

MINERAIS DO PARANÁ S.A. – MINEROPAR

**CLASSIFICAÇÃO DE GRANITÓIDES
SÍNTESE PRELIMINAR E APLICAÇÃO EM EXPLORAÇÃO**

S.L. MARTINI

CURITIBA

1982

1. INTRODUÇÃO

Desde sua criação, o Setor de Rochas Graníticas tem usado rotineiramente classificações tectono-magmáticas *como* a de Marmo (1) para sistematizar os corpos granitóides estudados. Estes têm sido classificados em sin-, tardi- ou pós-cinemáticos de acordo com "sua' geração e posicionamento em estágios precoces, comparativamente tardios ou posteriores da orogenia" (pg.23 - 27).

Este tipo de classificação não é adequado para os objetivos do Setor, pois não existe nenhum esquema simples para sua aplicação em exploração. O esquema de Marmo, por exemplo, procura apenas agrupar os corpos granitóides através de características petrográficas e mineralógicas comuns. A posição tectônica dos grupos é interpretativa (pg.30).

Alem disso, ela foi elaborada: para identificar os granitóides do embasamento da Escandinávia e tem pouco valor para áreas situadas fora do embasamento, onde a maioria dos corpos tem características pós-tectônicas. É também difícil aplicar este esquema em regiões orogênicas complexas, com mais de um pulso diastrófico, como é o caso do Cinturão Dobrado Sudeste. Finalmente, os esquemas tectono-magmáticos implicam em um conhecimento da evolução orogênica de uma região para sua eventual aplicação em prospecção.

Obviamente, o setor necessita de uma classificação mais objetiva, que reúna critérios práticos aplicáveis diretamente em exploração. A síntese aqui apresentada procura coletar subsídios para estabelecer uma classificação deste tipo.

2. CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO

Revisões breves sobre o tema classificação de corpos plutônicos félsicos são apresentados por Hasui et al. (3) e Wernick (4). Estes autores citam mais de duas dezenas de sistemáticas assinadas por diferentes autores. Destas, pelo menos seis foram elaboradas na década de 70. As sistemáticas são

baseadas em critérios petrográficos, estruturais, químicos, experimentais, de posicionamento espacial, tectônicos e genéticos (4). Obviamente, várias delas usam mais de um critério e sobrepõem-se em parte.

As principais classificações cuja bibliografia está disponível são apresentadas a seguir. Em cada caso, são comentados também seus usos em prospecção.

Para colocar o assunto em perspectiva, a ordem de apresentação é feita de acordo com a seqüência geral de "evolução" dos corpos intrusivos: geração (fonte), migração (posicionamento), cristalização, erosão. Dentro desta ordem, os critérios de classificação utilizados são:

1. Gênese (Fonte do Magma)
2. Fase Tectônica de Geração (Posição temporal relativa)
3. Nível Tectônico-estrutural de Alojamento (Posição vertical relativa)
4. Zona Tectônica de Geração e Alojamento (Posição horizontal relativa)
5. História de Cristalização
6. Caráter Geoquímico
7. Nível de Erosão

Exemplificando, um líquido magmático ácido é gerado por fusão parcial de uma determinada fonte durante uma certa fase do ciclo orogênico. Obviamente, tipos anorogênicos podem ser referidos como pre- ou pós-tectônicos. A partir disto o líquido pode migrar para um nível estrutural diferente. Esta seqüência de eventos pode acontecer em diferentes zonas tectônicas de um cinturão dobrado e adjacências (e.g. maciço mediano ou geanticlinal), levando a cristalização do líquido. Todos estes fatores influenciam a composição geoquímica do corpo plutônico. Finalmente dependendo do nível de erosão, a integridade do conjunto é preservada em maior ou menor grau.

3. CLASSIFICAÇÕES “GENÉTICAS”

Partindo-se do princípio de que os líquidos magmáticos felsicos são gerados a partir da fusão parcial de rochas pré-existentes (5) os granitóides

podem ser classificados em Tipo I e Tipo S (Tabela I). Mais de 99% das rochas plutônicas felsicas guardam xenólitos (restitos, resíduos) do material original. O resíduo ocorre na forma de enclaves de rocha, agregados de cristais ("clots") e cristais isolados (6)”

Os magmas Tipo I cristalizam como granodioritos e quartzo-monzonitos, e são responsáveis pelos jazimentos de Cu-Mo e Cu-Au tipo pórfiro. Os porfiros mais ricos em cobre são gerados a partir da fusão de rochas do manto ou de meta vulcânicas dele derivadas (basaltos, andesitos), enquanto nos porfiros à molibdênio existe participação de metassedimentos carbonosos (7).

Magmas tipo S, por outro lado, congelam como granitos per aluminosos alcalinos e são tipicamente associados com jazimentos de Sn e W pórfiro. A presença de Sn e W é explicada pela fusão de sedimentos pelíticos carbonosos (7).

Corpos com características intermediárias entre os tipos S e I também podem ocorrer. Ou os tipos podem aparecer como cinturões separados, representando estágios diferentes de evolução crustal de uma mesma região (8).

Wernick (com pessoal) sugere que os granitos do Cinturão Dobrado Sudeste podem ser separados de acordo com sua origem no manto ou na crosta (Tabela II). É possível que os granitóides derivados do manto tenham potencial para elementos geoquimicamente relacionados a rochas básicas (Cu, Au ?), enquanto que os granitos "crustais sedimentares" sejam promissores para Sn - W.

4. CLASSIFICAÇÃO TECTONO-MAGMÁTICAS "TEMPORAIS"

A Tabela III mostra os critérios usados para agrupar os corpos granitoides nos ericaninhos sin-, tardi- e pos-tectônicos.

Existem problemas para a caracterização de corpos tarditectônicos e os corpos posttectônicos são equivalentes aos tipos denominados anorogênicos (1).

Bilibin (9) sugeriu um esquema universal para sistematizar as mineralizações endógenas de acordo com a evolução temporal dos cinturões dobrados (Tabela IV). Os granitóides aparecem em várias fases mas são mais

importantes tanto em volume como em mineralizações associadas nos estágios intermediários (de dobramento principal?) e tardio. Provavelmente, a estes estágios são ligados respectivamente batólitos sin-tectônicos e "intrusões menores" tardi- a pos-tectônicas, conforme mostra simplificada a Tabela V.

O esquema de Bilibin obviamente é muito generalista. Além disso, ele foi montado com dados de cinturões fanerozoicos e sua validade para áreas mais antigas que o proterozoico superior é colocada em dúvida pelo próprio autor (8,pg.41). A sistemática de Bilibin também tem sido criticada na literatura russa mais recente (10, 11). Os russos agora reconhecem vários tipos de cinturões dobrados, nos quais os diversos estágios de evolução e mineralizações associadas incidem com intensidade variável. Smirnov (10), por exemplo, separa quatro tipos de geossinclinais de acordo com esta idéia (Tabela VI).

As faixas dobradas do cinturão sudeste são provavelmente comparáveis com o tipo C, caracterizado por discreto magmatismo básico (3) e abundância de granitóides. As jazidas tipomórficas deste tipo de faixa dobrada são:

- greisens e pegmatitos estaníferos, e escarnitos com scheelita associados aos batólitos do estágio intermediário ou de dobramento principal (batólitos sintectônicos.1).
- depósitos hidrotermais (Pb, Zn, Mo, Cu, Au, etc.,in

(falta uma página aqui)

nicos, porfiróides, parautóctones a alóctones. Estes corpos cristalizam normalmente a partir de magmas hidratados e podem conter:

- W, Mo em escarnitos
- Ba, Ta, Nb, Sn, Li em pegmatitos e greisens
- Au, Ba, F, Cu, Pb, etc., em veios de quartzo

Na suite tardi-tectônica também podem ocorrer granitos hidratados, alguns estaníferos, outros com fluorita, topázio e turmalina. Porém existem problemas quanto à caracterização precisa dos tipos tardi-tectônicos.

Distritos com as mineralizações acima referidas são conhecidos principalmente na Região de Dobramento-Nordeste.

A aplicação desta sistemática em exploração parece muito mais baseada na natureza hidratada (mineralizada) ou anidra (estéril do magma granítico do que na sua posição tectono-magmática. Entretanto, o esquema sugere que as suites tardi- e pós-tectônicas tendem a ser paulatinamente mais anidras em relação às sintectônicas.

A caracterização hidratado/anidro é baseada no trabalho de Middlemost (16) mas esta bibliografia não está disponível.

A sistemática de Hasui et al. (3) caracteriza os granitóides de São Paulo e do Paraná em termos de fácies petrográficas (Tabela X). A caracterização tectono-magmática combinada das fácies aparece como uma interpretação separada (Tabela XI). É interessante notar que nenhuma das fácies é interpretada como tarditectônica. Por outro lado, estes autores não fazem nenhuma referência quanto a possíveis aplicações do esquema em exploração.

6. CLASSIFICAÇÕES TECTONO-MAGMÁTICAS "HORIZONTAIS"

O autor desconhece qualquer classificação específica para corpos plutônicos félsicos que use como critério a posição horizontal relativa dos corpos nas várias zonas de um cinturão dobrado e suas adjacências.

Entretanto, esta posição lateral relativa parece controlar a natureza química dos corpos intrusivos ácidos e o tipo de mineralização associada.

Nos esquemas de tectônica de placas, por exemplo, os corpos granitóides localizados gradativamente mais para o interior da placa continental torna-se gradualmente mais ricos em potássio e pobres em sódio (17) (Figura 3). As mineralizações associadas variam também de acordo com esta posição relativa (18) (Figura 4).

Para o Cinturão Dobrado Sudeste, entretanto, tem sido preconizada uma evolução ensialica através de movimentos predominantemente verticais (4). Neste caso, é mais interessante raciocinar de acordo com o esquema geossinclinal clássico, isto é, em termos de faixas dobradas (zonas interna e

periférica, geanticlinais, megassinclínórios, maciços medianos, e zonas de ativação autônoma e reflexa). As mineralizações incidem com intensidade e tipologia diferente nestas várias zonas (Tabelas XII e XIII).

É interessante salientar na Tabela XIII a diferença metalogenética entre faixas dobradas ensialicas (Far-eastern Type) e ensimáticas (Urals Type). Nas ensialicas, são característicos os pegmatitos e depósitos hidrotermais de alta a média temperatura (Sn, W, Mo, Au) associados ao grande volume de granitóides. Nas ensimáticas, aparecem tipicamente depósitos magmáticos (Cr, Pt, Ti) ligados ao magmatismo básico, Skarns à Cu -Fe associados às diferenciações ácidas (plagiogranitos) e jazidas de sulfeto maciço pirítico com Cu, Zn(Pb) nos equivalentes vulcânicos(11).

Shcheglov (11) apresenta também tipologias para mineralizações em cada uma das unidades tectônicas mencionadas (cinturão dobrados, pg. 95 - 97, pg.186 - 191 ; regiões de ativação reflexa, pg.208 - 209; plataformas, pg.225 - 226; regiões de ativação autônoma, Pg . 238- 243; maciços medianos, pg.226). Estes esquemas têm aplicação óbvia como um primeiro guia para a avaliação regional de amplas áreas (e.g. Serra do mar, maciço mediano + zonas de ativação reflexa).

Existem ainda esquemas de distribuição de depósito de elementos específicos nas várias unidades tectônicas. Um destes é apresentado por Tischendorf et.al. (26) para áreas contendo depósitos de estanho (Tabela XIV).

7. CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO A HISTÓRIA DE CRISTALIZAÇÃO

Granitóides podem ser classificados em tipos com "cristalização normal" e tipos com "cristalização complexa", isto é, com seqüência paragenética desviada da normal. Granitos especializados, por exemplo, (ver item 9) são caracterizados por uma seqüência de cristalização complexa, invertida. Um indício deste tipo de anormalidade observável ao microscópio é a cristalização precoce de quartzo e tardia de biotita (26). Mineralizações de estanho também têm sido relacionadas à história de cristalização. A probabilidade de ocorrência de depósitos grandes, de

baixo teor é aumentada por um teto impermeável. Este pode ser provido por cumulos de cristalização precoce (19).

Tauson e Kozlo (20) defendem que o enriquecimento de elementos raros ("ore-forming elements") nas soluções hidrotermais depende tanto da alta concentração destes elementos no líquido magmático quanto de peculiaridades da história de cristalização e diferenciação do magma.

Em trabalho mais recente, Tauson (21) sugere que a história e o potencial metalogenético dos granitóides estão também ligados ao nível de alojamento (ver item 5).

