COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

- CPRM -

DEPÓSITOS MINERAIS ASSOCIADOS AOS COMPLEXOS MÁFICO-ULTRAMÁFICOS

- INDICAÇÕES SINTÉTICAS -

Por:

MÁRIO FARINA

1985

UTILIZAÇÃO EXCLUSIVAMENTE NO ÂMBITO DA SUPRAM
25.08.86

APRESENTAÇÃO

Este trabalho representa uma síntese do conhecimento sobre as mineralizações associadas aos complexos máfico-ultramáficos, estando estruturado em duas partes. A primeira composta de um texto com indicações bastante sintéticas sobre conceitos, classificações e conteúdos bibliográficos. A outra, compõe-se de quatro quadros sistemáticos, com classificação e caracterizações dos depósitos minerais, incluindo também dados sobre a produção e recursos mundiais dos diversos bens minerais considerados, representando, pois, elementos de gitologia quantitativa.

O autor agradece as importantes colaborações recebidas da geógrafa Marina Nóbrega e do geólogo Milton Brand Baptista na montagem gráfica dos quadros, da bibliotecária Dalvanise da R. S. Bezerril na normalização da bibliografia e ao geólogo Judson da Cunha e Silva pelas críticas construtivas apresentadas no decorrer da elaboração do trabalho.

SUMÁRIO

1 - CONCEITUAÇÕES PETROGRÁFICAS..... 01

2 - CLASSIFICAÇÕES GEOLÓGICAS..... 07

3 - QUIMISMO..... 10

4 - METAMORFISMO..... 12

5 - DEPÓSITOS MINERAIS ASSOCIADOS..... 13

6 - BIBLIOGRAFIA

6.1 - CITADA..... 22

6.2 - CONSULTADA E NÃO CITADA..... 28

ANEXOS

QUADRO I - COMPLEXOS MÁFICO-ULTRAMÁFICOS E DEPÓSITOS MINERAIS ASSOCIADOS

QUADRO II - MINÉRIOS DOS COMPLEXOS MÁFICO-ULTRAMÁFICOS E SUAS CARACTERIZAÇÕES

QUADRO III- PRINCIPAIS DEPÓSITOS MINERAIS ASSOCIADOS AOS COMPLEXOS MÁFICO-ULTRAMÁFICOS DO BRASIL

QUADRO IV - CLASSIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS COMPLEXOS MÁFICO-ULTRAMÁFICOS E DEPÓSITOS MINERAIS ASSOCIADOS

1 - CONCEITUAÇÕES PETROGRÁFICAS

A classificação química das rochas ígneas, pelo teor em SiO_2, estabelece (Williams, Turner & Gilbert, 1954):

- Rochas Básicas: 45 - 52% de SiO_2
- Rochas Ultrabásicas: menos que 45% de SiO_2
- Rochas Ácidas: 52 - 66% de SiO_2
- Rochas Intermediárias: 45 - 52% de SiO_2

A classificação pelo índice de cor, segundo Streckeisen (1976), distingue:

- Rochas Hololeucocráticas: 0 - 5% de minerais escuros
- Rochas Leucocráticas: 5 - 35% de minerais escuros
- Rochas Mesocráticas: 35 - 65% de minerais escuros
- Rochas Melanocráticas: 65 - 95% de minerais escuros
- Rochas Ultramáficas: 95 - 100% de minerais escuros

Observa-se que a denominação rochas máficas não está presente nestas categorias.

Para Ellis (1948), a classificação, de acordo com a maior ou menor presença de minerais escuros, é a seguinte:

- Rochas Holofélsicas: menos que 10% de minerais escuros
- Rochas Félsicas: 10 - 40% de minerais escuros
- Rochas Mafélsicas: 40 - 70% de minerais escuros
- Rochas Máficas: mais que 70% de minerais escuros

Verifica-se que nesta classificação a denominação de rochas ultramáficas não é utilizada.

Schneider (1960)* recomenda a seguinte distinção:
- Rochas Máficas: 70 - 90% de minerais escuros
- Rochas Ultramáficas: mais de 90% de minerais escuros

As rochas ultramáficas, em sua maioria, são também ultrabásicas e as rochas ultrabásicas, em sua maioria, são também ultramáficas, mas há exceções.

No caso das rochas básicas e máficas as correlações entre ambas são também bastante frequentes; menos, no entanto, que para ultrabásicas e ultramáficas.

Segundo Wyllie (1967), as sugestões do Geological Survey aos autores são para a utilização dos termos máfica e ultramáfica, existindo uma tendência do uso destes termos com o seu sentido químico e em seu sentido mineralógico.

---

*Schneider, A. W. - Classificação das rochas ígneas - Escola de Geologia de Porto Alegre - Inédito - 1960

Isto é o que propõe Hyndman (1972) ao apresentar, o quadro a seguir reproduzido:

% SiO_2	DESIGNAÇÃO ANTIGA	DESIGNAÇÃO PREFERIDA
Mais que 66	Ácida	Félsica
52 - 66	Intermediária	Intermediária
45 - 52	Básica	Máfica
Menos que 45	Ultrabásica	Ultramáfica

Às rochas ígneas são agrupadas de acordo com sua alcalinidade, em função dos teores em CaO relativamente a SiO_2 e SiO_2 comparativamente com Na_2O + K_2O. Como os teores em CaO comumente decrescem e os teores em Na_2O + K_2O elevam-se proporcionalmente aos teores em SiO_2, os índices de alcalinidade referem-se aos teores em SiO_2. Peacock (1931; In: Carmichael et alii, 1974 e Hyndman, 1972) estabelecem os seguintes índices e tipos de rochas respectivos:

% SiO_2	TIPO DE ROCHA
Mais que 61	Cálcica
56 - 61	Calco-alcalina
51 - 56	Alcali-cálcica
Menos que 51	Alcalina

Outros parâmetros químicos podem ser usados para agrupamento pela alcalinidade, sejam óxidos, sejam minerais normativos.

Os tipos de magmas de distribuição mundial referidos por Carmichael et alii (1974) são:

- Magma tipo toleítico: caracterizado em parte por pigeonita (enstatita augita), augita, resíduo silicoso que frequentemente é vítreo,

e raramente olivina.

- Magma tipo olivina-basáltico: caracterizado pela alivina, somente um piroxênio (augita, tipicamente titanífera) e por um resíduo intersticial de feldspato alcalino, nefelina ou zeolitos.

Estes magmas, ditos parentais, primitivos ou primários, geram as séries magmáticas e seus tipos de rochas.

Kuno (1968) distingue três tipos de magmas basálticos parentais:

- Magma tipo toleíto - caracterizado pela existência de reação entre olivina magnesiana e piroxênios pobres em cálcio, principalmente ortopiroxênio e pigeonita. Por isso a olivina magnesiana está usualmente ausente da matriz de rochas vulcânicas, quando presente está circundada por bordos de reação de pigeonita. Geralmente contém minerais de sílica na matriz ou vidro silícico.

- Magma tipo basalto de alto teor em alumina - mineralogicamente representa um tipo transicional entre os outros dois tipos. Minerais de sílica e reação entre olivita e piroxênio pobre em cálcio, podem estar presentes ou não. A caracterização é feita pelo teor em Al_2O_3 nas rochas afiricas (= afaníticas) e pelo conteúdo de $Na_2O + K_2O$ que está entre aqueles dos outros dois tipos de magma basalto, para um determinado teor em sílica.

- Magma tipo olivina basalto alcalino - caracterizado pela ausência de reação entre olivina e piroxênio. A olivina está invarialvelmente presente na matriz. O piroxênio é usualmente clinopiroxênio rico em cálcio, embora piroxênios pobres em cálcio sejam às vezes encontrados. Feldspato alcalino e/ou zeolita, às vezes acompanhados por feldspatóide, toman o lugar dos minerais de sílica da matriz do toleito.

Os critérios mineralógicos não são suficientes para distinguir-se os três tipos. Usa-se então critérios químicos com diagramas que relacionam os teores na $Na_2O + K_2O$ para diferentes intervalos de teores de SiO_2.

Tais diagramas constam no artigo de Kuno (1968).

A expressão "Série de rochas ígneas" é usada para designar uma "suite" de rochas ígneas de várias composições derivadas de um único magma parental por cristalização fracionada.

