚCLEO (CORE ZONE)

**Zona 1:** possui geralmente uma espessura inferior a 1m e caracteriza-se pela **abundância de moscovita**, em placas bem desenvolvidas, associada principalmente ao quartzo e algum feldspato. A zona 1 é mais desenvolvida nos pegmatitos encaixados em xistos, que nos quartzitos. Os minerais acessórios mais comuns são afrisitã, cassiterita, e esporadicamente granada.

**Zona 2:** possuem a mesma granulação, composição e estrutura de um pegmatito homogêneo, inclusive a frequência de intercrescimento gráfico de quartzo e feldspato. Geralmente ocupa o **maior volume de um corpo pegmatítico** e, às vezes, encobre toda a sua parte superior confundindo-se com um tipo homogêneo.

**Zona 3:** subdivide-se em **externa e interna**. A externa representa uma passagem gradual com a zona 2, com frequência de turmalina e granada, enquanto que a interna caracteriza-se principalmente pela presença de microclina pertítica em cristais gigantes (dimensões métricas). Desta zona procede a maior parte do berilo, tantalita, espodumênio e outros minerais acessórios.

**Zona 4:** constituída por um **núcleo de quartzo maciço** de cores variadas (róseo, leitoso, hialino, cinza, azul, etc), disposto simetricamente ou não em relação ao corpo pegmatítico. Pode-se apresentar regular, irregular ou disseminado em volumosos blocos isolados dentro do pegmatito. Muitas vezes apresentam uma direção diferente do pegmatito e intenso fraturamento. A **maioria dos minerais acessórios** são encontrados no núcleo ou no contato deste com a zona 3.



# Associações mineralógicas

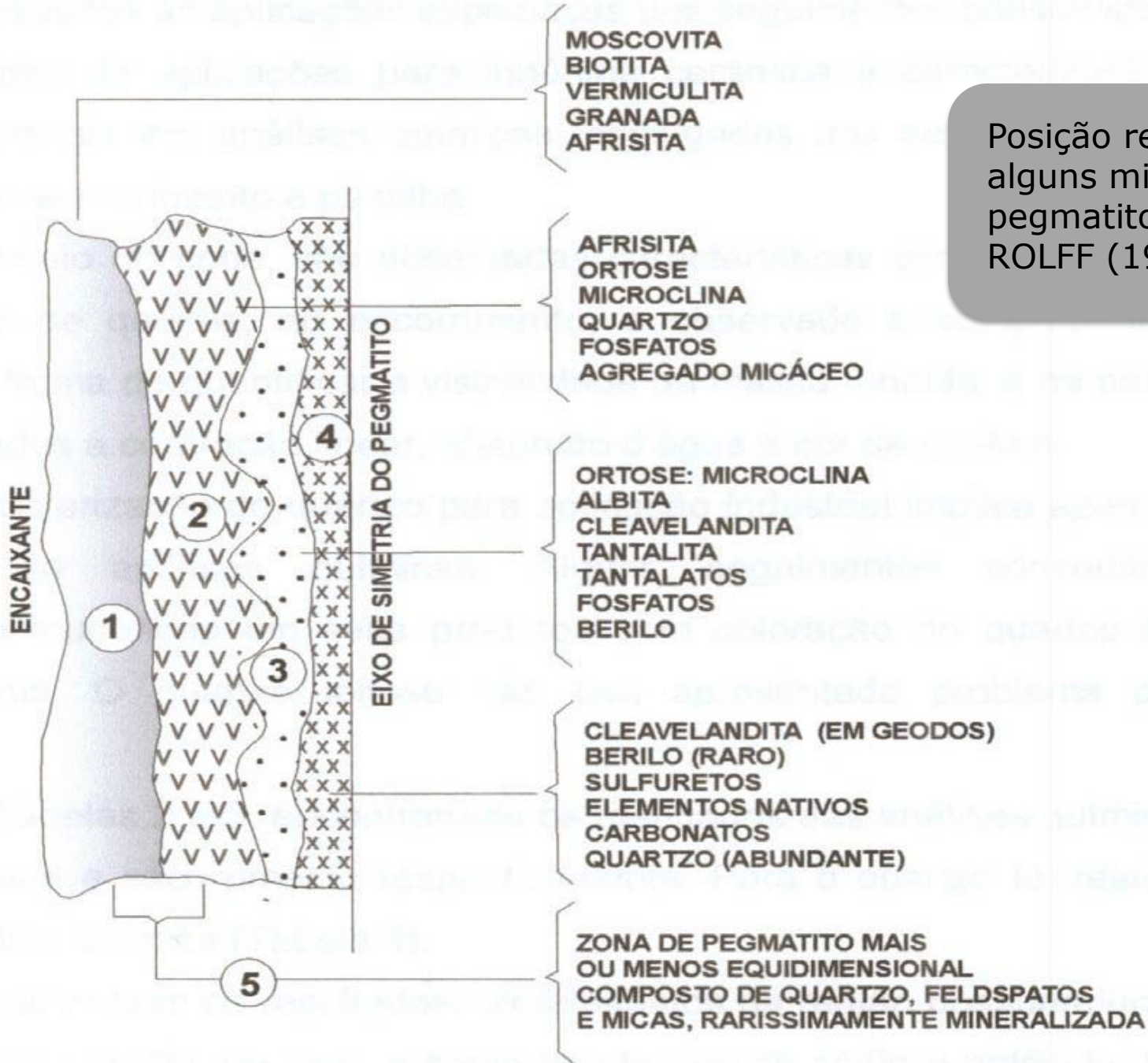
## SEQUÊNCIA PARAGENÉTICAS EM PEGMATITOS ZONADOS (CAMERON-1949)

1. PLAGIOCÁSIO-QUARTZO-MOSCOVITA
2. PLAGIOCLÁSIO-QUARTZO
3. QUARTZO-PERTITA-PLAGIOCLÁSIO, com ou sem moscovita e/ou biotita
4. PERTITA-QUARTZO
5. PERTITA-QUARTZO-PLAGIOCLÁSIO-AMBLIGONITA-ESPODUMÊNIO
6. PLAGIOCLÁSIO-QUARTZO-ESPODUMÊNIO
7. QUARTZO-ESPODUMÊNIO
8. LEPIDOLITA-PLAGIOCLÁSIO-QUARTZO
9. QUARTZO-MICROCLÍNIO
10. MICROCLÍNIO-PLAGIOCLÁSIO-LI MICAS-QUARTZO
11. QUARTZO

Quadro 3.13 Classificação e características morfológicas e econômicas dos pegmatitos, segundo Solodov (1959, modificado).