Os granitóides abissais (de catazona) são pouco promissores, pois a (lenta ?) cristalização permite uma "dispersão cristaloquímica" dos elementos. Já os granitóides mesoabissais (6 - 8 km) e especialmente os hipoabissais (3 - 4 km) cristalizam sob a influência de extensiva migração de materiais voláteis e elementos raros associados, com conseqüente "complicação paragenética" e concentração residual dos elementos raros.

Isto explicaria a tese de que quanto mais complexa a história de cristalização de um magma maior o seu potencial metalogenético (Wernick, com.pessoal). E levaria também a um enriquecimento em elementos traços dos corpos apicais mais diferenciados em relação às porções abissais do complexo (20).

8. CLASSIFICAÇÕES QUÍMICAS

Uma classificação química geral para as rochas plutônicas félsicas e mostrada na Tabela XV (22).

Esta classificação pode ser usada como um guia para jazidas tipo pórfiro. Não existem jazidas de molibdênio pórfiro associadas a rochas da série cálcica (Tabela XVI). Por outro lado, as jazidas de cobre pórfiro associam-se preferencialmente aos termos calco-alcalinos, embora elas também sejam conhecidas nos termos alcalinos(23).

Já os granitóides da série cálcica (plagiogranitos) são especialmente interessantes para escarnitos a cobre e ferro (10).

O tipo e grau de especialização de granitos (ver item 9) são especialmente controlados pelo grau de alcalinidade (24). Neste sentido, os granitos podem ser classificados em três tipos, cada um com suas mineralizações peculiares (Tabela XVII) (25). Este critério tem aplicação evidente na região da Serra do Mar.

Os granitos especializados em estanho (ver item 9) podem ser identificados pela concentração e pelo desvio padrão dos elementos maiores (Tabela XVIII, 26). Comparado aos "granitos normais" (III), os granitos estaníferos (I) têm concentrações mais elevadas de SiO_2 , K_2O , Li_2O e F, e teores menores de TiO_2 , Fe_2O_3 , FeO, MgO e CaO.

Além disso, para todos os óxidos apresentados, o desvio padrão é maior nos granitos estaníferos. Os "precursores de granitos especializados" (II) ocupam uma posição intermediária.

Obviamente, existem outras aplicações para as classificações químicas. Este quadro deve ser progressivamente complementado à medida que a bibliografia esteja disponível.

9. CLASSIFICAÇÕES GEOQUÍMICAS

Tauson e Kozlov (20) classificam os granitóides de acordo com sua situação geológica e suas características geoquímicas (Tabela XIX). Os valores usuais de álcalis e elementos traços em cada um dos tipos geoquímicos são mostrados na Tabela XX.

Entre os vários indicadores geoquímicos, são ressaltados os seguintes (Tabela XXI):

- Baixo teor de Ba e baixa razão Ba/Rb em granitos agpaíticos e plumasíticos, respectivamente mineralizados em Nb-Ta e Sn. Estes valores são até 80 vezes maiores nos granitos estéreis.
- Baixa razão K/Rb dos granitos plumasíticos.

- Alta razão $Lix1000/K$ dos granitos plumasíticos em relação aos agpaíticos.
- Aumento de variância dos elementos traços de até 25 vezes nos granitos mineralizados em relação aos estéreis (Tabela XXII).

Os autores(20) enfatizam também que litogeoquímica de elementos traços não funciona muito bem para selecionar granitos palingênicos mineralizados. Na Tabela XXIII, por exemplo, os depósitos associam-se aos granitos mesosóicos. Estes porém não apresentam diferenças significativas de concentração de elementos traços em relação aos granitos mais antigos estéreis. Em casos deste tipo, o estudo da variância é imprescindível.

Finalmente, é ressaltado que estes parâmetros litogeoquímicos têm utilidade reconhecida apenas na prospecção de granitos plumasíticos, portadores de estanho. Para os tipos agpaíticos e palingênicos, a validade dos parâmetros ainda não está firmemente estabelecida e, no caso dos plagiogranitos e granitos ultrametamórficos, os dados são ainda insuficientes para generalizações(20).

Tischendorf (26) sustenta que os corpos intrusivos felsicos podem ser classificados geoquimicamente em "normais" e especializados.

Estes últimos são caracterizados por uma associação genética e espacial com os denominados elementos raros (Sn, Li, Rb, Cs, Be, Nb, Ta, W, Mo, F), similaridade petrográfica e geoquímica, e equivalência de posição tectônica a contexto estrutural.

Estas características são mostradas nas Tabelas XXIV e XXV. Os primeiros cinco parâmetros da Tabela XXV são especialmente importantes para uma avaliação preliminar dos granitos durante a fase de exploração regional.

Concentrações de elementos raros na biotita também podem ser usados para caracterizar granitos especializados. Biotita de granitos estaníferos contém 100-500 ppm Sn, enquanto que em granitos normais os valores decrescem para 10-50 ppm. Em granitos com walframio, estes valores são em média, de 10 e 1,8 ppm respectivamente.

Outros elementos podem ser usados para a discriminação de granitos estaníferos através de análise em biotita (Tabela XXVI).

10. CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO O NÍVEL DE EROÇÃO

Os esquemas propostos, por Smirnov (10) (Figura 1) e Gorzhevskii e Kozerenko (27) (Tabela XXVII) mostram a importância do nível de erosão na preservação ou destruição de depósitos associados a granitóides. Shcheglov (11) dedica um capítulo inteiro ao problema de determinação tentativa do nível de erosão de depósitos minerais, e conclui que o problema ainda não foi devidamente resolvido. Semenov e Lazabini (28, pg 380) colocam a profundidade de erosão como um dos fatores fundamentais ainda não equacionados para fins de análise metalogênica regional.

No que tange a mineralizações associadas aos granitos, os seguintes aspectos são decisivos em relação ao nível de erosão:

- A preferência dos jazimentos por zonas apicais das intrusões.
- A associação de jazidas importantes com corpos epizonais; exemplos clássicos são os porfiros a Cu-Mo (2, 10) e os granitos especializados a metais raros(26);
- A grande persistência vertical dos jazimentos tipo escarnito.
- A ocorrência de greisens e pegmatitos em níveis mesoabissais (27) e abissais(10).

Por outro lado uma tentativa de sistematização de corpos graníticos em relação ao nível de erosão poderia levar em conta os seguintes critérios:

- Posicionamento em geanticlinais (mais erodidos) ou megassinclínorios (menos erodidos e.g. Faixa Cerne - Itaoca). Por exemplo, as províncias de cobre porfiro ("quartzito secundário") do Paleozóico da Rússia es tão preservadas em sinclínorios (29).
- Proximidade de coberturas mais recentes (e.g. aterial da Bacia à Paraná). Este tipo de abrigo temporário parece ser responsável pela preservação de ocorrências de cobre tipo porfiro no Sul do Piauí.
- Mergulho das rochas encaixantes. De acordo com o modelo polidiapírico o nível atual de exposição de intrusões individuais - poderia ser classificada como topo meio ou base de diápiro. Um possível critério para esta

sistematização seria o mergulho respectivamente centrífugo, vertical ou centrípeto das encaixantes.

- A presença de restos de tetos como possível prova de nível apical de erosão. O critério porém pode ser enganoso uma vez que os pendentes podem afundar no magma (30) ou podem representar restos de encaixantes entre diápiros adjacentes.
- Por outro lado salienta-se que os granitóides porfiróides sintectônicos do Cinturão Sudeste não chegaram a atingir condições de epizona. Além disso nos corpos de alojamento mais raso (Fácies Itu, Graciosa e Granofírica) toda a epizona já foi provavelmente erodida, uma vez que manifestações de natureza sub-vulcânicas estão ausentes (3).

11. UMA CLASSIFICAÇÃO PRAGMÁTICA

Wernick (com pessoal) tem sugerido recentemente a existência de duas grandes associações de rochas graníticas no Cinturão Dobrado Sudeste, viz. Associação Rosa (e.g. cor dos megacristais) e Associação cinza (e.g. cor dos feldspatos).

A primeira, associam-se mineralizações restritas de molibdenita e fluorita. A Associação cinza, por outro lado, concentra a maioria das mineralizações ligadas ao ambiente plutônico felsico do cinturão dobrado.

As duas associações não ocorrem misturadas.

CONCLUSÕES

Uma revisão parcial de classificações de granitóides sugere que as sistemáticas mais adequadas para uso rotineiro em exploração mineral são aquelas baseadas em natureza da fonte, nível de alojamento e caráter geoquímico ao magma ácido.

Através do primeiro destes critérios, são diferenciados granitóides tipo I, potencialmente portadores de Cu-Mo-(Au), e tipo S, promissores para Sn-W. O parâmetro mais prático para a definição de cada um dos dois tipos é a identificação da origem ígnea ou sedimentar de material residual (xenólitos e xenocristais). Técnicas mais sofisticadas como análises químicas e isotópicas (Sr,O) também podem ser utilizadas. Deve-se levar em conta a existência de tipos intermediários, isto é, de fonte mista.

Segundo o nível de alojamento, os granitóides são agrupados em corpos de epi-, meso- ou catazona. Os corpos de epizona são portadores de jazidas hidrotermais tipo pórfiro e stockwork de metais básicos ou metais raros.

Aos corpos de mesozona associam-se pegmatitos e greisens contendo metais raros. Escarnitos (e veios em geral ?) podem ocorrer em ambas situações. Granitóides da catazona são estereis.

Critérios de campo são decisivos na definição do nível crustal de alojamento. Atenção especial deve ser dada as relações térmicas e geométricas com rochas encaixantes, aos tipos de corpos tabulares associados, às texturas e estruturas internas e à presença ou não de rochas vulcânicas co-magmáticas.

Quanto à sua natureza geoquímica, os granitóides podem ser classificados como "normais" ou especializados a metais raros (Sn, W, Mo, Be, Nb, Ta). Entre estes últimos destacam-se tipos plumasíticos ou estaníferos, e apaiticos ou

portadores de nióbio, Tipos sub-especializados ou "precursores", não mineralizados, são também reconhecidos.

Granitóides especializados são identificados através de vários critérios. Entre estes, os mais práticos são: caráter verdadeiramente intrusivo e posicionamento epizonal em zonas apicais de batólitos excesso de SiO_2 , K_2O e depleção de TiO_2 , Fe_2O_3 , MgO e particularmente CaO ; teores anômalos de metais raros, elementos granitófilos, especialmente flúor, e radioativos em rocha e micas escuras; empobrecimento em elementos granitofobos, bário e estrôncio em particular; diversos tipos de razões entre elementos, relacionadas às polaridades acima referidas; distribuição de elementos traços em padrão lognormal e alta variância; inversões da *ordem* normal de cristalização; e associação especial de acessórios, incluindo entre outros cassiterita, topázio, fluorita, turmalina, columbotantalita, berilo e amazonita.

O conceito de especialização provavelmente não é válido para a identificação de granitóides promissores para metais básicos (Cu-Pb-Zn).

Classificação baseada em outros critérios são de uso mais restrito u menos direto em exploração. As sistemáticas tecto-magmaticas temporais, por exemplo, são de natureza especulativa e não prevêem aplicação em prospecção. Conseqüentemente, as tentativas locais já feitas neste sentido são sofríveis (e. g. Wernick, 4).

A posição lateral relativa dos granitóides em diferentes zonas tectônicas bem como sua composição química podem servir como um guia preliminar em exploração regional. Neste sentido, são particularmente interessantes os conceitos desenvolvidos pela escola russa (e. g. Scheglov, 11).

O problema de nível de erosão ainda não está sistematizado. Sugere-se aqui que: blocos estruturalmente rebaixados (e. g. megassinclinórios) e regiões vizinhas à coberturas mais recentes são mais promissoras para a preservação de porções apicais de intrusões; e que o nível de erosão de diápiros individuais seja tentativamente estabelecido através do mergulho das encaixantes.

A síntese preliminar aqui apresentada deve ser complementada através da análise de outras classificações (e. g. Middlemàst, 16).

Os resultados da pesquisa podem servir como subsídios para três objetivos gerais do setor:

- Definição de metodologia de trabalho.
- Estabelecimento de prioridades regionais.
- Avaliação de prospectos em andamento e geração de novos projetos.

Uma discussão destes aspectos será apresentada em relatório separado.