Partindo-se dos três tipos de magmas parentais, três séries de rochas ígneas são produzidas:

- Série toleito
- Série basalto de alto teor em alumina
- Série olivina basalto alcalino

É distinguida uma quarta série, denominada de "série rocha calco-alcalina" que pode-se formar a partir de qualquer um dos três tipos de magmas parentais. A condição necessária para a formação desta série é o enriquecimento em água no magma que resulta da elevação da pressão parcial de oxigênio no magma. Este enriquecimento pode ocorrer de alguma maneira em conexão com a assimilação de rochas graníticas, ou pode ocorrer independentemente.

As variações químicas destas séries são tratadas em diversos diagramas como o diagrama triangular MFA (MgO, $FeO+FeO_3$ e Na_2O+K_2O) o dia

grama ortodoxo de variação de sílica (SiO_2 e $Na_2O + K_2O$) e o diagrama com o índice de solidificação ($SI = MgO \times 100 / MgO + FeO + Fe_2O_3 + Na_2O + K_2O$) - Veja-se Kuno (op. cit.).

A partir de 1969, com a descoberta e caracterização dos Komatiitos por Viljoen & Viljoen (1969) passaram a surgir problemas de como enquadrar estas rochas nas séries clássicas. Arndt et alii (1977) apresentam uma excelente sistematização para caracterizar uma nova série, a série Komatiítica e distingui-la das demais.

Quando as análises químicas dos Komatiitos são plotados nos diagramas que são comumente usados para discriminação dos vários tipos de magmas, eles caem nos campos referentes a magma toleíticos (exceto amostras alteradas com enriquecimento em alcalis). Tais diagramas mostrados por Arndt (op.cit.), na fig. 22 da página 357, referem-se aos teores em Na_2O, K_2O, Al_2O_3, SiO_2, FeO e MgO. O problema consiste pois em discriminar a série toleítica da Komatiítica. A tabela 8 dos mesmos autores, sita à página 361 é bastante esclarecedora, mas alguns diagramas de interrelacionamento químico esclarecem ainda melhor a questão. A seguir constam os números das figuras com as respectivas páginas e substâncias químicas envolvidas, ~~de acordo~~ com os mesmos autores.

- Fig. 23/pag. 358 : $Al_2O_3 \times FeO^*/FeO^* + MgO$
- Fig. 25/pag. 359 : $SiO_2 \times TiO_2$
- Fig. 27/pag. 360 : $MgO \times CaO/Al_2O_3$

A série contém lavas com textura spinifex e tem distribuição temporal com abundância somente nas partes inferiores dos ciclos vulcano-sedimentares do Precambriano (Arndt et alii, op.cit.).

Uma excelente descrição sobre o conceito e o significado dos Komatiitos é apresentada por Brooks & Hart (1974). No conceito original de Viljoen & Viljoen estas rochas são caracterizadas por um alto teor em MgO (+ que 9%), alta relação CaO/Al_2O_3 (+ que 1) e conteúdo em álcalis muito baixo (- que 0,9 de K_2O). São divididos em Komatiitos peridotíticos (PK) e Komatiitos basálticos (BK). Podem ocorrer sob forma de lavas almofadadas e frequentemente exibem textura spinifex. Outra forma de ocorrência é representada por sills próximos a superfície. São frequentes em rochas arqueanas, notadamente nos greenstone belts, e não são comuns em rochas jovens.

Naldret & Cabri (1976) apresentam a distinção entre os Komatiitos e as rochas toleíticas picríticas pelos teores de $Al_2O_3 \times FeO^*/FeO + MgO$.

Os diagramas constam na fig. 1 na página 633.

O artigo mais atualizado que dispusemos sobre o conceito a Komatiito refere-se a Conferência de Penrose (Arndt & Brooks, 1980). Pelo conceito lá acordado, Komatiito é simplesmente uma rocha vulcânica ultramáfica ou mais especificamente, uma rocha vulcânica com um teor mínimo de 18% de MgO, permanecendo a polêmica sobre a existência ou não de uma série magmática Komatiítica. Para cada um dos dois casos os autores, na fig. 1 da página 155, apresentam a esquematização das séries e rochas sob formas de quadros.

A classificação petrográfica das rochas máficas e ultramáficas plutônicas pode ser encontrada de uma maneira relativamente simples em Streckeisen (1976), sendo distinguidos três grandes grupos principais, a seguir sinteticamente enunciados.

- Rochas ultramáficas que contém hornblenda-dunito, piroxênio peridotito, piroxênio-hornblenda peridotito, hornblenda peridotito, olivina piroxenito, olivina-hornblenda piroxenito, olivina-piroxênio hornblendito, olivina hornblendito, piroxenito, hornblenda piroxenito, piroxênio hornblendito e hornblendito.

- Rochas gabróicas compostas de plagioclásio, piroxênio e olivina: anortosito, gabro, norito, troctolito, gabronorito, diorito.

No tocante aos tipos vulcânicos, as rochas mais comuns são os basaltos, diabásios, audesitos, espelitos, limburgitas, rochas picríticas e komatiitos.

Para classificações detalhadas recomenda-se a utilização da sistemática de Johaunsen (1939) e Arndt & Brooks (1980).

A seguir são conceituados alguns termos de uso corrente.

- Alpina - intrusão tipo alpino - termo em desuso. Trata-se de porções de complexo ofiolítico.
- Ofiolitos - associação característica de rochas máficas e ultramáficas. As rochas ocorrem na seguinte sequência, da base para o topo:
  . Complexo ultramáfico - harzburgito, lherzolito e dunito, usualmente com textura metamórfica tectônica; mais ou menos sepentinizados.
  . Complexo gábrico - geralmente com textura tipo cumulus; menos deformada que o complexo anterior - Há, às vezes, rochas acamadadas e ocorrência de anortositos.
  . Complexo de diques máficos.
  . Complexo vulcânico máfico, comumente almofadado.

  As rochas associadas incluem uma cobertura sedimentar (cherts fitados, folhelhos finos e poucos calcários) e rochas félsicas sódicas intrusivas e extrusivas.
  Tem natureza geralmente alóctona, representando fragmentos de crostas oceânica e manto superior.
  O emplaçamento tectônico dos ofiolitos é denominado de abducção, daí a expressão ofiolitos obductos.
- Cumulado (cumulate) - rocha ígnea formada por acumulação de cristais pela ação de gravidade, sinônimo de "sedimento magmático". Tais cristais são denominados de cúmulos.
- Spinifex - textura em cristais esqueletais, geralmente de olivina, com distribuição randômica ou em placas formadas por feixes.
- Espelito - Basalto sódico no qual a albita ou o oligoclasio é o principal feldspato, contendo também clorita, epidoto, calcita e às vezes, fenocristais de augita inalterada. É caracterizado pela aparência bastante alterada.
- Picrito - termo usado primeiramente por Tschirmak para uma rocha de composição de olivina teschenito. Posteriormente usado por Rosembush para um diabásio rico em olivina. A forma adjetiva picrítico é atualmente usada para conotar uma rocha rica em olivina. O basalto picrítico, geralmente contém 50% ou mais de olivina.
- Teschenito - Analcita diabásio.
- Troctolito - Variedade de gabro consistindo essencialmente de labroclorita e olivina com eventual e pouco piroxênio.
- Norito - Hiperstênio gabro.
- Trondjhemito - Rocha plutônica, constituida essencialmente de plagioclásio sódico, abundante quartzo e quantidades menores de biotita, hornblenda e/ou augita. Variedade de quartzo diorito rica em quartzo.
- Shoshonito - Variedade de basalto alcalino, constituido de iguais quantidades de labradorita e sanidiva com menores quantidades de olivina e augita;

a leucita às vezes está presente em pequenas quantidades.
- Keratófiro - Traquito sódico, contendo albita/oligoclásio ou anortoclásio numa matriz criptocristalina. Os piroxênios quando presentes estão geralmente alterados para clorita ou epidoto. Quando contém quartzo como acessório denomina-se quartzo-keratófiro.
- Complexo máfico-ultramáfico - Este termo é utilizado, neste trabalho, em seu sentido mais amplo, ou seja, de qualquer associação de rochas máfico-ultramáficas.