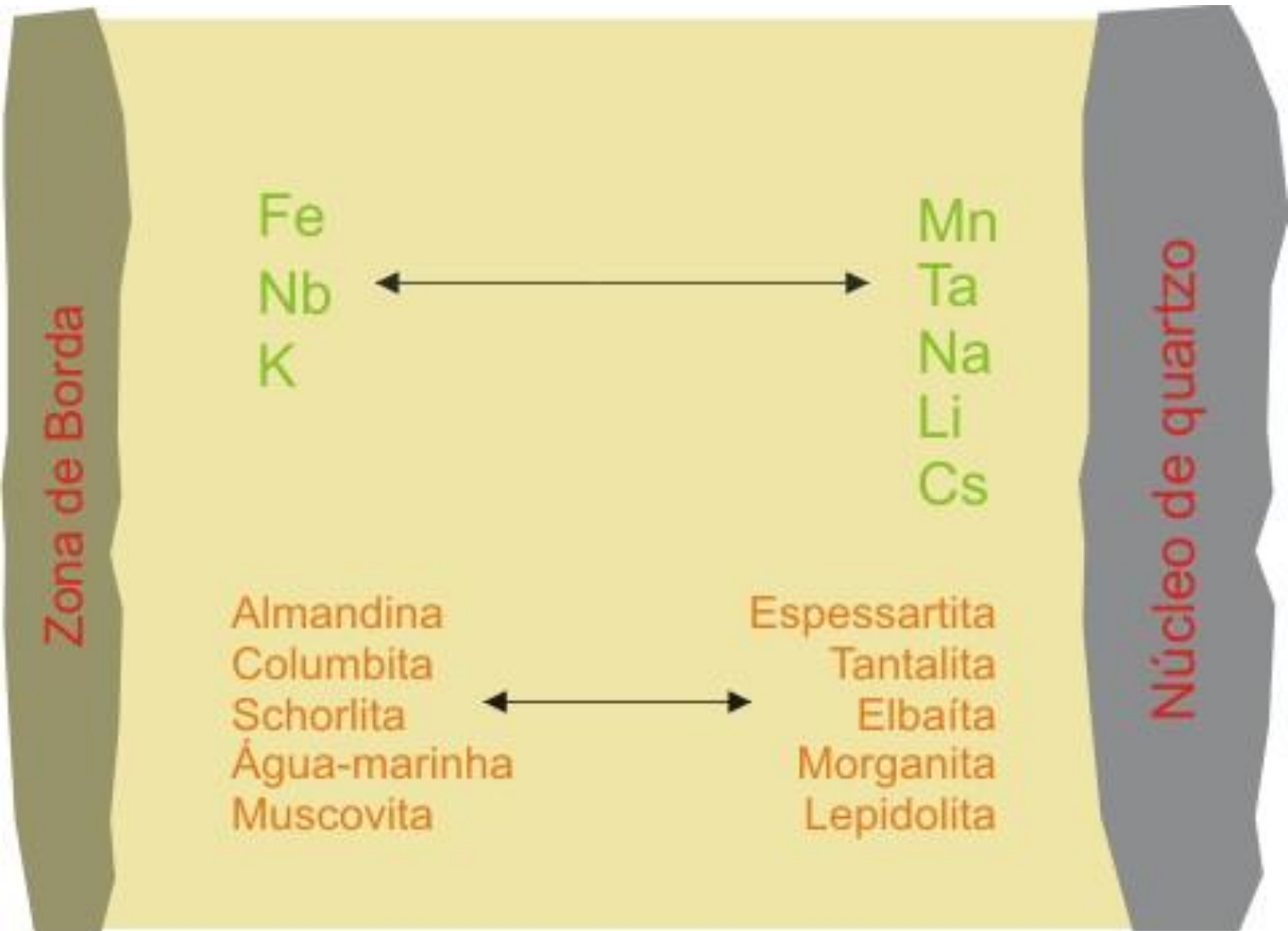
CARACTERÍSTICA	PEGMATITOS A MICROCLÍNIO	PEGMATITOS A ALBITA-MICROCLÍNIO	PEGMATITOS A ALBITA	PEGMATITOS A ALBITA-ESPODUMÊNIO
<b>MINERAIS ESSENCIAIS:</b>				
Microclínio	60 - 70	25 - 35	< 10	< 10
Albita	< 5	25 - 35	35 - 45	35 - 45
Espodumênio	—	< 10	< 10	15 - 25
Quartzo	23 - 26	25 - 30	30 - 40	30 - 35
Quantidade de zonas internas que podem ocorrer	5	13	6	4
Grau de zonalidade	Regular	Nítida	Muito nítida	Pobre
Forma do corpo pegmatítico	Lentes e bolsões	Lentes e veios	Sempre em veios	Veios bem tabulares
Comprimento	Máximo de 100 a 200 m Até 500-700 m	Até 500-700 m	Máximo de 100 a 200 m	Até 2-3 km
Espessura	3 a 5, raro até 10 m 5 a 10 m	5 a 10 m	20 a 30, às vezes até 50 m	40 a 60, às vezes menos que 30m
Distância da intrusão	Os mais próximos do campo	Próximos	Distantes	Os mais distantes do campo
<b>ECONOMICIDADE.</b> Geralmente todos os quatro tipos podem ser explorados para feldspato cerâmico e para amostras de coleção. Lavras de quartzo são comuns.	Pequenas lavras de berilo (inclusive gemas - águas-marinhas e turmalinas)	* Muito berilo, tantalita, e espodumênio em depósitos complexos (inclusive gemas - águas-marinhas e turmalinas)	Pequenas lavras de berilo e tantalita (inclusive gemas - águas-marinhas e turmalinas)	Maiores depósitos de espodumênio





Posição relativa de alguns minerais de pegmatitos, segundo ROLFF (1946).

# Zoneamento químico

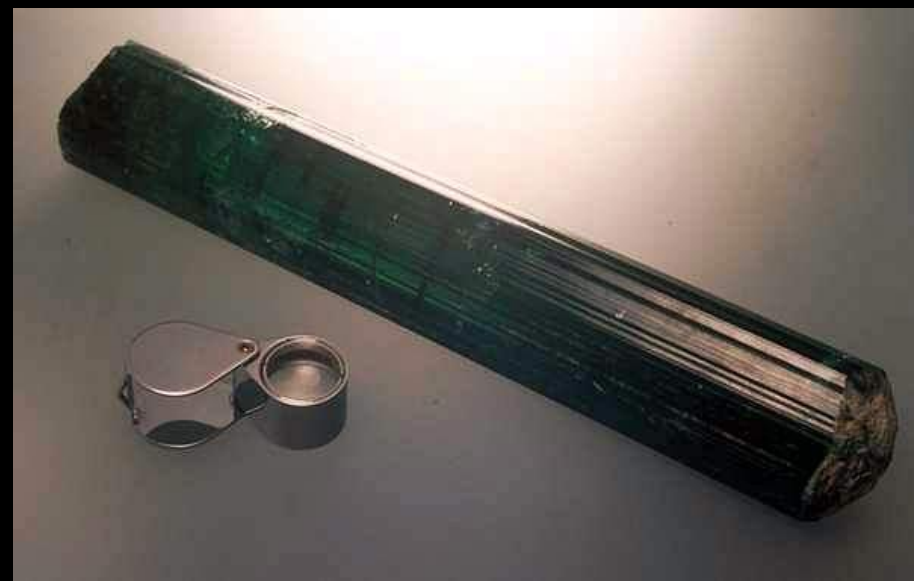




Zoneamento químico do sistema  
se reflete como zoneamento de  
cor nos minerais



Turmalina multicolorida dos pegmatitos de  
Madagascar. Abaixo megacristal de  
turmalina verde de Araçuaí - MG