REFERÊNCIAS

- (1) MARMO V. 1971. Granite petrology and the granite problem. Elsevier Publishing Co.Amsterdam,244p.
- (2) ULBRICH H.H.G.J. 1978 - Petrologia das rochas ígneas - Um enfoque geológico. Capítulo IV: Os granitos e rochas associadas. Curso pós-grad.IGUSP,122p.
- (3) HASUI U-et al. -1978 - Os granitos e granitóides da Região de Dobramentos Sudeste nos estados de São Paulo e Paraná. Anais XXX Cong.Bras.Geo1. ,V.6,p.2594 - 2608.
- (4) WERNICK E.-s.d.- O magmatismo granitóide das regiões de dobramento nordeste e sudeste. Inédito? 23p.
- (5) FYFE W.S. 1972 - The generation of batholiths. Tectonophysics, v.37,p.273 - 283.
- (6) WHITE A.J.R. e CHAPPELL B.W. 1977 - Ultrametamorphism and granitoid genesis. Tectonophysics,v.43,p.7 - 22.
- (7) LEWIS A. 1981 - Ore deposits research. The search for concealed orebodies is prompting researchers to look more closely at the environments in which ore deposits occur.Eng. Mining Journ, julho, p.68 - 77.
- (8) PITCHER W.S. 1979 - The nature, ascent and emplacement of granitic magmas. Journ. Geo1.Soc.London, v.136,p.627 - 662,
- (9) BILIBIN Y.A. 1955 - Metallogenic provinces and metallogenic epochs. In: WALKER W.(ed). 1976. - Metallogeny and Global tectonics Dowden, Hutchinson Ross, Inc. Strondsburg, Penna. p.13 - 50.

- (10) SMIRNOV V.I. 1976 - Geology of mineral deposits . Mir Publishers, Moscou. 520 p.
- (11) SHCHEGLOV A.D.1976 - Fundamentals of metallogenic analysis. Mir Publishers, Moscou. 335 p.
- (12) READ H.H.1949 .- A contemplation of time in plutonism. In: The Granite Controversy. Thomas Murby & Co. Londres. p. 263 - 338.
- (13) HUTCHINSON W.W. 1970 - Metamorphic framework and plutonic style in the Prince Rupert region of the Central Coast :lountains, British Columbia. Can.Journ.Earth Sci. V. ? p.376 - 405.
- (14) BUDDINGTON A.F. 1959 - Granite emplacement with special reference to North America. Geol.Soc.Amer.Bull.v.70, p. 671 - 747.
- (15) STEPHANSSON O. 1975 - Polydiapirism of granitic rocks in the Svecofennian of Central Sweden. Precambrian Research, v.2, p. 189 - 214.
- (16) MIDDLEMOST E.A.K. 1969 - The granitic spectrum..Lithos, v.2 , p. 217 - 222.
- (17) DEWEY J.F. e BIRD J.M. 1970 - Mountain belts and the new global tectonics. Journ. Geophys. Rescarch, v.75, p. 2625 - 2647.
- 18) SILLITOE R.H. 1972 - Relation of metal provinces in Western America to Subduction of oceanic lithosphere. Geol.Soc.Amer.Bull., v. 83 , p. 813 - 818.
- 19) GROVES D.I. e McCARTHY T.S. - s.d.- Fractional crystallization and the origin of tin deposits in granitoids. Sem referência. 16p.

20) TAUSON L.V. e KOZLOV.V.D. 1973. Distribution functions and ratios of trace-element concentrations as estimators of the ore-bearing potential of granites. In: Jones.M.J. - ?? - Instn Min.Metall. Londres.p.37- 44.

{21) TAUSON L.V. 1974 - In: Tischendorf G. (26). p.47.

(22) KEITH S.B. e WESTRAG.1981 - Classification and genesis of stockwork molybdenum deposits. Econ. Geol. v.76 . p. 844 - 873.

(23) NEY C.S. e HOLLISTER V.F. 1976 - Geologic setting of porphyry , deposits of the Canadian Cordillera. Can. Instn Min. Metall. Special,v. 15. p.21- 29. (24) APELTSIN F.R.-et al.-1970 - In: Tischendorf G. (26). p.72. (25) GINZBURG A.I. 1972 - In: Tischendorf G. (26) .p. 71 - 72.

(26) TISCHENDORF G. 1977 - Geochemical and petrographical characteristics of silicic magmatic rocks associated with the rare-element mineralization. In: Stenprok M. et al. (ed), Metallization associated with acid magmatism. v.2, Geol.Survey,Praga,p.

(27) GORZHEVSKII D.I. e KOZERENKO V.N. 1970 - On the depth problem of postmagmatic deposits. In: Walker W. 1976 - Metallogeny and global tectonics. Dowden, Hutchinson & Ross. Inc.Stroudsburg.Penna. p. 262 - 265.

(28) SEMENOV A.I. e LA'ZABIN G.S.1962 - Basic problems of investigation in the field of metallogeny. Intern.Geol.Rev. ,v.4, p. 139 - 150.

(29) LAZNICKA P. 1976 - Porphyry copper and molybdenum deposits of the U.S.S.R. and their plate tectonic settings. Trans.Instn Min.Metall.v.85, Sect.B, p.B14 - 32.

30) PITCHER W.S. 1970 - Ghost stratigraphy in intrusive granites: a review. In: Newall e Rast (ed). Mechanics of igneous intrusion. Gallery Press,Liverpool.p.123-140.

31) SUTHERLAND BROWN A. 1976 - General aspects of porphyry deposits *of* the Canadian Cordillera - Morphology and classification. Cano Instn Min. Metall, Spécial volume 15, p.44 - 51.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Distribuição de depósitos minerais endógenos em função de nível crustal de alojamento dos corpos ígneos.

FIGURA 2 - Idade e simetria de depósitos tipo pórfiro em relação à profundidade estimada de formação.

FIGURA 3 - Modelo de evolução de um cinturão tipo cordilherano desenvolvido por subdução de uma placa oceânica sob uma placa continental.

FIGURA 4 - Esquema da distribuição geral de províncias metalíferas no oeste americano dentro do contexto de tectônica de placas.

LISTA DE TABELAS

TABELA I - Características dos granitóides tipo S e I.

TABELA II - Esboço da classificação genética de granitóides proposta por Wernick.

TABELA III - Características dos corpos sin-, tardi- e pós-cinemáticos.

TABELA IV - Evolução das mineralizações endógenas nas diversas fases de um ciclo geossinclinal - cinturão dobrado.

TABELA V - Depósitos minerais tipomórficos dos estágios inicial, intermediário e tardio de desenvolvimento geossinclinal.

TABELA VI - Feições características da metalogenia de vários tipos de geossinclinais.

TABELA VII - Característica dos corpos de cata-, meso- e epizona.

TABELA VIII - Classificação tectono-magmática dos granitóides da RDS e RDN.

TABELA IX - Sistemática faciologica e tectono-magmática para os granitóides de São Paulo e do Paraná.

TABELA X e XI - Classificação tectono-magmática dos principais fácies dos granitóides de São Paulo e do Paraná.

TABELA XII - Zonas tectônicas de uma província dobrada e mineralizações associadas.

TABELA XIII - Feições características de desenvolvimento geológico e metalogenia endógena nos principais elementos tectônicos do bloco continental da crosta terrestre.

TABELA XIV - Agrupamento de áreas mineralizadas a estanho de acordo com sua posição tectônica lateral relativa.

TABELA XV - Nomenclatura das séries magmáticas.

TABELA XVI - Característica: dos depósitos de molibdênio tipo stock-work.

TABELA XVII - Classificação dos granitos especializados.

TABELA XVIII - Média aritmética (\bar{X}), desvio padrão (S) e tipo de distribuição de óxidos em granitos especializados (I), seus precursores (II) e granitos "normais".

TABELA XIX - Características dos diversos tipos geoquímicos de granitos.

TABELA XX - Teor médio de elementos traços em granitóides de diferentes linhagens geoquímicas.

TABELA XXI - Algumas razões de concentração em diferentes tipos geoquímicos de granitóides.

TABELA XXII - Concentrações medias e varianças de alguns elementos traços em granitos mineralizados e estereis de Transbaikalia, Russia.

TABELA XXIII - Concentrações medias e varianças de alguns elementos traços em granitos palingeneticos da Siberia e Transbaikalia.

TABELA XIV - Concentração de elementos raros em granitos especializados “precursores” e “normais”.

TABELA XXV - Características dos granitos especializados.

TABELA XXVI - Concentração media (\bar{X}) e desvio padrão (σ) em biotitas de granitos estaníferos, granitos precursores e granitos normais.

TABELA XXVII - Feições principais dos “facies verticais” de depósitos post-magmaticos.

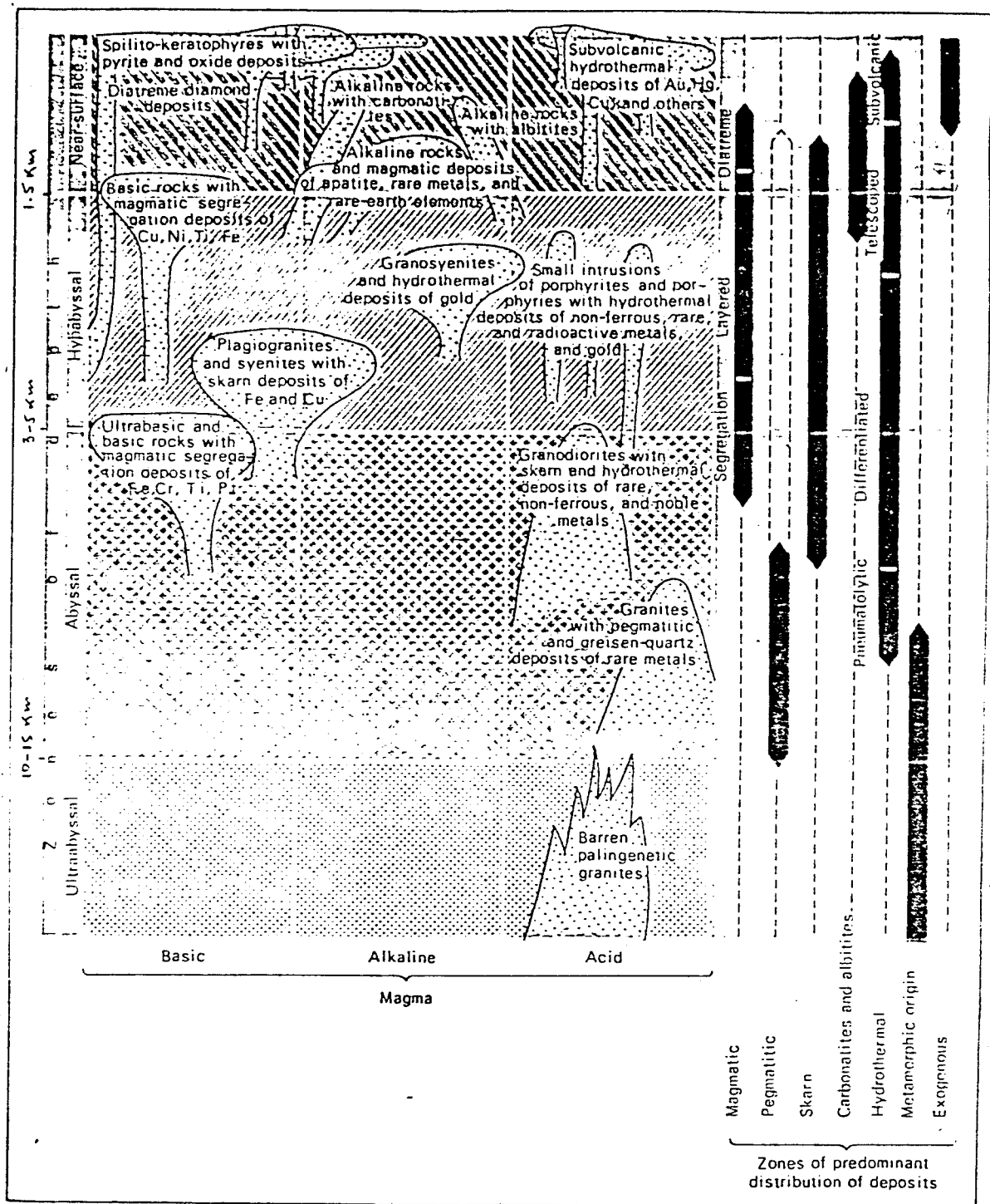


Figura 1 - Distribuição de depósitos minerais endógenos em função do nível crustal de alojamento dos corpos ígneos (Smirnov, 10)