2 - CLASSIFICAÇÕES GEOLÓGICAS

Dentre as mais importantes classificações geológicas das rochas máficas e ultramáficas destacam-se as seguintes:

a) Wyllie (1967)

(01) Associação gabro-norito-peridotito acamadados em grandes intrusões.
(02) Rochas ultramáficas em sills básicos diferenciados em intrusões menores.
(03) Associação dunito-peridotito zoneada concentricamente.
(04) Associação peridotito-serpentinito tipo alpino.
(05) Associados menores de complexos batolíticos.
(06) Rochas ultrabásicas alcalinas em complexos.
(07) Kimberlitos.
(08) Lavas ultrabásicas.
(09) Nódulos ultrabásicos.
(10) Rochas ultrabásicas e ultramáficas, metamórficas e metassomáticas.

b) Thayer (1971)

(01) Rochas autigênicas.
(02) Rochas poligênicas.
(03) Rochas alogênicas.

c) Jackson & Thayer (1972) - Para os complexos peridotito-gabro.

(01) Complexos estratiformes.
(02) Complexos concêntricos.
(03) Complexos alpinos.

d) Naldrett & Cabri (1976) - Com especial interesse para os metais do grupo da platina.

(01) Corpos posicionados em áreas orogênicas ativas.
Corpos contemporâneos com o vulcanismo eugeosinclinal:
- Suite toleítica
  . Sub-tipo picrítico
  . Sub-tipo anortosítico
- Suite komatiítica

Corpos tipo alpino:
- Grandes lençóis obductos.
- Complexos ofiolíticos deformados e blocos clásticos em terrenos de melange.
- Possíveis diápiros.

Complexos tipo alaskano.

(02) Corpos posicionados em áreas não orogênicas:
- Grandes complexos acamadados estratiformes.
- Sills e lençóes equivalentes a derrames de basaltos de platô.
- Intrusões médias e pequenas.
- Rochas alcalinas ultramáficas em complexos anelares e chaminés de kimberlitos.

e) Ross & Travis (1981) - Com especial interesse para depósitos de níquel sulfetado.

(01) Classe dunito-peridotito, incluindo a associação dunítica intrusiva (IDA) e a associação peridotítica vulcânica (VPA).
(02) Classe gabróide, incluindo complexos intrusivos máficos-ultramáficos (G1).
(03) Grandes intrusões acamadadas (G2).
(04) Suldbury irruptivo (G3).

f) Smirnov (1977) - Interessando especificamente aos depósitos de cromita.

(01) - Associação peridotítica
- Sub-associação dunito-troctolito-harzburgítica
- Sub-associação dunito-harzburgítica
- Sub-associação dunito-lerzolito-harzburgítica
- Sub-associação harzburgítica propriamente dita

(02) - Associação gabro-norito-harzburgítica

g) Naldrett (1981)

(01) - Corpos sinvulcânicos contemporâneos com o vulcanismo intercratônico.
- Suite komatiítica:
. Lavas
. Sills acamadados
. Lentes dunito-peridotíticas
. Tipo incerto retrabalhado
- Suite toleítica:
. Intrusões acamadadas picríticas sinvulcânicas
. Corpos anortosíticos
- Filiação incerta ou não documentada:
. Intrusões estratiformes
. Tipo retrabalhado tectonicamente

(02) - Intrusões em áreas cratônicas:
- Intrusões relacionadas com derrames de basaltos
- Grandes complexos acamadados sem relação documentada com derrames de basalto

Lençóis:
. Com acamadamento repetitivo
. Sem acamadamento repetitivo.

Diques:
. Outras intrusões médias e pequenas.
. Rochas ultramáficas alcalinas.

(03) Corpos posicionados durante a orogênese:
- Intrusões sinorogênicas
- Corpos posicionados tectonicamente:
. Complexos ofiolíticos
. Possíveis diápiros do manto.
- Complexos tipo alaskano.

h) Routhier (1980)

(01) Em zonas orogênicas ativas:
- Posicionamento pré-tectônico:
Suite komatiítica (ou toleítica picrítica)

. Lavas ultramáficas
. Sills diferenciados e acamadados
. Diques duníticos
- Posicionamento sintectônico:
. Complexos ofiolíticos completos
. Complexos ofiolíticos incompletos
- Posicionamento tardi-tectônico:
- Chaminés, plugs, diferenciação centrífuga concêntrica

(02) Em zonas anorogênicas, cratonizadas, com falhas profundas:
- Suite basáltica de alto teor em alumina, evolução calco-alcalina:
. Grandes complexos estratificados
. Sills diferenciados com gabros picríticos intrudidos a pós basaltos de platô.
- Suite alcalina:
. Complexos anelares máficos alcalinos
. Chaminés kimberlíticas.

A classificação que se afigura mais adequada consta no Quadro I e representa uma conjugação daquelas de Routhier (op. cit.) e Naldrett (1981) com algumas simplificações e adaptações.

3 - QUIMISMO

3.1 - Elementos Maiores

As caracterizações petroquímicas das diversas séries magmáticas constam no item 1 deste apanhado (Conceituação petrográfica). Em termos de análises dos 13 óxidos para os diversos tipos geológicos constantes no Quadro I, alguns padrões comparativos são fornecidos pela bibliografia,os quais estão no Quadro V, com ênfase a corpos mineralizados.

3.2 - Elementos traços, incluindo Terras Raras

Médias gerais para rochas máficas e ultramáficas - A compilação realizada por Orcar Fuller (CPRM, 1977)* afigura-se como a mais completa e relativamente bem atualizada.

---

* Distribuição dos elementos na crosta terrestre - CPRM - SUREMI/DEPEM/DIPROE - Inédito - 1977.

QUADRO V

INDICAÇÕES DE ANÁLISES QUÍMICAS - ELEMENTOS MAIORES

TIPO GEOLÓGICO CONSOANTE O QUADRO I	PROCEDÊNCIA OU NATUREZA DAS AMOSTRAS ANALISADAS	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA
2.2.	Bushveld, Stillwater, Sudbury	Naldrett & Cabri (1976), pag.1134.
1.	Pecherga Carr Boyd	Naldrett & Cabri (1976), pag.1134. Purvis et alii(1972) pag. 1098 - 1099
1.1.1.	Komatiitos de diversos locais.	Naldrett & Cabri (1976), pag. 1134.
2.1.1.1.	Norilsk	Naldrett & Cabri (1976), pag. 1134.
1.2.2.1.	Complexos ultramáficos dos ofiolitos. Complexos gabróicos cumulados dos ofiolitos. Enxames de diques dos ofiolitos. Rochas extrusivas dos ofiolitos.	Coleman (1977), pag. 32-34 Idem, pag. 42-43 Idem, pag. 56-57 Idem, pag. 66-67
2.1.1.3.	Kimberlitos da URSS Kimberlitos dos USA	Wyllie(1967),pag.252 Idem, pag. 267
1.1.2.	Anortositos do Canadá (Morin Lake, St.John, etc.), USA(Adirondacks)	Papezic (1965), pag. 682-688

4 - METAMORFISMO

O metamorfismo das rochas máficas e ultramáficas é tratado detalhadamente por Coleman (1977), no tocante aos ofiolitos. Evidentemente tais conceitos são aplicáveis, em grande parte, a outros tipos geológicos com características petrográficas análogas.

É interessante observar que os tipos geológicos do item "2" do Quadro I são desprovidos de metamorfismo regional, havendo porém, mormente no tipo 2.2, fenômenos de metamorfismo interno ou autometamorfismo com predomínio da serpentinização.