Mostruário de minerais de garimpeiros encontrado na região de Solonópole - CE

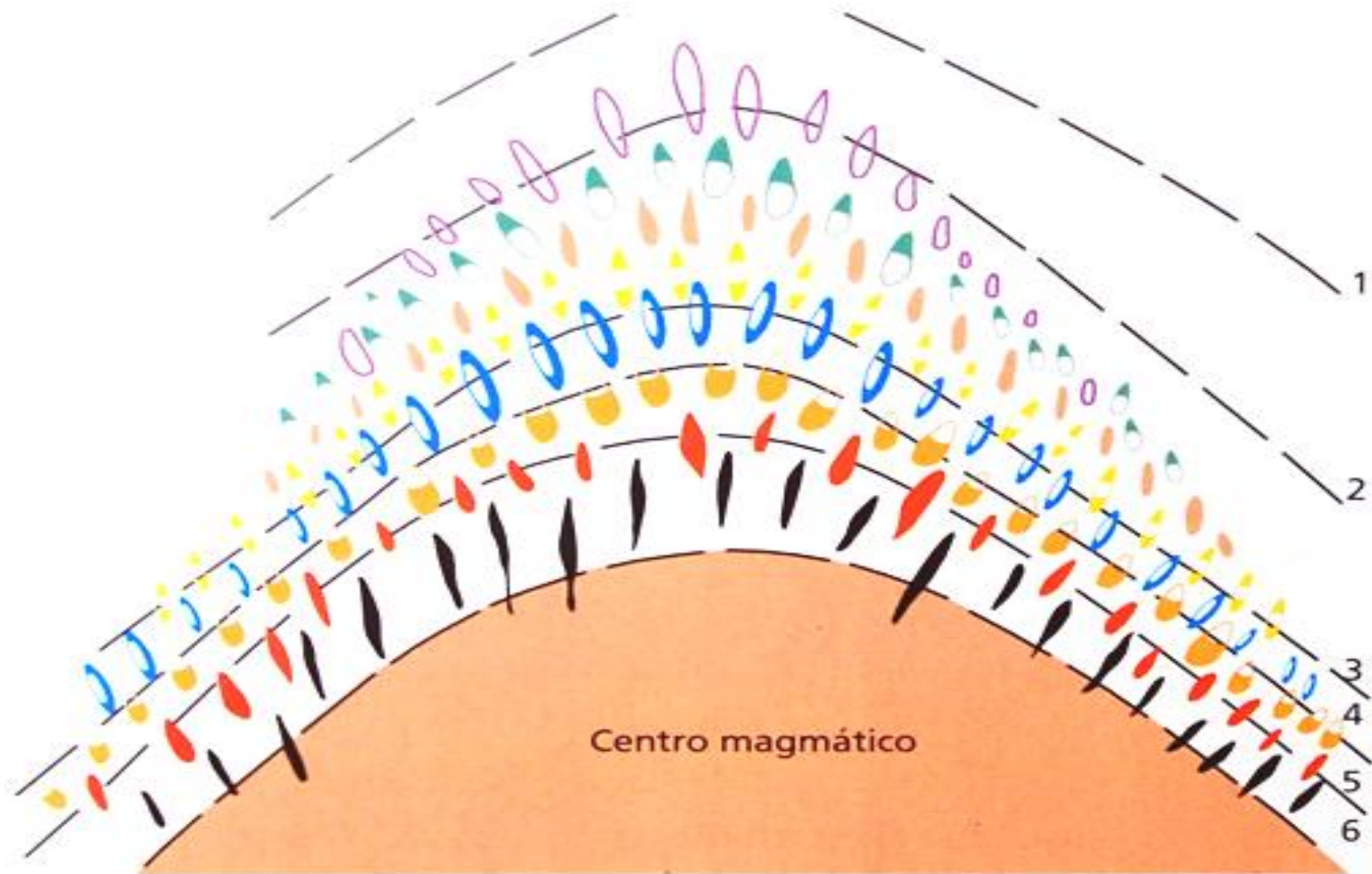
# Modelos de evolução

## Gevers 1936

- 1 – Pegmatitos interiores
- 2 – Pegmatitos marginais
- 3 – Pegmatitos exteriores

Minerais gema, minerais de lítio e outros minerais raros são encontrados somente quando a apófise está distante da rocha fonte





Tipos de pegmatitos

- |   |             |   |        |   |        |   |                                 |
|---|-------------|---|--------|---|--------|---|---------------------------------|
|  | Tipos 8 e 9 |  | Tipo 5 |  | Tipo 2 |  | Posições possíveis dos contatos |
|  | Tipo 7      |  | Tipo 4 |  | Tipo 1 |   |                                 |
|  | Tipo 6      |  | Tipo 3 |   |        |   |                                 |

# Modelos de evolução

## Cerny 1982

- 1 – Pegmatitos **abissais** – corpos autóctones derivados de metamórficas de alto grau – enriquecidos em U, Th, Nb, Ti, Zr e ETR
- 2 – Pegmatitos **moscovíticos** – encaixados em mica-xistos originados por anatexia ou fracionamento restrito de granitos – pode ter berilo, columbita, ETR, U e Th
- 3 – Pegmatitos **portadores de elementos raros** – fracionamento de granitos alóctones, encaixados em metamorfitos de médio grau. Apresenta a maior variedade de elementos: Li, Rb, Cs, Be, Sn, Nb, Ta, Zr, Hf, Ga, Bi...
- 4 – Pegmatitos **miarolíticos** – confinados às cúpulas de granitos alóctones. São sub-vulcânicos e preenchem fraturas e bolsões do próprio granito

# Sistemática de pesquisa/prospecção em pegmatitos

## **A- DEFINIÇÕES DA ZONALIDADE**

Petrografia detalhada das zonas;

Composição mineral percentual de cada zona – uso de malhas e trena

Volume relativo de cada zona.

## **B- AMOSTRAGEM**

Coletar até 10 amostras de cada mineral para cada zona, em locais representativos;

Seleção das frações monominerálicas sob lupa binocular;

Análise dos metais raros e alcalinos em cada fração monominerálica;

## **C- ANÁLISES QUÍMICAS**

Fluorescência RX

Espectrofotometria (Li, Na, K, Rb, Cs, Ca, Mn, Mg, Be, Sr, Pb, Cs, Pb)

Ensaio de queima para minerais cerâmicos (fusibilidade, cor, homogeneidade física, dilatação ...).