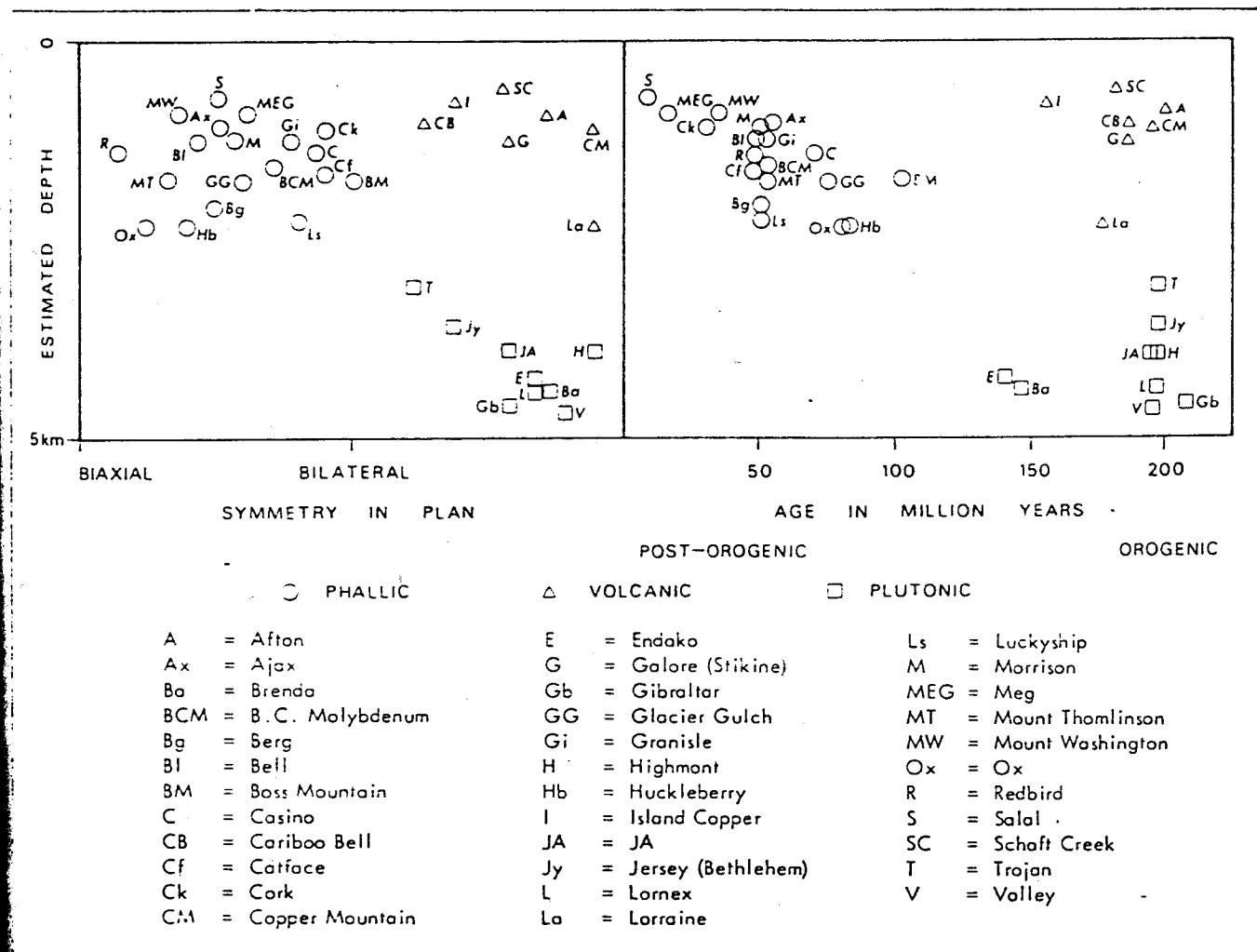


Figura 2 - Idade e simetria de depósitos tipo pórfiro em relação à profundidade estimada de formação (Sutherland Brown, 34)

Definição	Cristalizados a partir de fusão parcial de rochas ígneas pré-existentes.	Cristalizados a partir da fusão parcial de rochas sedimentares pré-existentes.
Feições mineralógicas características	Hornblenda, esfeno-alanita, magnetita "séries expandidas": proporção gab-d'ri to/t'lito-gr'diorito/granito = 15/50/35	Muscovita, ilmenita - monazita, "zircoo crustal" "séries restritas": proporção 2/18/80
Feições Químicas	Alto Na/K Alto (Na + K + Ca)/Al Fe ₃ /Fe ₂ mais alto Composição química e isotópica mais regular. Baixa razão inicial 87Sr/86Sr < 0,7060 (fonte básica, manto)	Baixo Na/k Al/(Na + K + Ca/2) ≥ 1.1 (Rochas peralcalinas de Shand) Fe ₃ /Fe ₂ mais baixo Composição química e isotópica menos regular Alta razão inicial 87Sr/86Sr > 0,7060 (característica de fonte pelítica, crustal)
R E S I D U O S	Máficos, ricos em hornblenda, textura ígnea. Núcleos de piroxênio em anfibólitos? Anfibólito pargasítico rico em Ti. Plagrocânclásio com zonação e macla complexas. Finas agulha de apatita, especialmente inclusas em biotita e hornblenda.	Metassedimentares. Quartzo leitoso (Ø-5-10cm) Biotita, Al-silicatos, especialmente sillimanita cordierita, granada. Cordierita com agulhas "tell-tail" de sillimanita, andalusita "esfarrapada" ("ragged") fibrolita.

Tabela I - Características dos granitóides Tipo S e I - (White e Chapel, 6, Lewis, 7, pitcher, 8)

TIPO DE GRANITÓIDE	CRUSTAL SEDIMENTAR(CS)	CRUSTAL ÍGNEO(CI)	MANTO TÍPICO(MT)	MANTO ATÍPICO(MA)
Material original fundido	Metassedimentos	Rochas ígneas cristais	Manto	Manto + crosta? (underplating)
CARACTERIZAÇÃO	Resíduo metassedimentar, quimismo per-alcalino, etc. idem Tipo S, tabela I	Resíduo ígneo ácido? Sem excesso de alumina	Fusão + diferenciação de material do manto Xenólitos com textura magmática, sempre mais básicos, que a encaixante: Ub dentro de gabro gabro dentro de diorito, diorito dentro de gr'diorito, gr'diorito dentro de granito.	

TABELA II - Esboço da classificação genética de granitóides proposta por Wernick (com. pessoal).

GRANITOS POSCINEMÁTICOS

DEFINIÇÃO	<p>"The definition of these granites includes the assumption that they were emplaced after all movements had ceased"(pg.121).</p> <p>"They are anorogenic granites " (pg.27).</p>
RELAÇÕES DE CAMPO	<p>Distinção no campo entre os estágios tardi- e pós-cinemáticos de evolução pode ser muito incerta. (pg.121).</p> <p>Discordantes, com bordos resfriados?</p> <p>Estrutura perfeitamente isótropa("tranquilidade estrutural")</p>
COMPOSIÇÃO	<p>Verdadeiramente granítica, definitivamente mais rica em potássio que os granitos entectóides.</p> <p>Petroquimicamente indistinguíveis dos granitos tardi-cinemáticos.</p> <p>Composição notavelmente uniforme.</p> <p>Máficos ricos em ferro, enriquecimento em fluor.</p>
PETROGRAFIA MINERALOGIA	<p>Geralmente duas gerações de K-Feldspato, Ortoclásio mais antigo, de triclinicidade variável e intensamente pertítico, simetria monoclinica. Amplamente predominante, Microclíneo mais jovem, em vênulas e interstícios esparsos, "chessboard" bem definido, triclinicidade quase máxima. Plagioclásio normalmente oligoclásio, às vezes albita. Fluorita em geral acompanhada de topázio. Acessórios em maior quantidade e variedade.</p> <p>Exemplos clássicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Granitos rapakivi (5 variedades)-pelo menos duas gerações de quartzo(uma bipiramidal), K-Feldspato ídem acima, biotita rica em ferro, hornblenda, clinohipersterio, grumerita, fayalita. - Alkali-granitos ã riebeckita, arfvedsonita, aegirina, hornblenda, biotita, fayalita, etc. (leve excesso de Fe+3). <p>Só um Feldspato sódico potássico com 40% Ab. Fluorita e topázio são acessórios típicos. Nível de posicionamento raso (Sub-vulcânico)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Granitos Alpinos
INTERPRETAÇÃO	<p>Tipicamente magmáticos, magma completamente fundido, sem movimento durante a cristalização.</p>

GRANITOS TARDICINEMÁTICOS

DEFINIÇÃO	"Rocks whose magmatic behaviour indicates that they belong to, they were emplaced at comparatively late stages of the orogenies" (pg.23,82)
RELAÇÕES DE CAMPO	Discordantes em relação a rochas mais antigas, incluindo gnaisses e granodioritos sincinemáticos. Sem bordos resfriados. Estratigrafia relictas comum. Contactos abruptos, pouco ou nenhuma granitização das encaixantes. Intrusões diapíricas na zona axial de cadeias de montanhas antigas.
COMPOSIÇÃO	Ricos em potássio, composição uniforme 1/3 K-Feldspato, 1/3 Albita, 1/3 Quartzo aproximadamente sem diferenciados básicos.
PETROGRAFIA MINERALOGIA	Granular fino, aplítico na maioria dos casos. Raramente com estrutura gnáissica. Microclíneo de alta triclinicidade, pobre em sódio, formado simultaneamente com o plagioclásio. "Chessboard" bem marcado. Pertita atípica, geralmente escassa e grosseira quando presente. Plagioclásio An ₂ -10, menos frequentemente An 10-15. Muscovita mais comum do que biotita. Às vezes hornblenda ou piroxênio. Variedades ricas em epidoto (até 30-40%, "unakitos") Fluorita às vezes presentes mas sem topázio associado. Almandina, cordierita frequentes.
INTERPRETAÇÃO	Predominantemente palingenéticos, derivados de sedimentos (Tipo S de Chapell e White)? Potassificação de rochas sincinemáticas pode ser simultânea com a formação de corpos graníticos tardicinemáticos (pg.84)

GRANITÓIDES SINCINEMÁTICOS

DEFINIÇÃO	"Formed at an early stage of an orogenic cycle" (pg.26)
RELAÇÕES DE CAMPO	<p>Grandes batolitos com contactos concordantes, gradacionais; auréolas migmatíticas graduando para gnaisses e xistos pelíticos.</p> <p>Contactos abruptos com rochas de composição diferente (e.g. anfibolitos).</p> <p>Continuidade de níveis sedimentares no interior das massas granitóides.</p> <p>Típicos de áreas pré-cambrianas</p> <p>Equivalentes aos tipos de catazona de Buddington.</p>
COMPOSIÇÃO	<p>Granodioritos e quartzo-dioritos ("plagiogranitos")</p> <p>Granitos S.S. subordinados, em zonas de perturbação tectônica.</p> <p>Composição granodiorítica a granítica obtida devido à introdução de microclíneo.</p> <p>Diferenciados magmáticos comuns.</p>
PETROGRAFIA MINERALOGIA	<p>Estrutura orientada, gnáissica</p> <p>Textura porfiróide (porfiroblástica)</p> <p>Microclíneo tardio de alta triclinicidade, intersticial ou substituindo plagioclásio ou formando porfiroblastos. "chessboard" distinto.</p> <p>Plagioclásio An 26-35, em geral An 28-30.</p> <p>Biotita com ou sem muscovita subordinada.</p> <p>Hornblenda (às vezes piroxênio) junto a inclusões de anfibolitos, vulcânicos, margas, charnockitos (piroxênio)</p> <p>Alto conteúdo de esfeno, apatita (com núcleo pleocrômicos), magnetita, zircão arredondado (às vezes com bainha de zircão idiomórfico)</p> <p>Sillimanita, andaluzita, granada, cordierita, cianita acompanhando a muscovita.</p>
INTERPRETAÇÕES	<p>Formados por fusão palingenética (parcial) de rochas metassedimentares e metavulcânicas.</p> <p>Mineralogia depende do material original fundido.</p> <p>Matriz magmática, microclíneo metassomático comumente relictos e abundância de potássio indicam composição pelítica do material original (Tipo S de Chapel e White; eventualmente tipo I ou mistos)?</p>