Coleman (op.cit.) trata do tema em amplo capítulo com o seguinte esquema:

a) Metamorfismo interno, incluindo os eventos metamórficos que modificam somente assembléias minerais dos ofiolitos.

a.1 - Serpentinização:
- . No domínio oceânico - particularmente ao longo de falhas
- . Durante o transporte tectônico para as margens continentais
- . Como parte do metamorfismo regional

a.2 - Rodingitos - Formação de rochas metassomáticas máficas denominadas rodingitos, skarns ou ofiosferitos. Diversos tipos de rochas são envolvidas no metassomatismo: grauvacas, gabros, basaltos, granitos e folhelhos. Os minerais característicos dos rodingitos são granadas, vesuvianita, diopsídio, wollastonita, clorita, esfeno, tremolita-actinolita, etc.

a.3 - Metamorfismo hidrotermal - De cima para baixo, desenvolvem-se os facies: zeolítico, xistos-verdes anfibolítico e gabro não metamórfico. A espilitização é aqui incluida.

b) Metamorfismo externo, incluindo os eventos metamórficos que afetam também as rochas encaixantes associados.

b.1 - Auréolas metamórficas - Auréolas de anfibolitos de alto grau.

b.2 - Metamorfismo nas margens continentais - Quase toda crosta oceânica gerada nas dorsais de expansão é carreada eventualmente a uma margem de consumo de placa, onde é distruida sob a margem continental e finalmente afundada na astenosfera. Entretanto, nesta margem de consumo, acidentes tectônicos transferem fragmentos da litosfera oceânica (ofiolitos) para dentro ou para cima das margens continentais. É possível conhecer-se os vários regimes a P-T que são assim impostos aos ofiolitos, com um metamorfismo progressivo, passando por diversos facies metamórficos.

Os diversos aspectos do metamorfismo são ilustrados por Coleman por tabelas e figuras, valendo indicar-se, para consultas, as seguintes:

- Tabela 12, na página 97.
- Figura 39, " " 100.
- Figura 44, " " 112.
- Figura 45, " " 118.
- Figura 46, " " 119.

5 - DEPÓSITOS MINERAIS ASSOCIADOS

Classificação genética geral:

a) Depósitos primários - a grande maioria (ou magmatogênicos)
b) Supergênicos - formados pela ação do intemperismo - especialmente níquel e cobalto
c) Placers - platina, cromita, ilmenita
d) Nódulos - cobalto, níquel, cobre.

Classificação quanto a exclusividade dos depósitos primários em relação às rochas máficas e ultramáficas:

a) Privativos ou restritos:

- Níquel
- Cromo
- MGP
- Fe/Ti
- Diamante
- Vermiculita
- Jade
- Esmeralda

b) Irrestritos ou não privativos:

- Cobre
- Cobalto
- Talco
- Corindon
- Asbesto
- Ouro
- Esmeralda
- Terras Raras
- Urânio
- Fosfato

NÍQUEL

Tipos de jazidas

1) - Ni/Cu sulfetados - principalmente pirrotita Fe_7S_8 em associação com pentlandita $(Ni,Fe)_9S_8$ e calcopirita (Cu, Fe) S.
   . É o principal tipo explotado.
   . A pirrotita pode conter até 5% de níquel.

2) Ni silicatado - garnierita, talco, antigorita, silicato de Mg niquelífero hidratado (=garnierita).

3) Ni em lateritas e serpentina - níquel na goethita, limonita e serpentina.

4) Ni ou nódulos polimetálicos - tipo apenas potencial.

Principais jazidas internacionais (Sulfetadas)

A relação completa (inclusive URSS) consta em Ross & Travis (1981) com indicações do nome do depósito ou distrito, reserva, produção, teores, tipo geológico e referência bibliográfica.

Tipo 1.1.1.

- Austrália:
  Kambalda
  Perseverance
  Six-Mile
  Mt. Keith
  Carr Boyd
- Canadá:
  Langmuir } no Abitibi
  Marbridge }
  Manitoba, Thompson
  Ungava (Proterozóico)
- Rodésia:
  Shangani
  Damba, Epoch
- URSS - Pechenga; na Península de Kola

Tipo 2.1.1.1.

- URSS - Norilsk
- USA - Duluth
- África do Sul - Insizna
- Antártida - Dufet

Tipo 2.2.

- Canadá, Sudbury (único exemplo com explotação)

Condicionamentos geológicos

Ross & Travis (op. cit.) fazem indicações quantitativas para o ambiente geológico e a compartimentação geocronológica. Elementos importantes também são encontrados em Routhier (op. cit.) e Naldrett (1981).

O Quadro I mostra esquematicamente os grandes condicionamentos geológicos.

Para o caso do arqueano, Graves & Hudson (1981) fornecem detalhes bastante valiosos.

CROMO

Cromita é o nome dado ao minério de cromo que contém espinélio cromífero e silicatos.

Os espinélios cromíferos, segundo Smirnov (1977), são:

- Magnocromita (Mg, Fe Cr_2O_4
- Alumocromita (Mg,Fe) $(Cr,Al)_2O_4$
- Subferricromita (Mg,Fe) $(Cr,Fe)_2O_4$
- Subferrialumocromita (Mg,Fe) $(Cr,Fe,Al)_2O_4$

A classificação genética russa distingue os seguintes tipos:

1) Protomagmático (ou magmático precoce) - formado por diferenciação gravitacional - exemplo: Bushveld.

2) Histeromagmático (ou tardi magmático) - a partir de fundidos (melts) residuais minério/silicatos.

a) Automagmático (singenético com as rochas encaixantes).
b) Heteromagmáticos - injetados e desenvolvidos durante a intrusão de fundidos residuais a partir das partes inferiores do corpo intrusivo.

3) Hidrotermal - a partir de soluções hidrotermais, formando veios e "ninhos" - como em alguns depósitos da Índia.

4) Depósitos de intemperismo - eluviais, placers, etc. - Há pouca importância.

Em termos de aproveitamento industrial a cromita é assim qualificada (Mineral Facts & Problems, 1980):

TIPO	Cr_2O_3	Cr/Fe	$Cr_2O_3 + Al_2O_3$	Al_2O_3
Metalúrgico	Mínimo 46%	Mínimo 2:1	-	-
Químico	Mínimo 40-46%	Mínimo 1,5:1 a 2:1	-	-
Refratário	-	-	Mínimo 60%	Mínimo 20%

Litologias mineralizadas

- No Bushveld - os maiores depósitos estão na zona crítica.
  . Cromita disseminada em rochas ultramáficas
  . Cromita em lentes em rochas ultramáficas
  . Cromita em bandas, lentes, "seams", acompanhando a estratificação do norito em associação com bronzitito.
- No Great Dyke - Em piroxenitos e peridotitos acamadados.
- Na Turquia - Em depósitos podiformes de ofiolitos com peridotitos, dunitos e peridotitos.
- Nas Filipinas - Há cromita maciça e disseminada.
  Em complexo gabro-peridotito.
  Tipo alpino segundo Thayer.
  Denominação dos principais depósitos:
  . Luxon
  . Mindanao
  . Palawan
  . Massinloc
  . Acoje
- Na URSS - Principalmente peridotitos serpentinizados.

- Em Cuba - 1) Em peridotitos serpentinizados.
  2) Em lateritos com Fe/Ni/Co.

Tipos morfológicos de cromita

1) Cromita estratiforme - a cromita forma camadas extensas, com espessuras superiores a 1,5m, paralelas a outras bandas de cromita e ao acamadamento ígneo. Cada banda de cromita ocupa uma posição estratigráfica. As camadas não são deformadas e são compostas principalmente de pequenos cristais euédricos de cromita. É típica de complexos tipo Bushveld e Stillwater.

2) Cromita podiforme - forma depósitos irregulares e com extrusão lateral limitada. A cromita pode exibir textura orbicular ou nodular. Frequentemente a cromita mostra texturas de deformação tais como "pull-apart" e fortes lineações. Os grãos são geralmente xenomórficos e em tamanhos variáveis. Este tipo de depósito de cromita é característico dos ofiolitos (complexos metamórficos tipo alpino) tais como os de Cuba, Filipinas e Turquia. As formas irregulares são tabulares, cilíndricas, alongadas e em forma de vagem (vagiforme, podiforme propriamente dita).

Os depósitos de cromita podiforme podem ser concordantes, subconcordantes e discordantes.

Nicolas et alii (1981) apresentam dados bastante relevantes sobre a classificação estrutural dos depósitos de cromita podiforme, indicando também diversos guias para a exploração em diferentes escalas com base em critérios litológicos e estruturais.

A cromita de Troodos (Chipre) foi alvo de excelente estudo, em artigo muito bem ilustrado, de autoria de Greenbaun (1977).