## **D- MINERALOGIA**

descrição e mapeamento da mineralogia de cada zona

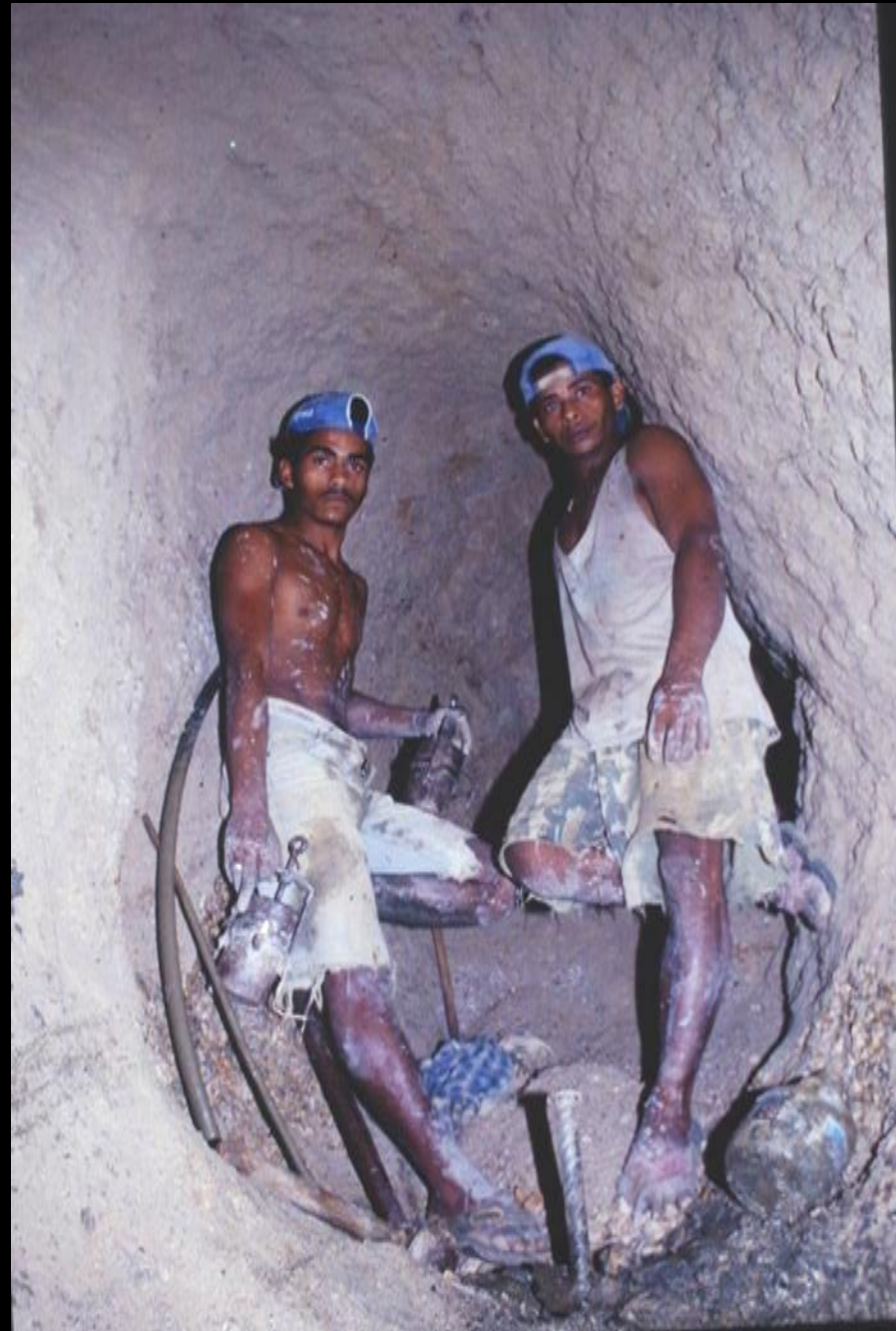
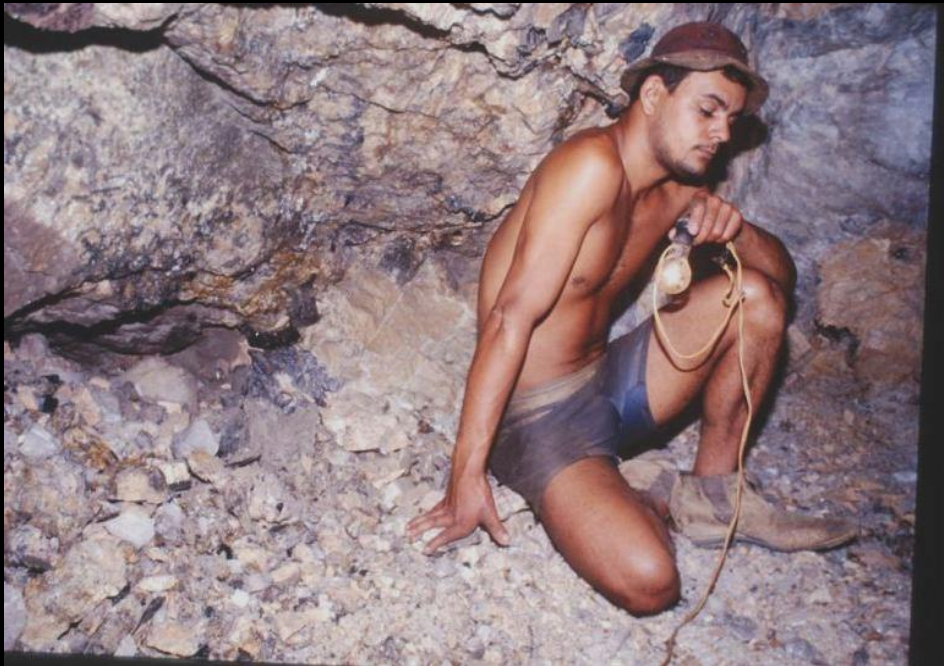
## **E- MAPEAMENTO DE DETALHE**

Topografia, poços, trincheiras, galerias, sondagens, geofísica





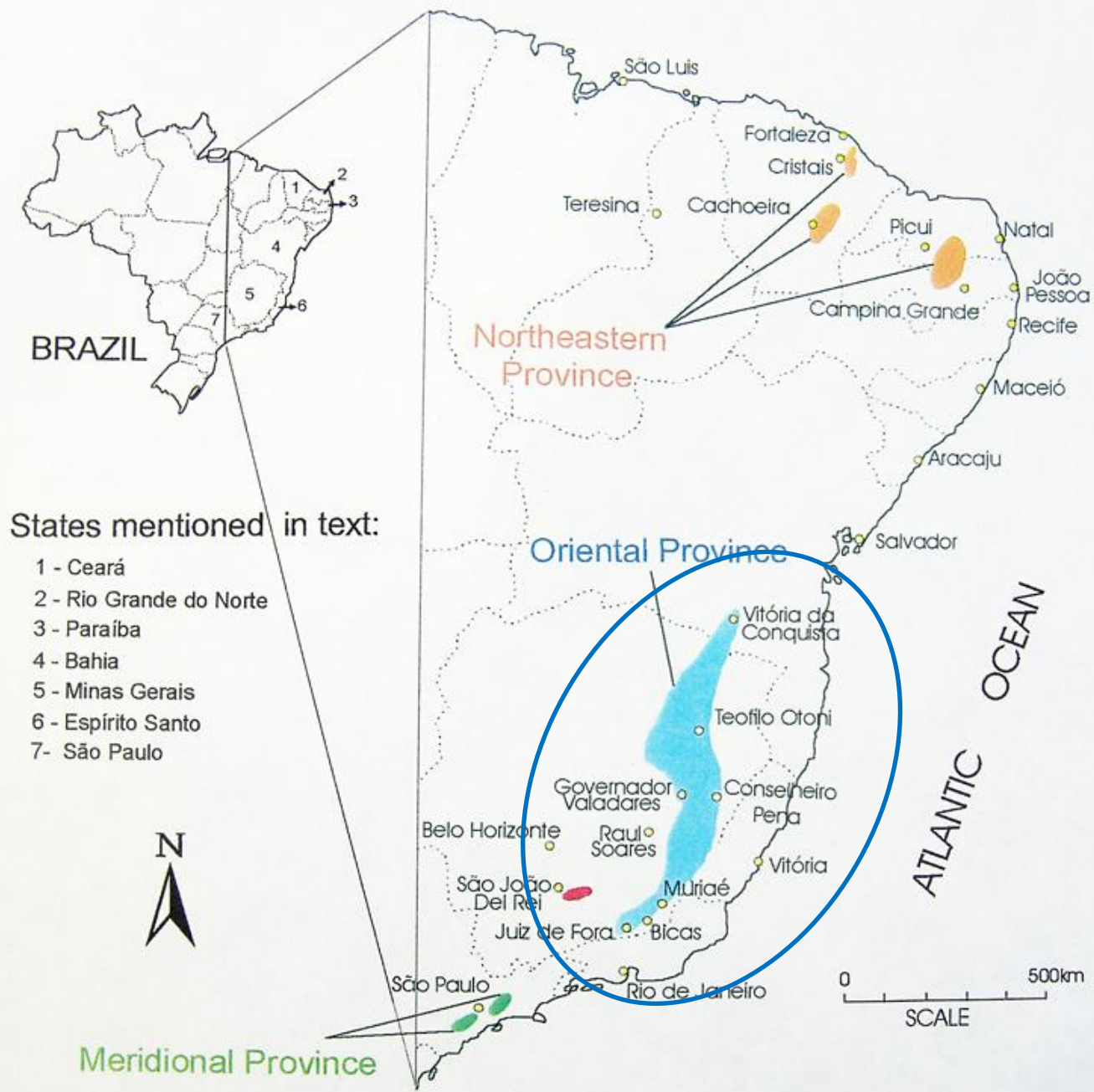
Extração de gemas em pegmatitos – processos rudimentares



# Pegmatitos no Brasil

- Província Pegmatítica Oriental – Minas Gerais (parte da Bahia e do ES)
- Província Pegmatítica do Nordeste (Rio Grande do Norte, Paraíba e Ceará)
- Província Pegmatítica Meridional – São Paulo
- Outros pegmatitos menos expressivos – GO, TO...





States mentioned in text:

- 1 - Ceará
- 2 - Rio Grande do Norte
- 3 - Paraíba
- 4 - Bahia
- 5 - Minas Gerais
- 6 - Espírito Santo
- 7 - São Paulo

Distribuição das principais províncias pegmatíticas no território brasileiro  
 Província Oriental

Figure 4 - The three Brazilian pegmatite province [6].