Stages of evolution	State of structural development	Predominant magmas	Sedimentation	Fault structures	Types of magmatic bodies	Magmatic rocks	Associated Mineral deposits
Tectonic	Young platform	Basalt magma.	Erosion, zone of weathering		Extrusive bodies	Basalts, Trachybasalts.	Mercury (?)
	Shield	Granitoid differentiates of basalt magma	Erosion. Zone of weathering. Fresh water, lagoons, and continental sedimentation. Suberial Volcanic series.	Tear faults Deep regional faults and tear faults connected with them	Minor intrusions	There is no visible connection with magmatic rocks. Granites, alkalis, alkaline granites, granosyenites, syenites, (gabbro-dabasas) or no visible connections with magmatic rocks.	1. Lead-zinc (Karatau type). 2. Copper (Dzhezkazgan type). 3. Fluorite. 4. Barite, Witherite. 5. Silver-cobalt-nickel-bismuth-arsenic (copper). 6. Silver-lead-zinc-copper (late group). 7. Fluorite. 8. Barite, Witherite. 9. Siderite, Magnesite. 10. Hematite, Manganese.
Late	Folded Belt	Andesite magma Granitic magma		Tear faults	Extrusive bodies	No visible connection with magmatic rocks. Andesites, liparites, trachytes, and others. Quartz monzonite-porphyrates, granodiorite-porphyrates, granite porphyries, and others.	Mercury, Antimony, Arsenic, (Tungsten). Gold, silver (epithermal). Copper, molybdenum, alumina, (metasomatic quartzites). ¹⁾
				Tear faults. Collapse structures.		Minor intrusions	Diorite, syenite-diorites, granodiorites, syenites, granosyenites (nepheline syenites).
				Tear faults. Loose foliation structures.	Minor intrusions	Granite-porphyrates, granodiorite-porphyrates, liparites, dacites. Diorites, quartz-diorites, granodiorites, granite-porphyrates, lamprophyres, and others.	1. Silver-lead-zinc (early group). 2. Arsenic 3. Tin (sulfide-cassiterite association). 4. Tungsten. 1. Gold. 2. Molybdenum.
				Tear faults.			
Intermediate	Folded Belt	Granitic magma Andesitic magma	Erosion	Third major folding. Faults connected with this folding.	Batholiths	Granites; alkalic type leucocratic, spilitic, biotite granites, pegmatites, spites.	Hydrothermal: 1. Tin, tungsten, bismuth, molybdenum, 2. Fluorite, pegmatite greisens; 1. Muscovite, 2. Lithium, beryllium, tin, tungsten, tantalum, columbium.
				Tear faults	Minor intrusions	Quartz albite-porphyrates, beresitoid ²⁾ , quartz diorites, and others.	Contact-metasomatic; 1. Tungsten, 2. Molybdenum. Hydrothermal; 1. Gold, arsenic, tungsten (scheelite) 2. Molybdenum, 3. Copper (lead-zinc). Gold
Early	Geosyncline	Granite differentiates of basalt magma	Marine terrigenous sedimentation Erosion Marine terrigenous-volcanic series		Extrusive bodies	No visible connection with magmatic rocks. Andesites, liparites, trachytes, and others.	Mercury, antimony, arsenic (tungsten). Gold, silver (epithermal).
				Tear faults. Collapse structures. Tear faults. Foliation structures.	Minor intrusions	Quartz monzonite porphyries, granodiorite-porphyrates, granite porphyries, Quartz albite porphyries.	Copper, molybdenum, alumina (metasomatic quartzites). Sulfide deposits (partially forming veins) 1. Copper, Pyrite. 2. Silver-lead-zinc. 3. Gold-barite.
				Second major folding. Faults connected with this folding.	Batholiths, Minor intrusions.	1. Gabbro, diorites, tonalites, plagiogranites. 2. Gabbro, monzonites, syenites, granosyenites, granites (nepheline syenites).	Contact-metasomatic; 1. Magnetite, Copper. 2. (Cobalt, arsenic). 3. (Tungsten, molybdenum). Hydrothermal; 1. Gold, Arsenic, Tungsten (scheelite). 2. Copper, Molybdenum.
					Lava flows. Minor intrusions.	Spilitic, porphyries, keratophyres.	1. Copper 2. Iron, Manganese.
Initial	Geosyncline	Basalt magma, Ultrabasic magma.	Erosion	First major folding. Faults connected with this folding.	Batholiths, Concordant intrusions.	Gabbro, norites, anorthosites, diorites, and others. Serpentinized, peridotites, dunites, pyroxenites, gabbros.	1. Titanomagnettes. 2. Copper-nickel. 3. Copper (porphyry). 1. Platinum, Platinum group metals. 2. Chromium. 3. Titanomagnette. 4. Asbestos; Supergene; 1. Nickel. 2. Magnesite.
					Lava flows. Minor intrusions.	Spilitic, Porphyries, Albitophyres, Quartz albitophyres.	1. Copper. 2. Iron, Manganese.
	Ancient platform	Basalt magma, Ultrabasic magma, Alkaline magma.	Marine volcanic and carbonate series		1. Lava flows, Sills. 2. Lopoliths 3. Pipes, stocks, laccoliths.	1. Basalts, diabases (traps). 2. Norites, peridotites (granites), and others. 3. Alkaline peridotites, 4. Nepheline syenites. 5. Monzonites, syenites, and others.	1. Magnesite, Copper-nickel. 2. Platinum, Chromium, Diamonds, Asbestos, Titanomagnette, (Gold). (Lead-zinc).

¹⁾ Acidic or mesocratic igneous rocks altered by hydrothermal-metasomatic processes. According to Russian terminology the metasomatic or secondary processes consist in deposition of quartz, some sericite, silicite, pyrophyllite, kaolinite, and diaspore.

²⁾ Beresitoides - pyritized, metasomatically altered rocks of granitic composition, with quartz veins occasionally containing gold mineralization (Translator's footnote).

Tabela IV - Evolução das mineralizações endógenas nas diversas fases de um ciclo geossinclinal-cinturão dobrado. (Bilibin, 9) initial stage = geosynclinal development; early stage = diapiric intrusion (early tectonic); intermediate stage = main orogeny, batholithic intrusion, and thrusting (syntectonic); late stage = vertical tectonism (late tectonic).

Group of Formations	Formations	Type of Deposit
<u>EARLY STAGE</u>		
Magmatic	Submarine spilite-keratophyre of volcanic origin	Pyritized sulphides and oxides of iron and manganese
	Peridotite	Magmatic chromites, osmium and iridium
	Gabbro-pyroxenite-dunite	Magmatic titanomagnetites, platinum, palladium
	Plagiogranite-syenite	Skarn irons and coppers
Sedimentary	Fragmental	Conglomerates, sandstones, clays
	Carbonate	Oxides and carbonates of iron and manganese, phosphorites, limestones
	Chamosite	Silicate ores of iron and manganese
	Siliceous	Poor iron and manganese ores
	Bituminous	Disseminated organic matter; disseminated sulphides of iron, copper, zinc, molybdenum, and uranium and vanadium-oxides
<u>MIDDLE STAGE</u>		
Magmatic	Granodiorite	Skarns, predominantly of tungsten, hydrothermal deposits of gold, copper, and molybdenum, lead and zinc
	Granite	Pegmatites, albitite-greisens, and hydrothermal deposits of quartz paragenesis of tin, tungsten, tantalum, lithium, and beryllium
Sedimentary	Flysch	Sedimentary building materials
	Caustic biolithic	Combustible shales
<u>LATE STAGE</u>		
Magmatic	Small intrusions of various composition	Hydrothermal of plutonic origin and predominantly sulphide paragenesis; composite skarns
	Surface formations of volcanic origin	Subvolcanic hydrothermal
Sedimentary	Molasse	Sedimentary building materials
	Variegated	Sedimentary-infiltrational iron, copper, vanadium, uranium
	Saliferous	Evaporites of salts and gypsum
	Hydrocarbon-containing	Gas-and-oil and coal fields

Tabela V - Depósitos minerais tipomórficos dos estágios inicial, intermediário e tardio de desenvolvimento geossinclinal (Smirnov, 10).

Intensity of Manifestation		Environment of Their Province in the Middle Stage of Development					Magmatic Processes						
		Late Stage	Middle Stage	Early Stage	Very marked	Marked	Volcanic Rocks	Hyperthemic and Basic Rocks	Plagiogranites and Syenites	Granodiorites	Granites	Small Intrusions	Late Stage
Very marked	Marked	Not marked	Partial inversion of late Pysch. troughs	Very developed	Very developed	Very developed	Very developed	Developed	Developed	Weakly developed	Weakly developed	Weakly developed	Weakly developed
Marked	Marked	Marked	Ditto	Developed	Weakly developed	Developed	Developed	Very developed	Developed	Developed	Developed	Developed	Developed
Very marked	Very marked	Very marked	Full inversion	Weakly developed	Ditto	Absent	Ditto	Ditto	Ditto	Ditto	Very developed	Ditto	Ditto
			Without inversion	Ditto	Ditto	Ditto	Ditto	Developed	Developed	Ditto	Ditto	Ditto	Ditto
Typical stages not distinguishable													
Intensity of Ore Formation													
		Genetic Type of Deposit					Middle Stage				Late Stage		
		Early Stage	Middle Stage	Late Stage	Pyrites	Skarn	Skarn	Skarn	Pezmatitic, Albititic, Greisen	Hydrothermal	Skarn	Skarn	Skarn
Very developed	Developed	Very developed	Very developed	Very developed	Very developed	Very developed	Very developed	Very developed	Very developed	Very developed	Very developed	Very developed	Very developed
Developed	Ditto	Shows	Developed	Developed	Developed	Developed	Developed	Developed	Developed	Developed	Developed	Developed	Developed
Absent	Ditto	Developed	Absent	Absent	Absent	Absent	Absent	Absent	Absent	Absent	Absent	Absent	Absent
Ditto	Ditto	Very developed	Ditto	Ditto	Ditto	Ditto	Ditto	Ditto	Ditto	Ditto	Ditto	Ditto	Ditto
Metallic Composition of Ores (Typomorphic Metals)													
Iron, titanium, chromium, copper (gold)													
Copper, molybdenum, lead, zinc													
Lead, zinc, tin, tungsten, molybdenum (copper, gold)													
Tin, gold (lead, zinc)													

Tabela VI - Feições características da metalogenia de vários tipos de geossinclinais (Smirnov, 1960).

Some recent writers on plate tectonics would discard ideas on geosynclinal development. I have yet to see good reason to do so; one need only add a subduction zone.

Initial stage = geosynclinal development; early stage = diapiric intrusion (early tectonic); intermediate stage = main orogeny, batholithic intrusion, and thrusting (syntectonic); late stage = vertical tectonism (late tectonic).

SUITE	ASSOCIAÇÃO	FREQUÊNCIA	POSICÃO HORIZONTAL	POSICÃO VERTICAL	QUÍMICO COMPOSIÇÃO	OUTRAS CARACTERÍSTICAS MINERALIZAÇÃO
S I N T E C T O N I C A	ANATEXÍTICA (AN)	Pouco Frequente ?	MM GA IE	Autóctone CZ a MZ		Massas heterogêneas nebulíticas associadas à la. fa- se tectônica Gradação lateral e gnaisses Contactos gradacionais, concordantes Localização em antiformes. ESTÉREIS
	AUTÓCTONE A PARAUTOCTONE (AP)		MM GA FD	CZ a MZ	DIONÍTICA a GRANÍTICA	2ª Gigantescos complexos heterogêneos associados / F nos tipos anatexíticos A S Contactos concordantes, gradacionais E Enclaves frequentes de rochas máficas (resíduos). T ESTÉREIS ? E C
	PARAUTOCTONE A ALÓCTONE MINERALIZADA (PAM)	Muito Frequente	MM GA FD	MZ na vezes EZ	Tonalítica a granítica Diferenciação para tipos equigranulares	Maior homogeneidade textural e composicional Localização em falhas e antiformes Corpos alóctones: diapíricos de intrusão forçada c/ autóctas de contacto Associação hidratada: apfilitos, pegmatitos, mine- ralizações variadas (vide texto).
T E A C R T D I N C A	TONALITO - GRANITO		?	MZ a EZ	As vezes sub-alcálico	Equivalente aos produtos finais de diferenciação da associação PM Pequenos stocks e diques as vezes esteníferos.
	HORIZONTO - AMABELITO	Suite ainda pouco caracterizada na RDS	?	?	Rochas pobres em sílica e álcalis	Pequenos maciços associados a zonas de cisalhamento. Associação nitidamente seca, amídra.
	ALCALIGRANITO- STENITO		?	?	Sub alcalino a alcalino	Intrusões circulares, ricas em diques Caráter hidratado, rico em voláteis Greisenização com topázio, CaF ₂ , turmalina.
T E C T O N I C A	PLUTÔNICA	Relativamente rara	Contacto MM/FD ?	MZ a EZ as vezes SV	Calco-alcálico a sub-alcálico	Numerosas variedades petrográficas caráter geralmente amídro
	EFUSIVA - FISSURAL	Frequente	Contacto MM/FD ?	SV a Vulcânica	Calco-alcálico	Basaltos, andesitos, dacitos, riolitos Em parte transformados em espilitos e keratófitos

Tab. VIII - Classificação tectono-magmática dos granitóides das RDS e RDN (Wernick, 4).