Descrições dos depósitos de cromita estratiforme constam em Stanton (1972), Lamey (1966) e Routhier (op.cit.).

É interessante registrar que a América do Norte não possui minas de cromo com produção (dados do Mineral Facts & Problems para 1978/1985).

As importantes jazidas da URSS encontram-se descritas por Smirnov (1977).

Os depóstiso de cromita do Bushveld são enfocados por Cameron & Desborough (1969), os do Stillwater por Jacson (1969) e por Sampson (1969) e os do Great Dyke por Bichan (1969).

ASBESTO

Asbesto é a denominação dada a uma série de minerais fibrosos, com fibras geralmente fortes, flexíveis e resistentes ao calor, com interesse industrial.

Quanto a morfologia da distribuição das fibras nos depósitos pode ser:

- Cross-fiber
- Slip-fiber
- Mass-fiber

Tipos mineralógicos

- Serpentínico - crisotila $Mg_6Si_4S_{10}(OH)_8$
  (95% da produção mundial)
- Anfibolitos - Amosita (Grunerita - Commingtonita)
  $(MgFe^{++})_7Si_8O_{22}(OH)_2$

- Crocidolita $Na_2Fe^{++}{}_3Fe_2^{+++}Si_8O_{22}(OH,F)_2$
  "cafe blue"
- Tremolita $Ca_2\ (Mg\ Fe^{++})_5Si_8O_{22}(OH,F)_2$
- Antofilita $(Mg,Fe^{++})_7Si_8O_{22}(OH,F)_2$

Asbesto nos ofiolitos

- Forma-se durante a serpentinização dos peridotitos.
- A formação parece estar ligada a fraturamento/falhamento e posterior intrusão de diques leucocráticos com circulação de fluidos hidrotermais.
- A formação, no entanto, tem diversas origens, mas sempre relacionada com a serpentinização.
- Algumas áreas mundialmente importantes:
  . Cinturão apalachiano - Em Quebec, são "sheets" posicionados no Ordoviciano.
  . Coalinga - California, diapirismo do Mioceno ao Recente.
- 50% da produção mundial provém dos ofiolitos.

Outras informações gerais:

- A produção de amosita e crocidolita provém quase inteiramente da África do Sul.
- A grande maioria da crisotila ocorre em rochas ultrabásicas serpentinizadas, especialmente peridotitos; alguns poucos depósitos ocorrem em calcários serpentinizados.
- Amosita e crocidolita geralmente ocorrem em metasedimentos ferruginosos e silicosos.

FERRO/TITÂNIO

Minerais de Titânio

- Com interesse comercial:
  . Ilmenita - $TiO_2\ FeO$
  . Rutilo - TiO_2
  . Leucoxênio - produto da alteração da ilmenita com parte do ferro sendo lixiviado, não tem composição específica e é impuro.
- Com viabilidade econômica em investigações:
  . Anatásio TiO_2
  . Perowskita - $CaTiO_3$
- Sem interesse comercial (não pode ser usado como fonte de titânio):
  . Esfeno $CaTiSiO_5$

Tipos magmatogênicos de minerais de Fe/Ti, segundo Smirnov (op. cit.):

	Teor em TiO_2 em minério
I - M e I - TM em gabros.	12 - 18%
I - M em gabros e anortositos.	07 - 23%
I - H em anortositos.	Média: 32%
Loparita em lujavritos, foaitos e urtitos.	38 - 41%
Anatásio em complexos alcalinos.*	———

I = Ilmenita
M = Magnetita
H = Hematita
TM = Titanomagnetita
(*) Não citado por Smirnov, é o tipo de Minas Gerais

Os plãceres podem ser:

a) Marinhos litorâneos c/ilmenita, rutilo, zirconita
b) Aluviais
c) Eluviais - Aluviais

Formas dos corpos magmatogênicos:

- Camadas
- Veios
- Lentes

- Exemplos na URSS: Urais (Kussing) e Karelia.

- Exemplos fora da URSS:

. Bushveld*
. Adirondak (USA)*
. Tahawus (USA)
. Allaid Lake (Canadã)*
. Tellmes (Noruega)
. Otanmaki (Finlândia)
. Salitre e Tapira (MG/Brasil)
. Colorado/USA (Perowskita)
. Duluth (USA)*
. Bengal (México)*
. Stillwater (USA)*
. Egersund (Noruega)*
(*) Associados com anortositos.

As rochas alcalinas ultrabásicas do Complexo de Afrikanda, na Península de Kola, na URSS, contém gnaisses. Um anel incompleto de piroxenitos e melteigitos contém veios de titanomagnetita e perowkita com cério. Na parte central, massas grabulares xenolíticas de dunito, bandeado e melitito/dunito.

Rochas ultrabásicas análogas são as de Jacupiranga (São Paulo).

VERMICULITA

Os piroxênios, anfibólios e olivina das rochas ultramáficas sofrem alteração por soluções oriundas de granitos, carbonaticos e pegmatitos, formando biotita, flogopita, serpentina e clorita. A alteração supergênica posterior, com circulação de água subterrânea, remove os álcalis, redistribue o magnésio e adiciona água dando origem a vermiculita.

A semelhança das estruturas cristalinas da biotita e da vermiculita permite interacamadamentos numa série que vai desde pura biotita a pura vermiculita. Variedades com 10 a 15% de vermiculita são denominadas a hidrobiotita.

O maior depósito de vermiculita do mundo é Libby Mont (USA). É um plutão piroxenítico zoneado com um núcleo de biotita. Tem idade cretácica. Palabora tem características petrológicas similares.

O outro tipo de depósito refere-se a rochas ultramáficas metamórficas acamadadas, tendo como exemplos Enoree na Carolina do Sul e muitas ocorrências no Colorado e em Wyoming.

Um terceiro tipo diz respeito a rochas intrusivas ultramáficas não zoneadas como em Blue Ridge Mountains.

DIAMANTES

Os diamantes primários ocorrem nos kimberlitos.
Kimberlito pode ser definido como um mica-peridotito serpentinizado e carbonatizado de textura porfirítica, contendo nódulos de rochas ultrabásicas. Alguns minerais são bastante característicos como piropo, diopsídio cromífero e ilmenita magnesiana. Ocorre em diatremas, diques, veios e sills.

Os kimberlitos são típicos de ambientes geotectônicos estáveis.

Quanto as idades, existem kimberlitos precambrianos, mesozóicos e cenozóicos.

Descrições detalhadas sobre os kimberlitos de todo o mundo são encontrados em Wyllie (op. cit.)

JADE

Compreende:
- Jadeita - $NaAlSi_2O_6$ - Piroxênio.
- Nefrita - (combinação de 02 anfibólios).
  - $Ca_2\ (Mg,Fe)_5\ (Si_8O_{22})\ (OH)_2$ - Actinolita
  - $Ca_2\ (Mg_5\ (Si_8O_{22})\ (OH)_2$ - Tremolita

A Jadeita é um mineral metamórfico raro encontrado em algumas massas de serpentinitos, mas nunca no Precambriano. Sua formação requer altas pressões e baixas temperaturas.

Um tratamento conceitual sintético sobre jade é encontrado na McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Tecnology (1978).

Coleman (1961) apresenta um estudo bastante detalhado sobre os depósitos de jadeita da California, onde a formação no âmbito de serpentinitas está na dependência de inclusos de albita-crossita xistos com composição similar a lavas kerotófiras.

COBRE (sem níquel importante)

a) Tipo 1.2.2.1. - É o tipo mais divulgado internacionalmente, refere-se a sulfetos maciços do tipo Chipre, isto é, em ofiolitos. A bibliografia é abundante sobre este tema, valendo destacar Coleman (1977). Um pequeno depósito da Guatemala é observado por Peterson & Zantop (1980).

b) Tipo Palabora - Tipo 1.3.1. - descrito por Palabora Mining Company (1976) - Cobre em carbonatitos associados a piroxenitos e serpentinitos.

c) Tipo Lago Superior - Tipo 2.1.2. - descrito por Routhier (1963).

d) Tipo Intrusões máfica-ultramáficas e especialmente anortositos-Tipo 1.1.2. - como a jazida de Caraíba na Bahia.