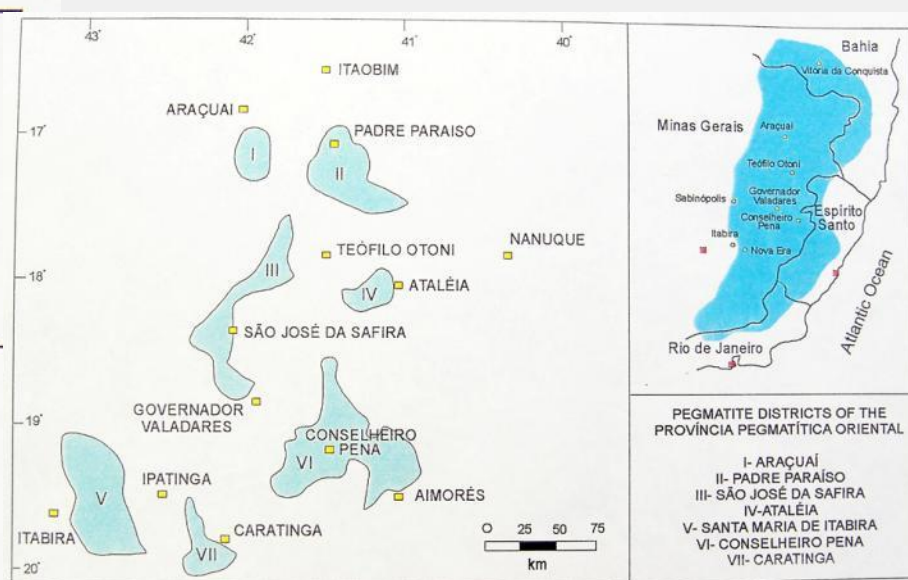
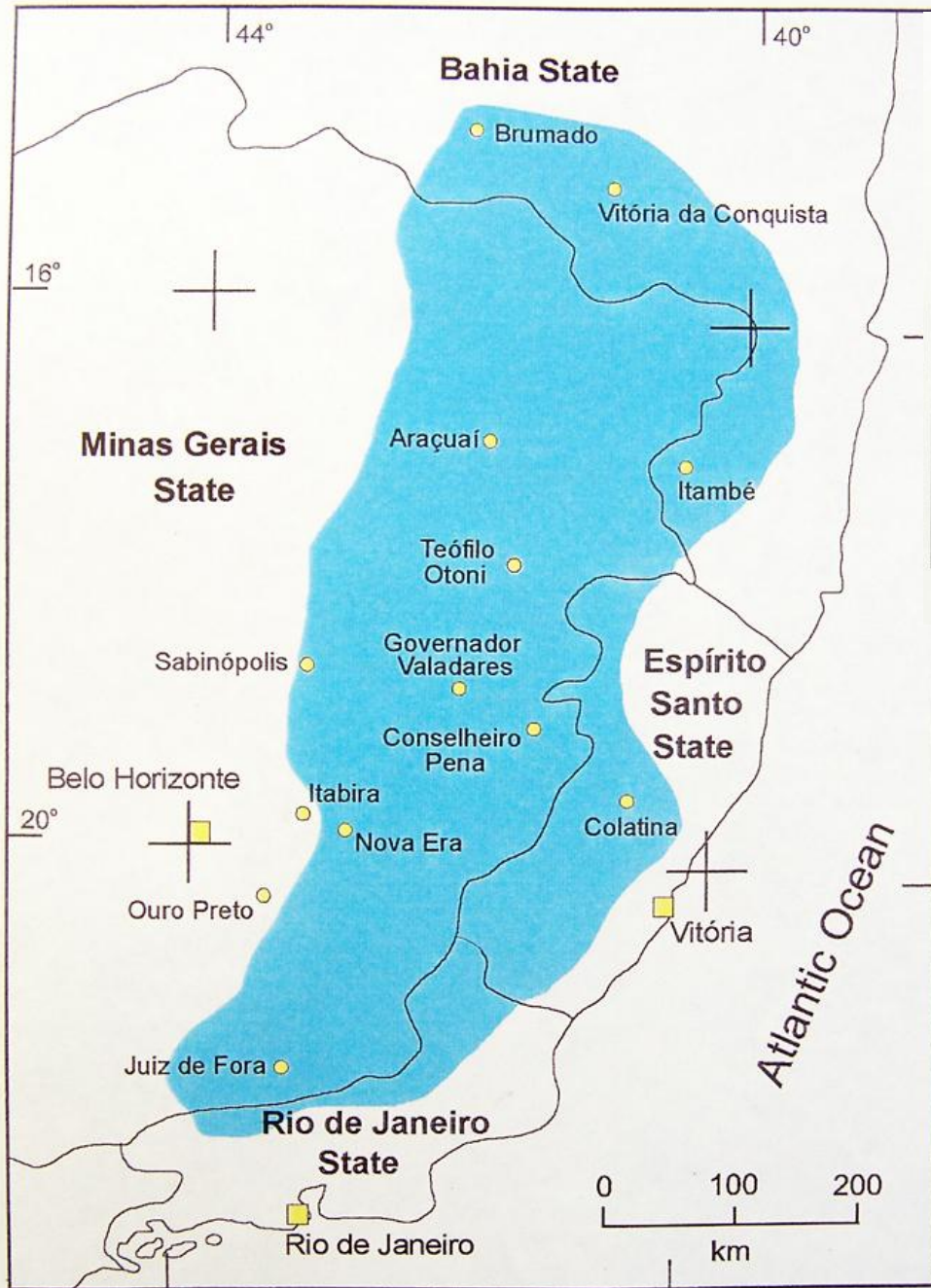


Figure 6 - The seven pegmatite districts of the Província Pegmatítica Oriental Brasileira <sup>[13]</sup>.

Sub-divisão da  
Província  
Oriental em  
sete distritos

Figure 5 - Localization and limits of the Província Pegmatítica Oriental Brasileira.