ESTRUTURA LITOLÓGICA DE PUBLICACIONAMENTO	EPIZONA	MESAZONA	CATAZONA
CARACTERÍSTICAS			
1 - TEMPERATURA	250-350°C	300-350 a 500-550°C	550-750°C (fusão incipiente)
2 - PRESSÃO	5-10 km de rocha ?	10-15 km de rocha ?	
3 - PROFUNDIDADE	0 a 4 milhas	5 a 9 milhas	7 a 12 milhas
4 - METAMORFISMO REGIONAL	Desde inexistente até xistos verdes, raramente baixo anfibolito.	Xistos verdes a epidoto-anfibolito.	Anfibolito a granulito.
5 - METAMORFISMO DE CONTATO	Auréola estreita, alto gradiente térmico, rápida dissipação do calor.	Vasta auréola, bem marcada, até vários km, minerais de alta T (Molastonita, silimanita, cordierita).	Inexistente, equilíbrio térmico com as encaixantes.
6 - METASOMATISMO DE CONTATO	Pouco notável.	Apreciável (?)	Importante, feldspatização metassomática ?
7 - TAMANHO DO CORPO	Stock a pequeno batólito	Batólito (médio ?)	Desde grandes batólitos até poucos km ² .
7A- HOMOGENEIDADE PETROGRÁFICA	Em geral compostos, só os pequenos são homogêneos.	Sempre compostos, homogeneidade petrográfica ?	Sem homogeneidade petrográfica, heterogêneos mesmo em amostra de mão.
7B- BRECHAS & CAVIDADES	Comuns, brechas de explosão e de fluxo, mirolas.	Ausentes.	Ausentes.
7C- TEXTURA	Granular hipidiomórfica, intercrescimentos granofíricos, porfirítica frequente (e.g. bordos).	Granular hipidiomórfica a porfiróide ou porfirítica, núcleos homogêneos, bordos protoclásticos foliados.	Gnássica, nebulítica, estrumática, etc.
8 - RELAÇÃO CONTATO	Discordantes em escala regional e local.	Em parte concordantes, em parte discordantes.	Concordantes em escala regional e local.
9 - MENCIONADO CONTATOS	Verticais.	Verticais a subverticais.	Paralelo às encaixantes, variável.
10 - TIPO DE CONTATO	Abrupto.	Abrupto a gradacional.	Gradacional a gnássica e migmatitos.
11 - BORDOS RESFRIADOS	Comum nos corpos menores ?	Variável ?	Sem bordos resfriados.
12 - ESTRUTURAS LINEARES	Ausentes	Bem desenvolvidas próximo ao contato.	Muito bem desenvolvidas.
13 - ESTRUTURAS PLANARES	Frequentes (arranjo dômico, archedo).	Idem acima (arranjo dômico, em funil, etc).	Idem acima.
14 - MIGMATIZAÇÃO MARGINAL	Inexistente	Pouco Notável ?	Forte, gnássica, migmatitos, etc.
15 - REPERCUSSÃO DAS ENCAIXANTES	Pouco notável (encaixante rígida).	Bem marcada (encaixantes + plásticas).	Forte (encaixantes muito plásticas).
16 - MECANISMO DE INTRUSÃO	Passivo ou permissivo, não forçado, falhamentos associados, estruturas de colapso subcirculares.	Permissivo ou forçado, dobramentos forçados, foliação paralela a intrusão.	Não se aplica (ou forçado ?).
17 - APLITOS E MIGMATITOS	Relativamente raros.	Abundantes na periferia, mas escassos dentro do corpo.	Muito comuns, necessariamente migmatitos, enxames independentes (?).
18 - ASSOCIAÇÃO VOLCÂNICA	Volcânicas cognéticas às vezes presentes (diferença de poucos milhares de anos). Tufos, iglúmbrios, lampróiros, diques afaníticos.	Quando ocorre é puramente geográfica, sem relação temporal.	Sem associação com volcânicas.
19 - IDADE TÍPICA	Faixas terciárias.	Faixas mesozóicas.	Faixas mais antigas.
20 - EROSIÃO	Mínima.	Bastante acentuada.	Profunda
21 - INTERPRETAÇÃO	Invasão magnética (= Alúctone?). Sem deformação tectônica sincrônica? Rápida história intrusiva.	Quase todos os corpos Invasão magnética, raros podem ser interpretados como granitização in situ. Deformação tectônica sincrônica. Demorada história intrusiva.	Admito várias interpretações: Invasão magnética (lateral?), granitização úmida ou seca in situ, refusão in situ (anatexia). Deformação tectônica sincrônica. Sem história intrusiva.

Tabela VII - Características dos corpos de cata-, meso- e epizona (Buddington, 14; Ulbrich, 2)

Tabela VIII: Características dos corpos de cata-, meso- e epizona (Buddington, 14; Ulbrich,2)

FÁCIES	LITOLOGIAS	RELAÇÕES DE CONTATO	QUÍMICO-COMPOSIÇÃO	TEXTURA	ASSOCIAÇÕES COMUNS DISTRIBUIÇÃO FREQUÊNCIA	EXEMPLOS NO PARANÁ	CARACTERIZAÇÃO TECTONO-MAGMÁTICA
MIGMATÍTICA (FM)	Embretchitos Nebulitos Anatexitos	Concordante gradacional	Tonalítica a granítica (qz-mic-olig)	Folição generalizada microclínica ofiolabílica	FM + FC 1a. fase dobra - mento	Porções do Combuporanga	ST AUT CZ
				Folição impenetrante Pouca variação			
CANTAREIRA (FC)	Vários tipos de Granito Porfíroides	Concordante gradacional a parcialmente discordante	Granodiorítica a granítica matriz < ácida	Vários tipos petrográficos com megacristais de tamanho, forma e quantidade variáveis	FM + FI comum 2a. fase dobra - mento Maioria dos corpos é unifaciológica tipo cantareira FDA e MNJ	Combuporanga Três Córregos Itaóca Epitássio Pessoa Morro Grande Piedade, etc. (15 corpos)	ST PARAUT-ALOC MZ
				Folição variável			
GRACIOSA (FC)	Granitos de alcalinidade acen tuada gr'dioritos e bt'granitos ácidos localmente	Discordantes, met. contacto, injeções tabulares, deformação dos encaixantes	Alcalino a sub-alcálico ort. porfírico quartzo-albita Fe-haatingita argirina-argila	Isótropos, equigranulares localmente porfíricos	Restritos ao colar Guarau - Morro Redondo ? MNJ	Graciosa Marumbi, etc. (8 corpos)	PT ALOC EZ (erodida)
				Isótropos equigranulares			
ITU (FI)	Granito, localmente gr'diorito	Ditto	Calco-alcálico? mic-olig - qz-bt	Isótropos equigranulares	Pequenos corpos restritos a grandes falhas FDA (MNJ)	J. Murinho Vila Branca Gerne, etc. (9 corpos)	PT ALOC EZ (erodida)
GRANO - FÍRICA (FGF)	Granito	Discordantes	?	Isótropos granofíricos	Pequenos corpos próximos a falha Itapucuna-Gubatão	Chacrinha ?	PT ALOC EZ (erodida)

Tabela IX - Sistemática faciológica e tectono-magmática de Insaui et al.(3) para os granitóides de São Paulo e Paraná

Characteristic features	Par-Eastern type		Urals types	Platforms	Regions of autonomous activation
I. The nature of substrate (base)	Geosynclinal zones of early cycles, more seldom — platforms <i>Sialic</i>		<i>Ferric</i>	Consolidated geosynclinal zones	Platforms; consolidated geosynclinal zones having reached the state of platforms; median masses
II. Preeminent type of diastrophism	Folding movements			Oscillating movements	Movements of rupture
III. General nature of tectonic development, stages of development	Oriented stage-wise, polycyclic. Three stages are distinctly discernible: of strictly geosynclinal; of general ascensional movements and of main folding stages; consolidation of fold structures			Oriented stagewise uniform. Four stages are distinctly discernible: of base formation, of continental sedimentation, of steady, slow settling; of contrastive differentiated movements	Oriented stagewise. Two stages are distinctly discernible: "of volcanogenic superposed troughs" and of "superposed terrigenous depressions", manifest in continental conditions against the general background of epirogenetic movements
IV. Sedimentary and volcanogenic formations	Terrigenous marine; flysh and flyshoid, nearshore schistose sandstone, molasse	Marine sedimentary-volcanogenic (spilite-keratophyre and porphyry), carbonaceous, schistose sandstone-carbonaceous		Marine carbonaceous and terrigenous, more seldom — continental coal-bearing	Subaerial, volcanogenic, coal-bearing, spotted molasse
V. Magmatism	Large shows of granites; more seldom — of granodiorites	Large shows of basic and ultrabasic intrusions, plagiogranites, granodiorites		Trap brilliants: basic and ultrabasic intrusions. Alkali complexes, kimberlites	Granodiorite-monzonites, fissure intrusions; granite-porphry, alkali rocks. Major alkali intrusions (limburgite, teschenite, crinanite). Alkali basalts
VI. Formation time	Typical of the entire history of the earth's crust development	Typical of the entire history of the earth's crust development		From beginning of the Neogene	Distinctly established, starting from the Middle Proterozoic era. Conspicuously manifest in the Late Paleozoic-Early Mesozoic and Cenozoic
VII. Folding	Highly intensive, sharply outlined, linear	Highly intensive, sharply outlined, linear		Intermittent, come-shaped	Near-fault, limited
VIII. The role of dislocation with a break in continuity	Important	Important		Important	Very great, predetermining the manifestation of intrusions and deposits
X. Characteristic features of metallogeny	1. Key elements				
	2. Major genetic types of endogenic deposits				
	3. Specific elements and deposits most characteristic for the given type of structures				
	4. Major types of metallogenic provinces				
	Sn, W, Mo, Au, Pb, Zn, Hg, Sb	Cr, Pt, Ti, Fe, Cu, Au, Zn, Pb		Cu, Ni, Pt, Cr, Th, P	Pb, Zn, Cu, Ag, U, F, Sn, W, Sb, Hg, Ba, Mn
	Hydrothermal high and medium-temperature; more seldom — low-temperature	Magmatic, skarn, high-temperature hydrothermal; volcanogenic sedimentary		Magmatic	Hydrothermal — medium-temperature, epithermal, telethermal
	Sn, W, Mo, Au; high-temperature hydrothermal — tin and tungsten, rare metal (Sn, W) pegmatites and greisen	Cr, Pt; magmatic chromite and platinum; skarn iron ore; pyritic (Cu, Pd, Zn)		Ni, Cu, P, diamonds; magmatic, copper-nickel and apatite, diamond-bearing kimberlites; stratiform (Cu, Pb, Zn) in the platform mantle	Pb, Zn, U, F, Mn, Sn, W; deposits of "pentellements" formation, fluorite and manganese epithermal, telethermal polymetallic and fluorite
	Eastern Transbaikalian tin-tungsten; Kolyma auriferous; Primorie tin ore	Urals chromite-platinum and iron ore; Sayan iron ore		Norilsk copper-nickel; Bushveld platinum-chromite; Siberian diamond-bearing	West-European with complex ores; West-Transbaikalian fluorite-bearing; West-African rare earths; Southern China tin-tungsten; Canadian uranium-bearing
XI. Regions of magmatic hearths development	Granite layer	Basalt layer		Basalt layer	Upper mantle on the boundary with the basalt layer
XII. Hypothermal tectonosphere section	Thick sialic crust with subsided mantle	Thick basalt layer practically in the absence of a granite one, with protrusion of the upper		Thick earth's crust with subsided upper mantle	Reduced thickness of the earth's crust with a tributary-granite layer and a shallow depth of the upper mantle occurrence

TECTÓNICA	CARACTERIZAÇÃO	MINERALIZAÇÃO
INTERNA	Fossa profunda na zona axial de províncias dobradas. Espessa sedimentação clástica finais vezes com contribuição vulcânica.	"Rare metal belts" Granitos leucocráticos. Pegmatitos, albitogreissens, depósitos hidrotermais. Sn, W, Ta, Be, Li, Mo, Bi, As.
PERIFÉRICA	Sedimentação menos espessa, clásticos, grossos, carbonatos, vulcânicos.	Grandes massas batolíticas de composição moderadamente ácida skarns com scheelita. depósitos hidrotermais Cu, Mo, Au, Pb, Zn (em pequenas intrusões?)
TRENCH	Fossa longitudinal profunda em geossinclinais tipo A e B.	Associação Espilitokeratófiro com pirita + calcopirita plagiogranito/Sienito Skarus Fe, Cu, (Co).
MACIÇO MEDIANO	Blocos de rochas antigas dentro da zona interna.	"Rare metal belts" em granitos leucocráticos similares aos da zona interna.
INFRA ESTRUTURA	Reativação reflexa nas porções marginais ao geossinclinal.	Variável de acordo com o grau de reativação. magmatismo e mineralização associado com todos, algum ou nenhum dos estágios do geossinclinal vizinho.
FOREDEEPS	Depressão estreita e alongada nos bordos de províncias dobradas.	Depósitos "strata-bound" U, V, Cu.
FALHAS MARGINAIS PROFUNDAS	Ao longo dos contactos entre as diversas zonas nas acima referidas.	Rochas B/UB com cromita, titanomagnetita, platinóides. Pequenas intrusões com depósitos hidrotermais

TABELA XII - Zonas tectónicas de uma província dobrada e mineralizações associadas (Smirnov, 10).