COBALTO

Apenas um tipo primário é registrado, correspondendo aos ofiolitos (Tipo 1.2.2.1.). O cobalto ocorre sob forma de arsenietos e o exemplo conhecido é Abou Azzer (Marrocos) descrito por Leblank & Billand (1982).

OURO

a) Tipo ofiolítico - O ouro ocorre nos corpos de pirita com calcopirita como em Chipre. A importância econômica é reduzida (Tipo 1.2.2.1.).

b) Tipo "Lavas, principalmente, e intrusões acamadadas, frequentemente komatiíticas, em greenstone belts" (Tipo 1.1.1.).

As características gerais dos depósitos auríferos são as seguintes:

- Idade - geralmente arqueana
- Associação de metais econômicos - Au, Cu, Pb, Zn, (Ag).
- Ganga - Quartzo, carbonatos, clorita, sericita e turmalina.
- Minerais metálicos - pirita, pirrotita, arsenopirita, calcopirita, esfalerita, galena, scheelita, molibdenita, ouro nativo, electrum, raros teluretos.
- Rochas hospedeiras - basaltos, doleritos (as vezes gabróicos), vulcanitos ultramáficos (komatiitos) - Em associações com rochas sedimentares de origem química (formações ferruginosas e cherts) e rochas sedimentares de origem vulcano-clástica, que podem também conter mineralizações associativamente.
- Metamorfismo - geralmente facies xistos verdes.
- Morfologia dos depósitos - filões, stockwork e corpos silicificados subconcordantes.

Este tipo assume relevância econômica, com significativas reservas mundiais.

METAIS DO GRUPO DA PLATINA

Consultar:

Farina, M. - Metais do Grupo da Platina. Aspectos de sua Geologia Econômica. Relatório Final do Projeto "Perspectivas de Mineralizações de Metais do Grupo da Platina no Nordeste Oriental"- CPRM, Inédito, 1984.

6 - BIBLIOGRAFIA

6.1 - Citada

01 - AMARAL, G. Províncias Tapajós e Rio Branco. In: Almeida, F.F.M. de & Hasui, Y. O pré-cambriano do Brasil. São Paulo, Edgard Blucher, 1984. 378 p. il cap. 1 p.6-35.

02 - ARNDT, N. & BROKS, C. Komatiites. Geology, 8(3): 155-156, mar. 1980.

03 - ARNDT, N.T. et alii. Komatiitic and iron-rich tholeiitic lavas of Munro Township, Northeast Ontario. Journal of Petrology, 18:319-369, 1977.

04 - BACELLAR, G.A. & LEAL, G.R.N. Perfil analítico da cromita. Rio de Janeiro, DNPM, 1974. 55p. il. (Brasil. DNPM. Boletim, 10).

05 - BAETA JR,J.D.A. As jazidas de níquel laterítico de Barro Alto-Goiás. In: Schmaltz, W.H. Os principais depósitos minerais da região Centro Oeste. Goiás, DNPM, 1982. 255p. il. p. 229-255.

06 - BERBERT, C.O. O depósito de níquel laterítico de Morro do Engenho -Goiás. In: Schmaltz, W.H. Os principais depósitos minerais da região Centro - Oeste. Goiás, DNPM, 1982. 255p. il. p. 229-255.

07 - BERNARDELLI, A.L. et alii. Provincia mineral de Carajás - Pará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZONIA, 1º, Belém, 1982. Anais do... Belém, Soc. Bras. Geol./Núcleo Norte, 1982. 2v. il. v.1 p.

08 - BROOKS, C. & HART, S.R. On the significance of komatiite. Geology, 2 (2): 107-110, Feb. 1974.

09 - BRUNI, M.A.L.et alii. Carta geológica do Brasil ao milionésimo; folha Aracaju (SC.24). Brasília, DNPM, 1976. 226p. il.

10. CARMICHAEL, I. S.E. et alii. Igneous petrology. New York McGraw-Hill, 1974 (c). 739p. il. (International Series in the Earth and Planetary Sciences)

11 - CARVALHO, W.T. de & BRESSAN, S.R. Depósitos minerais associados ao complexo ultramáfico-alcalino Catalão I, Goiás. In: Schmaltz, W.H. Os principais depósitos minerais da região Centro Oeste. Goiás, DNPM, 1982. 255p. il. p. 138-183.

12 - COLEMAN, R.G. Jadeite deposits of the Clear Creek area, New Idria District, San Benito County, California. Journal of Petrology, 2: 209-247, 1961.

13 - COLEMAN, R.G. Ophiolites. Berlin, Springer-Verlag, 1977. 229p. (Minerals and Rocks, 12).

14 - CPRM. Projeto Bodocó.: relatório final de pesquisa. Recife, CPRM, 1979, 33p. il.

15 - DANNI, J.C.M. et alii. Archaean and lower proterozoic units in Central Brazil. Geol. Rundschau, 71(1): 291-317, Mar. 1982.

16 - DOROKHINE, I. et alii. Gisements de minéraux utiles et leur prospection. Moscou, Éditions École Superieure, 1967. 411p. il.

17 - ELLIS, S.E. On the delimitation of diorite and gabro and related rocks. Mineralogical Magazine, 28 (203): 447-469, Dez. 1948.

18 - FARINA, M. Quantificação dos depósitos de asbesto de Campestre-Alagoas. Recife, SUDENE, 1967. 31p. il. (Brasil SUDENE. Série Geologia Econômica 6).

19 - FONSECA, M.J. et alii. Carta geológica do Brasil ao milionésimo; Folhas Rio de Janeiro (SF.23), Vitória (SF.24) e Iguape (SG.23). Brasília,DNPM, 1979. 240p. il.

20 - GONZALEZ, , S. et alii. Minérios ferro-titanados de Floresta. Relatório de evolução. Recife, RADAMBRASIL/Minérios de Pernambuco S/A, 1984. 33p.

21 - GREENBAUN, D. The chromitiferous rocks of the Troodos ophiolite complex, Cyprus. Econ. Geol., 72(7): 1175-1194, 1977.

22 - GROVES, D.I. & HUDSON, D.R. The nature and origin of archaean strata-bound and volcanic-associated nickel - iron - copper sulphide deposits. In: Wolf, K.H. ed. Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits. Amsterdam, Elsevier Scientific Publishing Company, 1981. 10v. il. v.9 cap. 6 p.305-410.

23 - HENNIES, W.T. & STELLIN JÚNIOR, A. A jazida de vermiculita de Paulistana, Estado do Piauí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30. Recife,1978. Anais do... Recife, Soc. Bras. Geol., 1978. 6v. il. v.4 p. 1796-1804.

24 - HYNDMAN, D. W. Petrology of igneous and metamorphic rocks. New York, McGraw-Hill, 1972. 533p. il.

25 - INDA, H.A.V. et alii. O cráton do São Francisco e a faixa de dobramentos Araçuí. In: Schobbenhaus, C. et alii. Geologia do Brasil. Brasília,DNPM, 1984 501p. il. cap. 5 p.193-248.

26 - JACKSON, E.D. & THAYER, T.P. Some criteria for distinguishing between stratiform, concentric and alpine peridotite-gabro complexes. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 24º, Montreal, 1972. Section 2. Montreal, 1972. p.289-296.

27 - JOHANNSEN, A. A descriptive petrography of the igneous rocks. Chicago, The University of Chicago Press, 1939(c). 4v.

28 - JOLLY, J.H. Platinum-group metals. In: U.S.Bureau of Mines. Mineral facts and problems, 1980. Washington, U.S. Govt. Print Off., 1980. 1060p. il. (Its Bulletin, 671) p. 683-706.

29 - KUNO, H. Differentiation of basalt magmas. In: Hess, H. H. & Paldervaart, A. The Paldervaart treatise on rocks of basaltic composition. New York, 1968. v.2 p.625-688.

30 - KUZVART, M. & BOHMER, M. Prospecting and exploration of mineral deposits. Amsterdam, Elsevier Scientific, 1978. 431p. il. (Developments in Economic Geology, 8).

31 - LAMEY, C.A. Metallic and industrial mineral deposits. New York, McGraw-Hill, 1966 (c). 567p. il.

32 - LEBLANC, M. & BILLAND, P. Cobalt arsenide orebodies related to an upper proterozoic ophiolite: Bou Azzer (Marroco). Econ. Geol. 77: 162-175, 1982.