Mapa Província  
Gemológica  
Oriental  
Pedrosa Soares et al  
2001

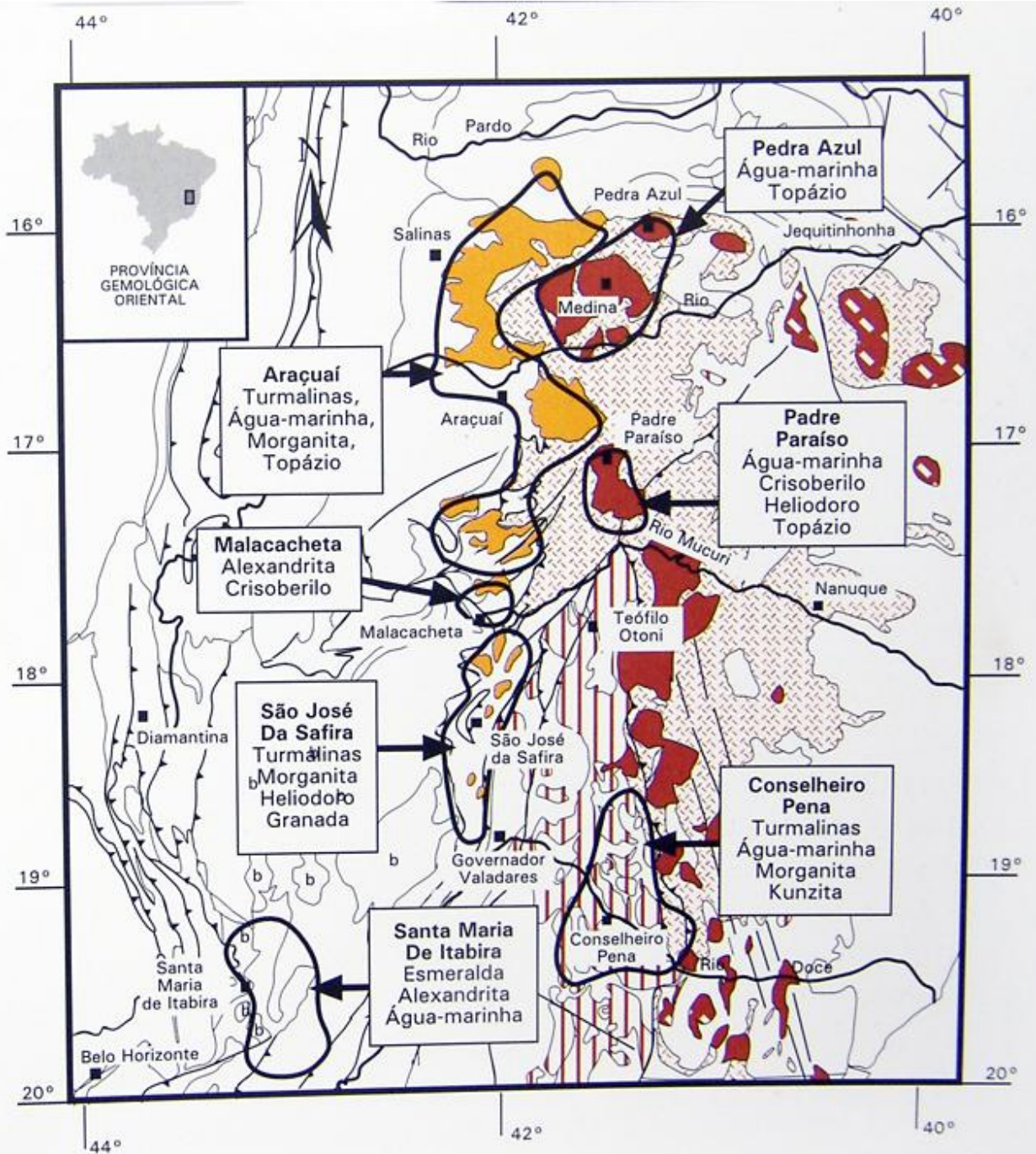






photo by Antonio Liccardo



Pegmatito da Generosa –  
Guanhães – MG  
Mineração Brasil



Mineração Brasil produz principalmente feldspato para indústria cerâmica.

O feldspato de pegmatitos responde por cerca de metade da produção desta matéria prima para a indústria cerâmica.





São característicos em pegmatitos os megacristais de quartzo, pesando às vezes algumas centenas de quilos.

Imagens dos Pegmatitos do Sapo (MG) e Pedra Branca (BA)







Cristais de água-marinha produzidos em pegmatitos de MG e expostos na Feira Internacional de Teófilo Otoni



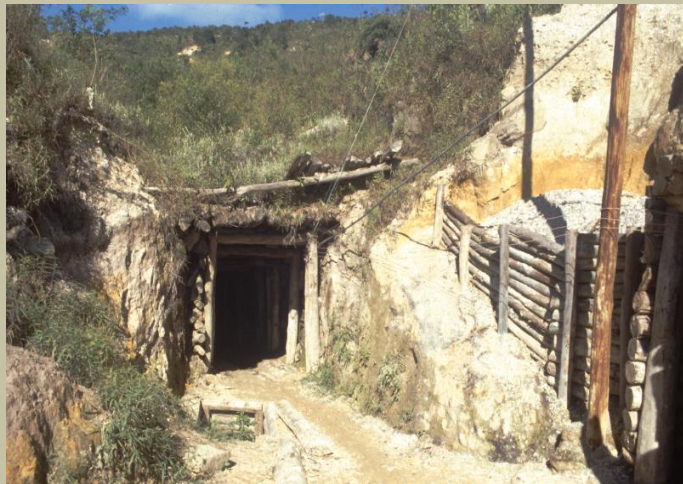
Turmalinas produzidas  
em Araçuaí e Gov.  
Valadares - MG





# Pegmatito do Cruzeiro – MG

Famosa produção de turmalinas, principalmente rubelitas

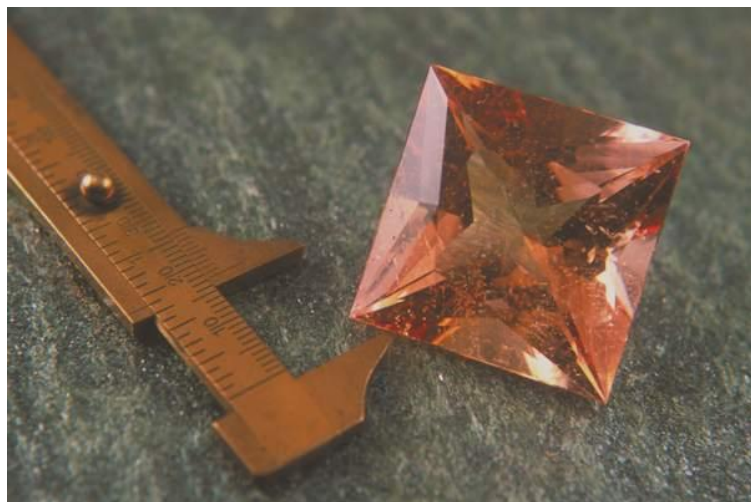






Berilos, brasilianita e cristais de quartzo fumê de pegmatitos em MG

Morganitas produzidas em pegmatitos  
de Minas Gerais







Variedades  
gemológicas de  
espodumênio –  
Araçuaí - MG





Ametista biterminada com  
agulhas de turmalina e  
micas brancas e violeta –  
típicos minerais de  
pegmatitos – Minas Gerais



Pegmatito em São Sebastião do Maranhão – MG - euclásio





Ataléia – Pedra da lua em caldeirão





Pegmatitos são os fornecedores de Be para a cristalização de esmeraldas em Minas Gerais. A interação com rochas metaultramáficas proporciona a existência de Cr para a cor verde.