Geotectonic position	Examples
1 Within folded areas in the neighbourhood of Central Massifs	Saxothuringian Zone — Bohemian massif Belt of Verkhojansk - Tchuktches peninsula — Massif of Kolyma Maly Khingan — Bureya massif
2 Within folded areas in the neighbourhood of a former consolidated region	Cornwall (Var.) — Caledonides of Middle England New Brunswick (Var.) — Caledonides of New Foundland and New Scotland
3 Within folded areas with temporary changing tendencies of movement	Maly Khingan
4 On platforms in epigenetic regions of subsidence, superpositioned synclinal areas and in aulacogens	Belt of Rondonia — Guyayana Nigerian Belt; partly
5 On platforms along rift zones and transcontinental deep faults	Central-African Belt Nigerian Belt (anorogenic) Southern Chines Province

Tabela XIV - Agrupamento de áreas mineralizadas a estanho de acordo com sua posição tectônica lateral relativa (Tischendorf et, al, 1971).

Magma series (this paper)	Depth to inclined seismic zone in km	K _{57.5} range	Peacock (1931) alkali-lime index
Calcic	80-120	0.4-1.2	62-68 (calcic)
Calc-alkaline	120-220	1.2-2.4	56-62 (calc-alkalic)
High K calc-alkalic	220-260	2.4-3.0	57-59 (calc-alkalic)
Alkali-calcic	260-390	3.0-4.4	52-58 (alkali-calcic)
Alkalic	>390	4.4-6.0	45-52 (alkalic)

Tabela XV - Nomenclatura das séries magmáticas (Keith, 1978; in Keith e Westra, 22). N.B. K_{57.5} = conteúdo de k₂O a 57.5% de SiO₂.

	Calc-alkaline molybdenum stockwork deposits			Alkali-calcic and alkali molybdenum stockwork deposits			Porphyry copper deposits	
	Stock type	Plutonic type	Climax type	Alkali type	Alkali type	Alkali type	Island arc	Continental margin
				Quartz-deficient source rock	Leucogranite			
Magma series	Calc-alkalic; high K calc-alkalic		High K calc-alkalic; alkali-calcic	Alkali-calcic; alkalic		Calcic; calc-alkalic	Calcic; calc-alkalic; alkali-calcic	
K ₂ O range	1.5-3.5		2.5-4.4	4.0-6.0		0.4-2.5	0.6-3.5	
Geotectonic setting	Compressive continental plate margin	Compressive continental plate margin	Subduction-related continental back-arc spreading environment	Continental back-arc spreading environment	Continental back-arc spreading environment; intracratonic rift zone; rifts associated with opening of oceans; hot spots	Compressive plate margin	Compressive continental plate margin	
Characteristic igneous rocks	Quartz monzonite Granite Alaskite Aplite	Granodiorite Quartz monzonite Granite Alaskite Aplite	Rhyolite-quartz latite Granite-aplite K ₂ O > 5% SiO ₂ > 75%	Monzonite-syenite K ₂ O > 10% SiO ₂ 61-65%	Leucogranite K ₂ O > 5% SiO ₂ 70-76%	Diorite-quartz monzonite	Granodiorite-quartz monzonite	
Porphyry texture	Yes	Yes and no	Yes	Yes and no	Yes	Yes and no	Yes and no	
Petrochemistry								
TiO ₂ %	>0.2	0.1-0.2	<0.2	>0.5	<0.1	>0.3	>0.2	
Rb ppm	150-350	100-600	200-600	no data	>200	<100	<210	
Sr ppm	300-600	100-900	<125	no data	<100	500-1,000	450-1,500	
Nb ppm	<80	<10	85-200	>100	15-140	<5	<20	
Chemistry of hydrothermal system								
Max. Mo content in tons (est.)	300,000	1,600,000	2,000,000	Small	350,000	30,000	1,500,000	
MoS ₂ % in ore zone	0.1-0.25	0.1-0.20	0.2-0.48	<0.1	0.25-0.30	<0.01	0.01-0.1	
Max. P content %	0.1-0.25	0.05-0.15	0.5-2	no data	1-5%	Low	0.04-0.4	
Impregnated elements	Mo-W-Cu	Mo-Cu(W)	Mo-P-W-Sn-Zn-Ag-Pb-Cu-U	Mo-F-Sn-W	Mo-F-Sn-W, (Bi), (As)	Cu-Au(Ni)	Cu-Mo-Ag-Au-Pb-Zn	
IF/IC ₁ ratio in fluid	Low	Low	High	No data	No data	Low	Low	
Multiple ore shells	No	No	Common	No data	Yes	No	Rare	
Examples	Kilauea Hall Buckingham	Endako Adnace Quartz Hill? Mt. Tolman East Kennard	Climax Urad-Henderson Mt. Emma Pine Grove Quartz Mt. Hope Glacier Gulch *transitional	Three Rivers stock Blain stock	Cave Peak Malmbjerg Bortvika? Mt Pleasant	Panguna Atlas Marcopter	Bingham San Manuel	

Tabela XVI - Características dos depósitos de molibdênio tipo stockwork (Keith e Westra, 22).

1. Muscovite-rare elements-bearing granites (=normal evolution)
 Typical minerals: biotite, muscovite
 Accumulations of W, Be, (F, Mo, Bi, Sn)
 Mineralization of W, Be, Mo
 Youngest members of the normal evolution series: apogranites of the calc-alkaline series
2. Lithionite-rare elements-bearing granites (=plumasic evolution)
 Typical minerals: Li-biotite, protolithionite, zinnwaldite, lepidolite
 Accumulations of Sn, Ta, Nb (F, Li, Rb, Cs)
 Mineralisation of Sn, Ta, W, Li, Be
 Youngest members of the plumasic evolution series: apogranites of the sub-alkaline series
3. Riebeckite-arfvedsonite-aegirine-rare elements-bearing granites (=agpaitic evolution)
 Typical minerals: biotite, riebeckite, arfvedsonite, aegirine, astrophyllite
 Accumulations of Nb, Ta, Zr, TR, (F, Hf, Th, U, Rb)
 Mineralization of Nb, Ta, Zr, TR, Be)
 Youngest members of the agpaitic evolution series: apogranites of the alkaline series.

Tabela XVII - Classificação dos granitos especializados (Ginsburg, 25).

	Granites I 67 averages, 962 samples				Granites II .16 averages, 226 samples				Granites III 7 averages 2327 samples			
	x	s	d	v	x	s	d	v	x	s	d	v
SiO ₂	73.38	1.39	N	1.89	72.70	1.18	N	1.54	70.84	1.41	N	1.99
TiO ₂	0.18	0.10	NL	50.23	0.24	0.11	N	45.42	0.34	0.08	N	23.83
Al ₂ O ₃	13.97	1.07	N	7.64	14.08	0.53	N	3.78	14.33	0.23	N	1.58
Fe ₂ O ₃	0.80	0.47	NL	50.87	0.48	0.17	N	35.58	1.31	0.29	N	21.86
FeO	1.10	0.47	NL	38.88	1.35	0.47	N	34.74	1.78	0.38	N	21.47
MnO	0.045	0.040	L	94.86	0.048	0.26	NL	52.59	0.064	0.03	N	41.99
MgO	0.47	0.58	L	75.24	0.45	0.36	NL	58.58	0.81	0.23	N	28.35
CaO	0.75	0.41	NL	47.01	1.04	0.34	N	33.24	1.89	0.40	N	21.12
Na ₂ O	3.20	0.61	N	19.09	3.22	0.50	N	15.60	3.44	0.32	N	9.18
K ₂ O	4.69	0.68	N	14.50	4.84	0.45	N	9.35	4.34	0.52	N	12.07
Li ₂ O	0.059	0.060	L	103.30	0.034	0.022	NL	54.53	0.008	—	—	—
F	0.318	0.378	L	85.07	0.111	0.038	N	32.10	0.085	—	—	—

The calculation of the averages was made for three groups:

- I. Granites, single phases or complexes, calculated as tin granites or tin-bearing granites (stannigene granites or specialized granites respectively).
- II. Granites, single phases or complexes, occurring in tin-bearing areas, associated with specialized intrusive complexes on a regional scale, always older than the tin-bearing granites (precursors of specialized granites).
- III. "Normal" granites.

A distinction between granites I and II was made because of a better understanding of the geochemical processes leading to the specialized granites.

Tabela XVIII - Média aritmética (x), desvio padrão(s) e tipo de distribuição de óxidos em granitos especializados (I), seus precursores...

TIPO GEOQUÍMICO	CARACTERIZAÇÃO GENÉTICA	CARACTERIZAÇÃO GEOLOGICA	CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICA
PLAGIOGRANITOS (plagioclásio-granitos)	Diferenciados finais ácidos de magmas gábricos.	Pequenos maciços associados com rochas máficas. Variação: qzo-diorito/trondh-jemito/ eventualmente alaskito. Média: 56% plag, 27% qzo, 12% bt, 5% anf.	Baixos teores de K, Li, Rb, Be, Ta, Pb.
GRANITOS ULTRAMETAMÓRFICOS	Fusão parcial de rochas altamente metamorfizadas.	Desenvolvidos sobre vastas áreas, contactos gradacionais com gnísses e migmatitos encaixantes.	Independente de substrato metamórfico fundido: baixo conteúdo de voláteis, baixo Li, Be, Ta, alto Ba, K > Na.
GRANITOS PALINGÊNICOS normais sub-alcálicos (C-alcálicos)	Refusão total de diversos tipos de rochas metamórficas crustais.	Grandes corpos abissais (MZ - CZ ?) Tipos predominantes: grano-dioritos e biotita-granitos.	Pequena diferença de concentração de elementos traço (2x no máximo) de corpos abissais para hipobissais. Critérios litogeoquímicos são inócuos.
LEUCOGRANITOS PLUMÁSICOS ("Tin-bearing")	Diferenciados ácidos finais de câmaras magmáticas de séries palingênicas normais (calco-alcálicos) ou de alcali-basaltos com alto teor de K e voláteis.	Pequenos corpos (de 3-4 km) de leucogranitos hipobissais de eventos oragênicos eugeos - sincinais, ou últimas fases em zonas de reativação autônoma.	Saturados em fluor e água Fluor, 5x mais que nos granitos palingênicos normais Alto Li, Rb, Be, W, Nb, Ta, e Terras Raras. Ba relativamente baixo. K > Na.
GRANITOS AGPÁITICOS ("Nb-bearing")	Diferenciados ácidos finais de câmaras magmáticas de séries palingênicas sub-alcálicas ou de alcali-basaltos com menor conteúdo de voláteis.	Agpático: cristalizado em presença de um excesso de sódio. Substanciado em água. Máficos alcalinos: aegirina - augita, riebeckita - arfvedsonita, fibrolita; silicatos alcalinos de Ti e Zr	Alto Zr, Hf, Sn, Y, Nb, Ta e Terras Raras. Baixo Ba e Rb Na > K.

Tabela XIX - Caracterização dos diversos tipos geoquímicos de granitos
(Tauson e Kozlov, 20).

Elements	Ultra-metamorphic leucocratic			Plumasitic leucocratic granites	Agpaitic leucocratic granites	Vinogradov, ppm
	Plagiogranites	granites	Palingenic granites			
K	0.5	5.4	3.3	4.0	3.8	3.3
Na	3.2	2.5	2.9	2.8	3.2	2.8
F	0.015	0.014	0.06	0.30	0.1	0.08
Li	2	8	36	97	34	40
Rb	4	140	140	400	130	200
Ba	0.6	0.6	3.5	6.8	4.9	5.5
Sr	190	420	300	100	7.4	300
Ba	180	1600	750	200	45	830
Sn	2.7	2.6	5.3	6.5	7.4	3.0
W	0.7†	0.7†	2.0	4.1	2	1.5
Mo	1.3†	1.4	1.6	1.4	—	1.0
Zn	70	43	45	57	69	60
Pb	4.4	14	25	30	22.5	20
Zr	50	238.8†	200†	260†	1500	200
Hf	1.1	—	—	9.3†	45	1
Nb	1.6	14.7†	20†	22.6†	29	20
Ta	0.6	0.83†	3.5†	4.0†	3.7	3.5
Tr + Y	—	220	210	420†	500	185

*K, Na, and F, †; rest, ppm.