33 - LIDDICOAT JR., R.T. Jade. In: McGraw-Hill Encyclopedia of the Geological Sciences. New York, 1978. 915p. il. p.394-395.

34 - MARINI, O.J. et alii. Provincia Tocantins Setores Central e Sudeste. In: Almeida, F.F.M. de & Hasui, Y. O pré-cambriano do Brasil. São Paulo, Edgard Blucher, 1984. 378p. il. cp.6 p.205-264.

35 - MASCARENHAS, J.F. et alii. Geologia da região centro-oriental da Bahia. Projetos Bahia, Bahia II-Sul da Bahia. Relatório integrado. Brasília, DNPM, 1979. 128p. il. (DNPM, Série Geologia, 11, Secção Geologia Básica, 8).

36 - MASCARENHAS, J.F. et alii. Província São Francisco. In: Almeida, F.F.M.de & Hasui, Y. O pré-cambriano do Brasil. São Paulo, Edgard Blucher, 1984. 378p. il. cap. 4 p.46-122.

37 - MATTOSO, S.Q. et alii. Uso da classificação automática de dados do satélite Landsat na definição de áreas de ilmenita primária, em Floresta, Pernambuco. Sao Paulo, INPE, 1979. 24p. il.

38 - MERTIC JR., J.B. Economic geology of the platinum metals. Geol. Surv. Prof Paper, 630: 1-120, 1969.

39 - MORNING, J.L. et alii. Chromium. In: U.S. Bureau of Mines. Mineral facts and problems, 1980. Washington, U.S. Govt. Print Off., 1980. 1060p. il. (Its Bulletin, 671)p. 167-182.

40 - NALDRET, A.J. Nickel sulfide deposits classification, composition and genesis. Econ. Geol. 75: 628-685, 1981.

41 - NALDRETT, A.J. & CABIN, L.F. Ultramafic and related mafic rocks: their classification and genesis with special reference to the concentration of nickel sulfides and platinum-group elements. Economic Geology, 71 (7): 1131-1158, 1976.

42 - NICOLAS, D.C.A. et alii. Structural classification of chromite pods in Southern New Caledonial. Economic Geology, 76:805-831, 1981.

43 - NICOLINI, P. Gîtologie des concentrations minérales stratiformes. Paris Gauthier-Villars, 1970. 792p. il.

44 - PALABORA Mining Company Limited Mine Geological and Mineralogical Stoff. The geology and the economics deposits of copper, iron and vermiculite in the Palabora igneous complex: a brief review. Economic Geology, 71: 177-196, 1976.

45 - PAMPLONA, R.I. Jazimentos de amianto crisotila da Mina de Cana Brava - Goiás. In: Schmaltz, W.H. Os principais depósitos minerais da região Centro Oeste. Goiás, DNPM, 1982. 255p. il. p. 76-137.

46 - PAPEZIC, V.S. Geochemistry of some Canadian anorthosites. Geoch. et Cosmoch. Acta, 29:673-709, 1965.

47 - PEDROSO, A.C. & SCHALTZ, W.H. Jazimentos de níquel laterítico de Niquelândia-Goiás. In: Schmaltz, W.H. Os principais depósitos minerais da região Centro Oeste. Goiás, DNPM, 1982. 255p. il. p.184-207.

48 - PETERS, W.C. Exploration, and mining geology. New York, Wonh Wiley & Sons 1978 (c). 696p. il.

49 - PETERSEN, E.U. & ZANTOP, H. The Oxec deposit, Guatemala: an ophiolite copper occorrence. Econ. Geol. 75: 1053-1082.

50 - PURVIS, A.C. et alii. The geology of part of the Carr Boyd Rocks complex and its associated nickel mineralization, Western Australia. Economic Geology, 67:1093-1113, 1972.

51 - ROSS, J.R. & TRAVIS, G.A. The nickel sulfide deposits of Western Australia in global perspective. Econ.Geol. 76: 1291-1329, 1981.

52 - ROUTHIER, P. Les gisements metallifères; géologie et principes de recherche. Paris, Masson et Cie, 1963. 2v. il.

53 - ROUTHIER, P. Où sont les metaux pour l'avenir? Les provinces métalliques. Essai de métallogénie globale Paris, BRGM, 1980. 409p. il. (Mémoire du BRGM, 105).

54 - SÁ, J.H. da S. Mapa metalogenético do Estado da Bahia. Texto explicativo. Salvador, Secretaria das Minas e Energia, 1983. 62p. il. 1 map.

55 - SANTOS, E.J. dos & BRITO NEVES, B.B. de Província Borborema. In: Almeida, F.F.M. de Hasui, Y. O pré-cambriano do Brasil. São Paulo, Edgard Blucher, 1984. 378p. il. cap. 5 p.123-186.

56 - SANTOS, M.M. et alii. Jazida de níquel, cobre e cobalto de Americano do Brasil-Goiás. In: Schmaltz, W.H. Os principais depósitos minerais da região Centro Oeste. Goiás, DNPM, 1982. 255p. il. p. 1-31.

57 - SILVA, G.G. da et alii. Geologia das folhas SB.22 Araguaia e parte de SC. 22 Tocantins. Rio de Janeiro, DNPM, 1974. v.4 il. (Levantamento de Recursos Naturais, 4).

58 - SMIRNOV, V.I. Ore deposits of the USSR. London, Pitman Publishing, 1977 (c). v.1.

59 - STANTON, R.L. Ore petrology. New York, McGraw-Hill, 1972 (c). 713p. il. (International Series in the Earth & Planetary Sciences).

60 - STRECKEISEN, A. To each plutonic rock its proper name. Earth-Science Reviews, 12: 1-33, 1976.

61 - SUSZCZYNSKI, E.F. Os recursos minerais reais e potenciais do Brasil e sua metalogenia. Rio de Janeiro, Interciência, 1975. 533p. il.

62 - TESCH, N.A. et alii. Projeto Canindé. Depósitos de cobre e níquel: considerações geológico-econômicas e programação adicional de pesquisa. Salvador, CPRM, 1982. 24p. il.

63 - THAYER, T.P. Authigenic, polygenic, and allogenic ultramafic and gabbroic rocks as hosts for magmatic ore deposits. Spec. Publs. Geol. Soc.Aust. 3:239-251, 1971.

64 - TRESCASES, J.J. & OLIVEIRA, S.M.B. Alteração dos serpentinitos de Morro do Níquel (MG). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30. Recife, 1978, Anais do... Recife, Soc. Bras. Geol., 1978. 6v. il. v.4 p. 1655-1669.

65 - VILJOEN, M.J. & VILJOEN, R.P. The geology and the geochemistry of the lower ultramafic unit of the Onverwacht group and a proposed new class of igneous rock. Geol.Soc. South Africa, Spec. Pub., 2: 55-86, 1969.

66 - WHITE, R.W. Platiniferous chromitite in the Tocantins complex Niquelândia Goiás, Brazil. U.S. Geol. Survey Prof. Paper, 750 D: D26-D33, 1971.

67 - WHITE, R.W. et alii. Platinum metals in growels derived from the ultramafic zone of the Tocantins complex Niquelândia, Goiás. United States, Ministério das Minas e Energia/Geological Survey, 1972. 20p il. (Project Report Brazil Investigations (IR) BR-58).

68 - WILLIAMS, H. et alii. Petrografia: uma introdução ao estudo das rochas em seções delgadas. Trad. de Ruy Ribeiro Franco. São Paulo, Polígono, 1970 424p. il.

69 - WYLLIE, P.J. Ultramafic and related rocks. New York, John Wiley & Sons, Inc., 1967 (e). 464p. il.

6.2 - Bibliografia consultada e não citada

01. AGARD, J. Les gîtes minéraux associés aux roches alcalines et aux carbonatites. Sciences de la terre, 5 (1-2): 105-151, 1956.

02. AHO, A.E. Geology and genesis of ultrabasic nickel-copper pyrrhotite deposits at the pacific nickel property Southwestern British Columbia. In: Ultrasic nickel-copper-pyrrhotite deposits.Canada, s.ed., 1956. p.444-481.