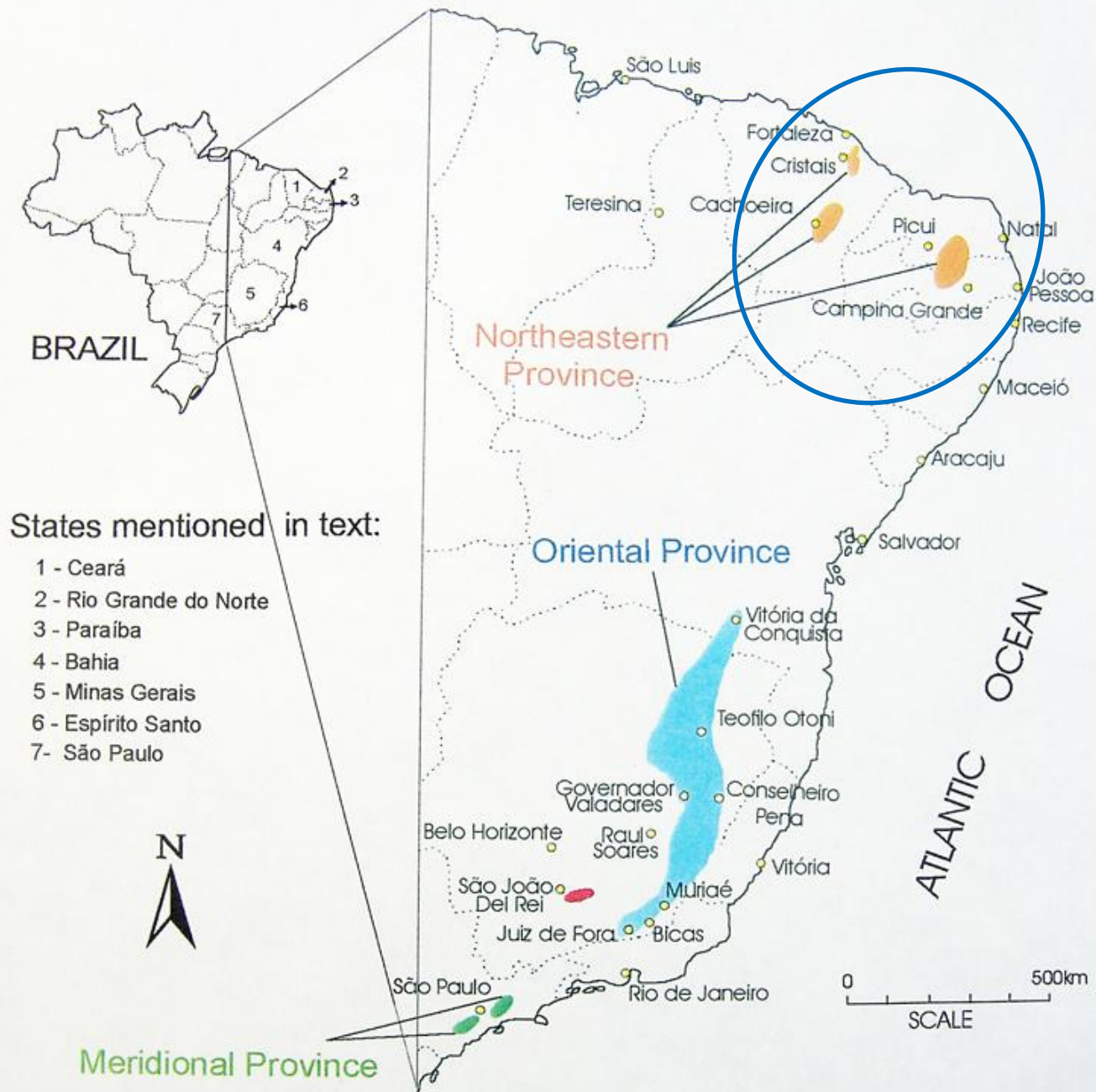
Mina Piteira - MG



Amostra Mina Belmont- MG



Amostra de Anagé - BA

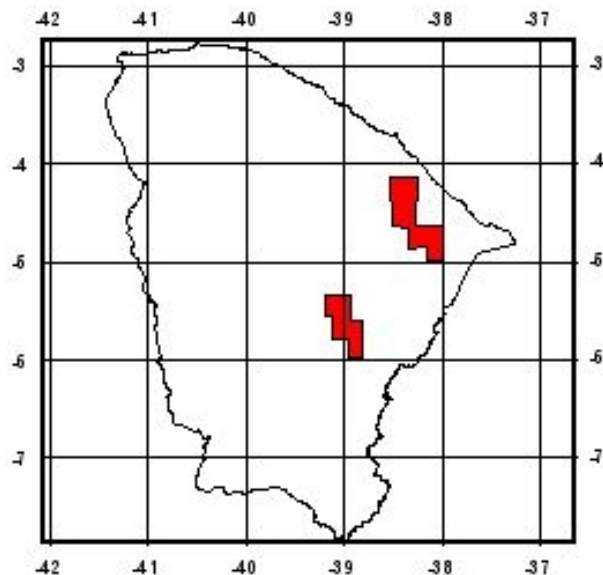


Distribuição das principais províncias pegmatíticas no território brasileiro

Província Nordeste

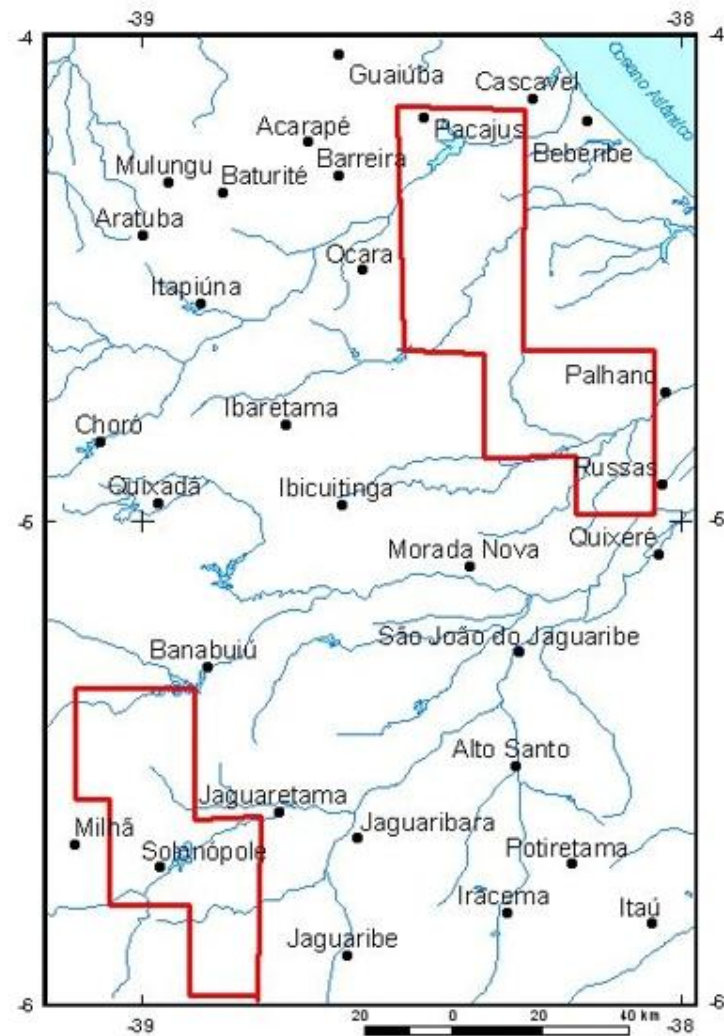
Figure 4 - The three Brazilian pegmatite province [6].





Província Nordeste  
Solonópole e Cristais - Ceará

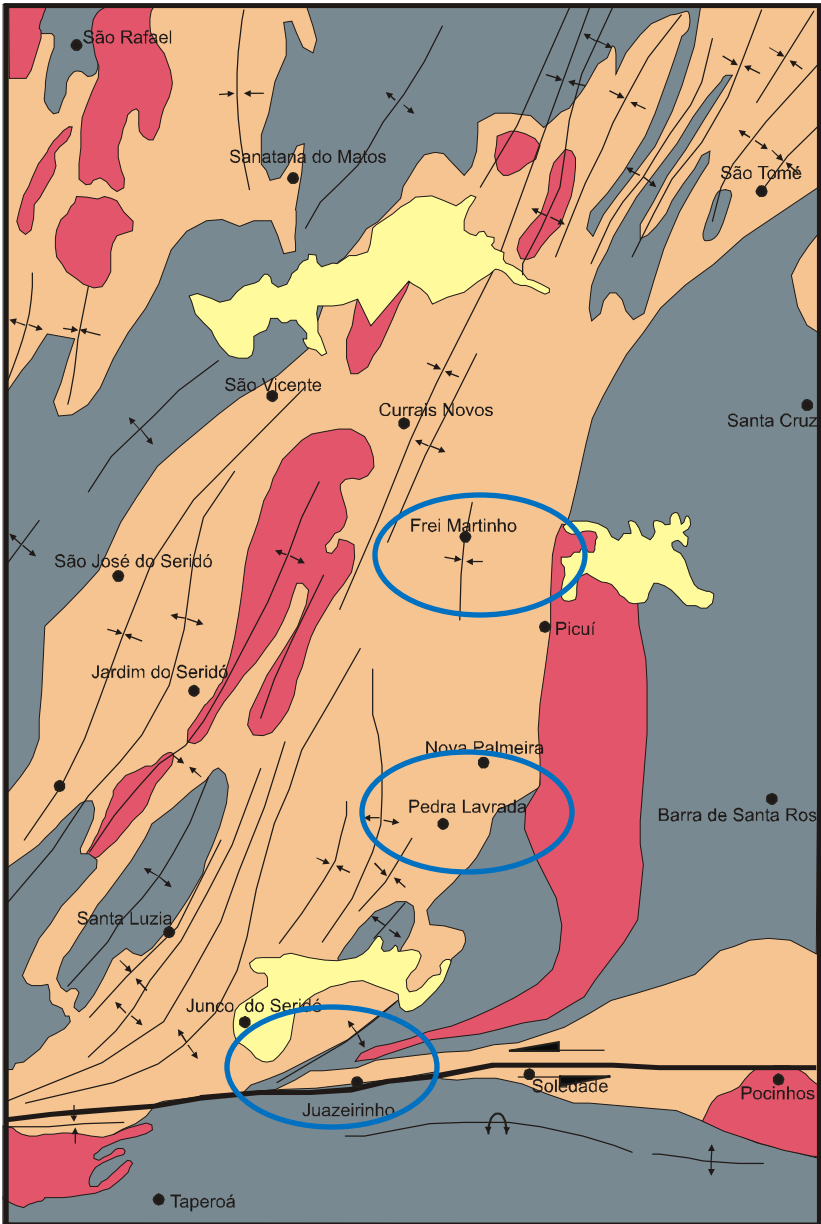
Os pegmatitos foram intensamente lavrados estudados durante a Segunda Guerra. Encaixam-se em micaxistos e são relacionados ao Brasileiro. São menos diferenciados que os da Borborema e não formam relevo positivo.