Tabela XX - Teor médio de elementos traços em granitóides de diferentes linhagens geoquímicas (Tauson e Kozlov, 20).

Concentration ratios	Ultra-metamorphic					'Average granite'
	Plagiogranites	granites	Palingenic granites	Plumasitic leucogranites	Agpaitic leucogranites	
K/Na	0.16	2.2	1.1	1.4	1.2	1.2
K/Rb	1250	385	240	100	290	165
Ba/Rb	45	11.5	5.3	0.5	0.34	4.1
(Li x 1000)/K	0.4	0.15	1.1	2.4	0.9	1.2
F/Li	75	16	16	31	29	20

		Average contents, ppm		
		Ba	Rb	Ba:Rb
Czechoslovakia	Gorsky granites (barren)	2200	150	15
	Rudohorsky granites (ore-bearing)	150	580	0.26
Mongolia	Palingenic granites (barren)	640	250	2.5
	Plumasitic leucogranites (ore-bearing)	20	640	0.03

Tabela XXI - Algumas razões de concentração em diferentes tipos geoquímicos de granitóides (Tauson e Kozlov, 20).

Geochemical type	Complex	F, %	Li		Rb		Be		Sn		Zn		Pb	
			\bar{x}	σ^2	\bar{x}	σ^2	\bar{x}	σ^2	\bar{x}	σ^2	\bar{x}	σ^2	\bar{x}	σ^2
Palingenic granites	Shakhtaminsky	0.08	32	71	150	211	3.0	0.28	2.9	0.41	41	150	25	68
	Amudjikano-Sretensky	0.14	66	357	190	2123	4.6	0.59	4.3	—	39	162	31	21
Plumasic leucogranites	Kukulbeisko-Kharalginsky	0.30	97	571	400	3546	6.8	7.78	6.3	6.83	57	629	30	116

District of emanation halo of	Mo		Cu		Pb		Zn	
	\bar{x}	σ^2	\bar{x}	σ^2	\bar{x}	σ^2	\bar{x}	σ^2
Shakhtaminsky structure zone	5.1	23.5	118	4200	60	440	65	180
beyond halo districts of Shakhtaminsky structure zone	1.8	0.9	13	167	18	25	43	36

\bar{x} , arithmetic mean, ppm; σ^2 , variance

District types of ore field	Li		Sn		Pb		Li/Pb
	\bar{x}	σ^2	\bar{x}	σ^2	\bar{x}	σ^2	
Host sandstones (background)	28	0.01	3	0.04	10	0.02	2.8
District with emanation halo occurrence	41	0.09	10	0.15	16	0.25	2.5
District with greisenization development	505	0.46	55	0.23	6	0.10	84
District with hydrothermal vein mineralization development	115	0.25	34	0.23	30	0.52	3.8

\bar{x} , antilog of the geometric mean, ppm; σ^2 , variance of the log-transformed data.

Tabela XXII - Concentrações médias e variâncias de alguns elementos traços em granitos mineralizados e estéreis da Transbaikalia, Russia (Tauson e Kozlov, 20).

Complex age	Complex number	Sn	Be	Mo	Pb	Zn
Proterozoic	5	5.6	4.3	1.8	22	66
Palaeozoic	6	3.9	2.3	1.6	16	57
Mesozoic	6	5.4	4.7	2.0	26	44
'Average granite' (after Vinogradov ¹)		3.0	5.5	1.0	20	60

Granite type	Ore content	Lithium		Tin	
		\bar{x}	σ^2	\bar{x}	σ^2
Palingenic	Barren Mesozoic biotite and leucocratic granites	47	100	4.3	0.7
	Potential ore-bearing Mesozoic biotite and leucocratic granites	64	710	7.4	12.6
Plumasic leucogranites	Potential ore-bearing granites	74	880	9.4	54

\bar{x} , arithmetic mean, ppm; σ^2 , variance.

Tabela XXIII - Concentrações médias e variâncias de alguns elementos traços em granitos palingenéticos da Sibéria e Transbaikalia (Tauson e Kozlov, 20).

	GRANITOS ESPECIALIZADOS X \pm S (ppm)	PRECURSORES DE GRANITOS ESPECIALIZADOS X \pm S (ppm)	GRANITOS NORMAIS var.usual (ppm)
Sn	30 \pm 15	10 \pm 5	1.0 - 8.0
W	7 \pm 3	3 \pm 15	1.0 - 2.7
Mo	4 \pm 2	1.7	1.0 - 2.5
Be	13 \pm 6	7.5 \pm 2	2.6 - 8.0
F	3700 \pm 1500	810 \pm 200	250 - 800
Rb	550 \pm 200	250 \pm 50	130 - 270
K/Rb	< 100		> 100
Li (\bar{X} geral)	400 \pm 200	130 \pm 50	35 - 70
Li	450 \pm 100	(Maciço da Boêmia)	
Li	950 \pm 200	(Maciço Central Francês)	
Li	220 \pm 100	(\bar{X} geral sem os dois maciços)	

Tabela XXIV - Concentração de elementos raros em granitos especializados, "precursores" e "normais" (Tischendorf, 25).

1. The metallogenetically specialized granites or granitoid intrusive complexes are distinguished by

- a) their confinement to the middle to late stages of orogeny;
- b) pronounced sialic magmatism presumably of palinogenetic origin, and
- c) true intrusive character;
- d) by their affiliation to postkinematic polyphase intrusive complexes at a hypabyssal intrusion level;
- e) by their confinement to the apical stage of batholiths and their relatively strongly undulating morphology (stocks, ridges);
- f) by specific contents of the following main elements which deviate from those in normal granites:

SiO ₂	73.38 ± 1.39	MnO	0.045 ± 0.040
TiO ₂	0.16 ± 0.10	MgO	0.47 ± 0.56
Al ₂ O ₃	13.97 ± 1.07	CaO	0.75 ± 0.41
Fe ₂ O ₃	0.80 ± 0.47	Na ₂ O	3.20 ± 0.61
FeO	1.10 ± 0.47	K ₂ O	4.69 ± 0.68

Compared to normal granites, the specialized granites are characterized by higher contents of SiO₂ and K₂O and by lower contents of TiO₂, Fe₂O₃, MgO and CaO. Significant differences between both granite types occur with decreasing certainty in CaO, TiO₂, SiO₂ and MgO;

- g) by an increase of the contents of specific rare elements in comparison to normal granites (regional specialization), Proposed averages for some trace elements are:

fluorine	3700 ± 1500 ppm	beryllium	13 ± 6 ppm
rubidium	580 ± 200 ppm	tungsten	7 ± 3 ppm
lithium	400 ± 200 ppm	molybdenum	3.5 ± 2 ppm
tin	40 ± 20 ppm		

Compared to the granite averages, in the specialized granites further granitophile elements (B, Nb, Ta, Cs, U, Th, RE) are also enriched, whereas granitophobe elements (Ni, Cr, Co, V, Sr, Ba) are impoverished;

- h) by an asymmetrical (lognormal) regional distribution of the rare elements, characterized by a strong increase in the amount of the granitophile elements from the core of the pluton towards outer margin (zonal specialization);
- i) by a strong increase of the granitophile elements from the older to the younger intrusive phases in the specialized intrusive complexes (temporal specialization);
- j) by a relatively high dispersion of the elements which participate in the specialization;
- k) by a certain mineralogical composition, which leads to their classification, according to petrographical criteria, as alaskite granites, leucogranites, aplite granites, two-mica granites (syenogranites and alkali-feldspar granites in the sense of Streck Eisen).

The proposed average mineral composition (in vol-%) is:

quartz	35 ± 3	dark mica	3 ± 1
alkali-feldspar	33 ± 6	light mica	3 ± 1
plagioclase	25 ± 3	accessories	1

As carriers and concentrators of rare elements, all rock forming minerals must be considered especially the accessories. Dark micas for instance plays a particular role as carrier as well as a concentrator;

- l) by a special association of accessories of which cassiterite, topaz, fluorite, tourmaline as well as columbitetantalite and beryl are the most important;
- m) by paragenetic sequence of crystallization for the rock forming minerals which deviates from that in normal granites. This can be observed under the microscope where quartz appears as early crystallization product and dark mica as a late one. This is probably caused by the high contents of volatiles, particularly fluorine, in the melt;
- n) by autometasomatic late-magmatic processes leading to microclinization, muscovitization and albitization. These processes represent the first stage of the formation of apogranites (in the sense of A. A. Beus);
- o) by post-magmatic metasomatism (greisenization) with the formation of rare element deposits.

2. The specialized granites or granitoid intrusive complexes can be distinguished by the sum of their characteristics mentioned above.

It cannot be expected that with only of one characteristic or a few characteristics a granite can be predicted as being ore bearing. The detection of specialized granites, moreover, only states something about the ore-generating capability of the corresponding specialized melt but nothing about the real existence of ore deposits. For the formation of ore deposits further prerequisites (presence of ore-supplying and ore-concentrating structures) must be present.

3. It is possible to distinguish intermediate to acid magmatic rocks (adamellites) occurring in tin-bearing regions as precursors of specialized granites. Like the specialized granites they also may form intrusive complexes. Their geotectonic position and geological setting is the same as the specialized complexes. In some properties (contents of the elements, petrographical composition, association of the accessories) these precursors are entirely similar to normal granites. In other properties (increased contents of granitophile rare elements, like Sn, Li, Rb, Be) they are similar to the specialized granites. They have typically low fluorine content.

4. The use of the existence of specialization in granitoid rocks as the basis for the detections of ore deposits is, according to present knowledge, applicable only where there exists a rather close, direct relationship between ore accumulation and spatially related intrusive complexes. This is obviously valid for Sn, Rb, Be, Nb, Ta. In the case of W and Mo it is probable, but for Cu, Pb and Zn according our present knowledge, improbable.

5. The cause of a geochemical-petrographical specialization is considered to be related to a certain pre-enrichment of the corresponding element in the magma and to specific conditions of its formation. Such specialized granites are intruded at a relatively high level in the earth's crust, and by the abundance of volatiles, especially fluorine. Special

6. Presumably differing geotectonical preconditions control the formation of specialized granitoids (normal, agpaitic, plumasitic). Furthermore, on a planetary scale since regional (continental) and temporal (evolutionary) peculiarities appear, it might be expected, that, in spite of similar development in principle, the specialized granitoids are rather variable. This must be taken into consideration in the evaluation of the ore-generating capability of granitoid rocks.

Oxides, F (in %) Elements (in ppm)	Stannigene granites 50 samples		Precursors of stannigene granites 48 samples		Normal granitoides 64 samples	
	x	s	x	s	x	s
SiO ₂	39.3	0.8	33.9	0.6	35.1	0.8
TiO ₂	1.12	0.1	3.0	0.4	3.2	0.4
Al ₂ O ₃	22.2	0.2	17.8	1.0	15.4	1.5
Fe ₂ O ₃	2.7	0.4	6.5	0.2	4.5	1.3
FeO	15.1	0.8	18.3	0.8	10.7	1.5
MnO	0.36	0.02	0.61	0.15	0.37	0.15
MgO	1.38	0.2	6.9	1.5	9.5	2.0
Li ₂ O	1.80	0.3	0.48	0.1	0.13	0.05
CaO	0.80	0.05	0.92	0.2	0.51	0.3
K ₂ O	9.0	0.5	7.1	0.3	8.0	0.3
Na ₂ O	0.30	0.01	0.23	0.04	0.22	0.04
H ₂ O ⁺	2.0	0.4	4.5	0.8	4.2	0.8
F	4.2	0.6	0.99	0.2	0.62	0.3
P ₂ O ₅	0.09	0.02	0.21	0.05	0.08	0.06
B	21	8	10	3	7	2
Ba	187	10	492	100	1210	500
Be	22	4	18	5	3	2
Co	7	3	32	8	50	20
Cr	12	5	80	15	223	100
Cu	17	2	70	20	27	20
Cs	524	50	110	40	59	20
Ga	95	10	45	8	44	12
Mo	1.1	0.1	1.6	0.3	2.1	0.8
Nb	438	30	270	70	108	50
Ni	5	2	58	10	184	70
Pb	9	2	20	4	15	8
Rb	5743	800	1018	200	583	100
Sc	54	8	78	20	62	30
Sn	349	40	193	20	38	25
Sr	20	5	8	2	8	2
Tl	31	4	15	2	11	2
V	14	8	194	40	318	100
Y	24	8	32	10	18	10
Zr	83	30	227	30	120	40
Zn	414	20	414	80	275	80

Tabela XXVI - Concentração média (x) e desvio padrão (s) em biotitas de granitos estaníferos, granitos precursores e granitos normais (Tischendorf, 26).