▭ Gemas e Pegmatitos do Estado do Ceará



# Mapa Geológico da Província Borborema RN e PB



0 40km  
ESCALA GRÁFICA

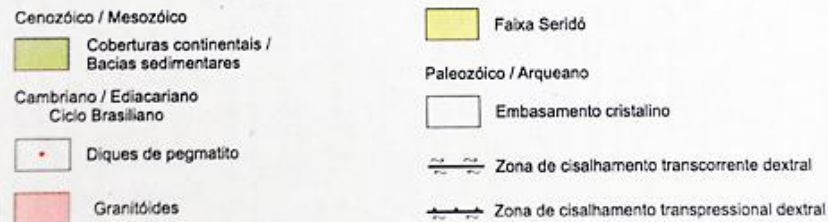
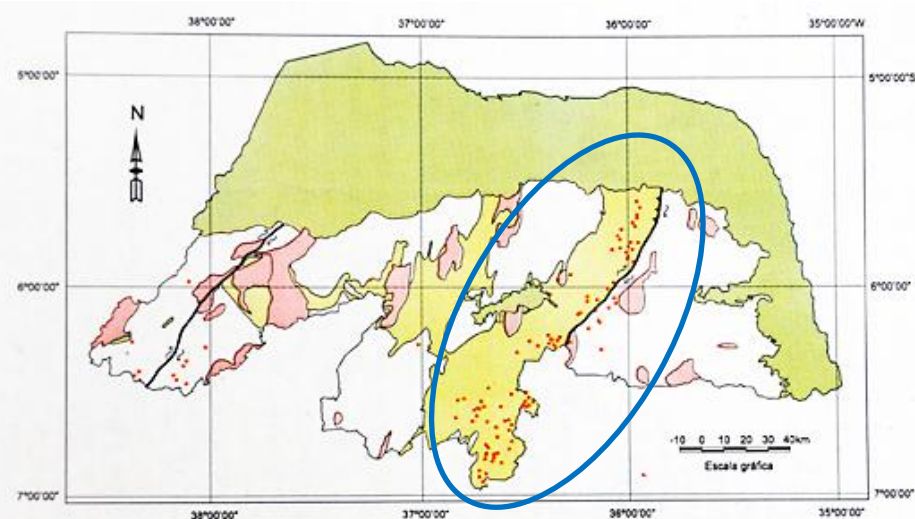
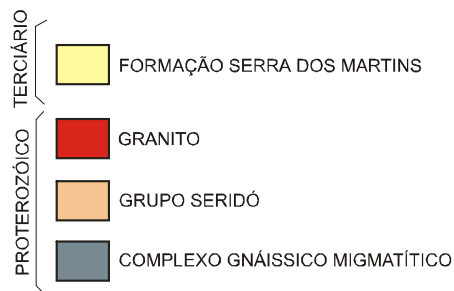


Figura 3.2 - Mapa de distribuição dos principais pegmatitos mineralizados no Estado do Rio Grande do Norte.



Pegmatitos da Borborema formam relevo positivo, localmente chamados Altos. Presença maior de quartzo disseminado e baixo intemperismo químico





Minerais variados produzidos em pegmatitos da Sub-Província da Borborema



Espessartita - RN



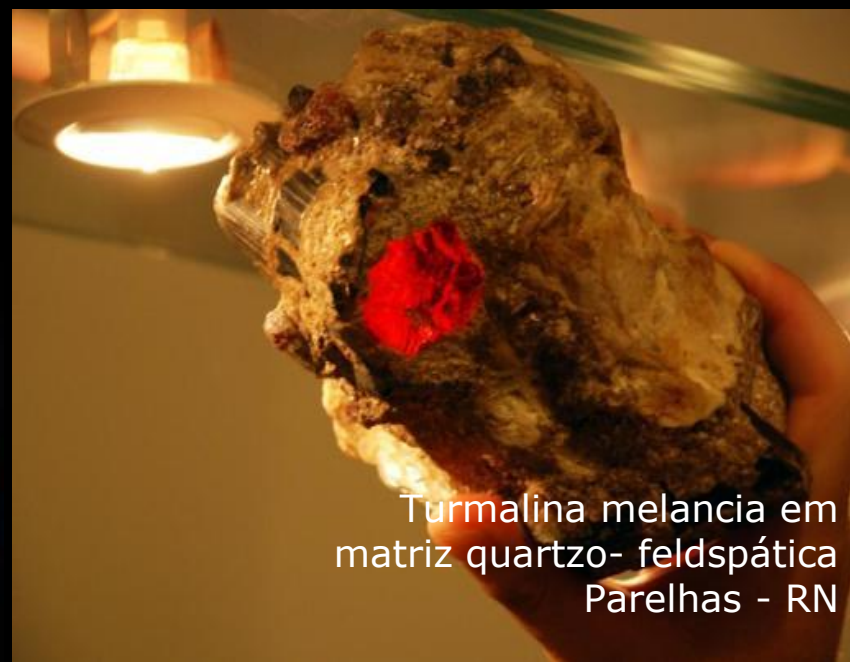
Almandina - RN



Quartzo rosa produzido em Acari, RN



Cristais de euclásio em quartzo - Equador - RN



Turmalina melancia em matriz quartzo- feldspática Parelhas - RN





Pegmatitos  
em São José  
da Batalha e  
Junco do  
Seridó, PB







10 mil US\$/ct



Turmalina paraíba

*Cuprian-elbaite*

Ocorrência única no mundo  
em pegmatitos de São  
José da Batalha - PB







Lajes Pintadas, RN



Parelhas, RN

Megacristais de água marinha e cristais gemológicos produzidos na Província Borborema, Rio Grande do Norte



Santa Cruz, RN



Lajes Pintadas, RN

Photo Licardo 2007



Parelhas, RN



Cristais variados de água  
marinha produzida em Tenente  
Ananias, Rio Grande do Norte





## Para saber mais...

- **London D. 2008.** Pegmatites. The Canadian Mineralogist. Special publications 10. Mineralogical Association of Canada. 347p.
- **Cerny , P.** 1982. Anatomy and Classification of Granitic Pegmatite. Granitic pegmatites in science and industry. Winnipeg, Mineralogical Association of Canada.
- **Cameron, E.N.** et alii. (1949) Internal structure of granitic pegmatites. Urbana, Economic Geology, 15p. (Monograph, 2)
- **Correia-Neves, J. M.** 1997. Província Pegmatítica Oriental do Brasil. In SCHOBENHAUS, C.; QUEIROZ, E.T. & COELHO, C.E.S. eds. Principais Depósitos Minerais do Brasil: Rochas e Minerais Industriais. Parte B. Brasília DNPM/CPRM. V.4. Parte B. p. 343-362