03. ALSAC. C. Essai d'appréciation sur l'utilisation des caractères magmatiques. Bulletin du B.R.G.M., 295. Section 2, 6:95-130, 1971.

05. BICHAN, R. Chromite seams in the Hartley complex of the great dyke of Rhodesia. In: Wilson, H.D.B. ed. Magmatic ore deposits: a Symposium. Lancaster, The Economic Geology Publishing Company,1969.366p.il. p.95-113.

06. CAMERON, N. & DESPOROUGH, G.A. Occurrence and characteristics of .chromite deposits-eastern bushveld complex. In: Wilson, H.D.B. ed. Magmatic ore deposits: a Symposium. Lancaster, The Economic Geology Publishing Company, 1969. 366p. il. p.23-40.

07. FORD, A.B. & BOYD JR., W.W. The Dufek intrusion, a major stratiform gabbroic body in the Pensacola Mountains, Antarctica. In: INTERNATIONAL GEOLOGIC CONGRESS, 23rd, Prague, 1968. Prague, 1968. v.2 p.213-228.

08. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON METALLOGENY OF MAFIC AND ULTRAMAFIC COMPLEX, Athens, 1980. The eastern Mediterranean-Western Asia area, and its comparison with similar metallogenic environments in the world. Athens, IUGS/UNESCO, 1981. v.1 il.

09. IRVINE, T.N. & SMITH, C.H. Primary oxide minerals in the layered series of the Muskox intrusion. In: Wilson, H.D.B. ed. Magmatic ore deposits: a Symposium. Lancaster, The Economic Geology Publishing Company, 1969. 366 p. il. p. 76-94.

10. JAKES, P. & GILL, J. Rare earth elements and the Island arc tholeiitic series. Earth and Planetary Science Letters, 9: 17-28, 1970.

11. MACDONALD, G.A. & KATSURA, T. Chemical composition of Hawaiian Lavas. Journal Petrology, 5: 82-133, 1964.

12. MIYASHIRO, A. Classification, characteristics and origin of ophiolites. J. Geol. 83: 249-281, 1975.

13. MOORES, E.M. Geotectonic significance of ultramafic rocks. Earth-Science Reviews, 9: 241-258, 1973. Xerocópia.

14. NALDRETT, A.J. & GASPARRINI, E.L. Archaean nickel sulphide deposits in Canada: their classification. Geological setting and genesis with some suggestions as to exploration. Geol. Soc. Australia, Epec. Pub. 3: 201-226, 1971.

15. NALDRETT, A.J. & TURNER, A.R. The geology and petrogenesis of a greenstone belt and related nickel sulfide mineralization at Yakabindie, Western A Australia. Precambrian Research, 5:43-103, 1977.

16. PEARCE, J.A. Statistical analysis of major element patterns in basalts Journal of Petrology, 17(1): 15-43, Feb. 1976.

17. PEARCE, J.A. & GALE, G.H. Identification of ore-deposition environment from trace-element geochemistry of associated igneous hostrocks. In: Gass, I. G. ed. Vulcanic process in ore genesis. London, Institution of Mining and Metalurgy, Geological Society, 1977. p. 14-24.

18. QASIM JAN, M. & HOWIE, R.A. The mineralogy and geochemistry of the metamorphosed basic rocks of the Jijal Complex, Kohistan, NW Pakistan. Journal of Petrology, 22: 85-126, 1981.

19. RÊGO, I.T.S.F. Aspectos petrológicos e geoquímicos do complexo básico-ultrabásico de Pedras Pretas, Rio Grande do Sul. Acta geologica Leopoldência, 5 (10): 197-278, 1981.

20. RUTTAN, G.D. Geology of Lynn Lake. CIM Bull., 48:339-348, 1955.

21. SAMPSON, E. Discussion-Stillwater, Montana Chromite deposits. In: Wilson, H.D.B. ed. Magmatic ore deposits: a Symposium. Lancaster, The Economic Geology, Publishing Company, 1969. 366p. il. p.72-75.

22. SCHOLTZ, D.L. The magmatic nickeliferous ore deposits of East Griqualand and Pondoland. Geol. Soc. South Africa, 39:81-210, 1936.

23. THAYER, T.P. Gravity diferentiation and magmatic re-emplacement of podiform chromite deposits. In: Wilson, H.D.B. ed. Magmatic ore deposits a Symposium. Lancaster, the Economic Geology Publishing Company, 1969, 366p. il. p.132-146.

24. VILJOEN, M.J. & VILJOEN, R.P. Evidence for the existence of a mobile extrusive peridotitic magma from the komati formation of the onverwacht group. Geol. Soc. South Africa, Spec. Pub. 2:87-113, 1969.

25. WYLLIE, P.J. Plate tectonics and magma genesis. Geol Runds. 70:128-153, 1981.

26. ZACHOS, K. The chromite mineralization of Nourinos ophiolitic complex, Northern Greece. In: Wilson, H.D.B. ed. Magmatic ore deposits: a Symposium. Lancaster, The Economic Geology Publishing Company, 1969, 366p. il. p. 147-153.

QUADRO I — COMPLEXOS MÁFICO-ULTRAMÁFICOS E DEPÓSITOS MINERAIS ASSOCIADOS

CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA						DEPÓSITOS MINERAIS									
CLASSIFICAÇÃO GEOLÓGICA			IDADES	DESTAQUES LITOLÓGICOS	EXEMPLOS TÍPICOS	NÍQUEL SULFETADO (ÀS VEZES ASSOCIADO COM COBRE)	CROMO	METAIS DO GRUPO DA PLATINA	FERRO-TITÂNIO	COBRE (SEM NÍQUEL IMPORTANTE)	ASBESTO	DIAMANTE	VERMICULITA, NIÓBIO, TÂNTALO, TERRAS RARAS, TITÂNIO, URÂNIO E FOSFATO	OURO	NÍQUEL SUPERGÊNICO, COBALTO, TALCO, ESMERALDA, JADE E CORÍNDON
1 - AMBIÊNCIA INSTÁVEL - ZONAS OROGÊNICAS ATIVAS															
1.1 - Posicionamento antetectônico	1.1.1 - Lavas, principalmente, e intrusões acamadadas, frequentemente komatiíticas, em greenstone belts		Geralmente Arqueano, às vezes Proterozóico	Komatiítos - lavas ultramáficas interdigitadas com basaltos - serpentinitos - texturas spinifex	Kambalda (Austrália), Langmuir - Abitibi (Canadá), Shangani (Rodésia), Pechenga (URSS)	Grande importância econômica mundial com cerca de 23% das reservas	Os depósitos não são frequentes. Exemplo: Selukwe (Rodésia)	Não há casos a registrar	Ausente		Considerável importância econômica			Importância econômica	Níquel supergênico: Em diversos tipos ultramáficos, especialmente peridotitos serpentinizados, com formação controlada por fatores climáticos e geomorfológicos.
	1.1.2 - Intrusões máfico-ultramáficas e especialmente anortositos		Arqueano a Proterozóico	Peridotitos, gabros, dioritos, anortositos	Dore Lake e Alard Lake (Canadá), Adirondack (USA)		Existem alguns depósitos como no oeste da Groenlândia (Fiskenaesset)	Pequena importância econômica. Potencialidade em associação com Fe/Ti	Importância econômica	Não detectou-se mineralizações fora do Brasil					
1.2 - Posicionamento sintectônico	1.2.1 - Intrusões sinorogênicas		Fanerozóico		La Perçusse (Alaska) e Rona (Noruega)	Muito pouca importância econômica mundial, encerrando menos que 1% das reservas									Cobalto: Depósitos supergênicos em associação com níquel. - Em Sudbury é recuperado como subproduto do níquel. - Em ofiolitos sob forma de arsenietos: Bou Azzer/Marrocos.
	1.2.2 - Corpos posicionados tectonicamente	1.2.2.1 - Ofiolitos	Fanerozóico (Pré-cambriano?)	Dunitos, peridotitos, gabros, anortositos, diabásios, basaltos almofadados	Nova Caledônia, Chipre	Não há casos significativos	Diversas e importantes jazidas (cromita podiforme)	Algumas ocorrências sem maior importância econômica atual	Ausente	Importância econômica muito pequena	Pelo menos 50% da produção mundial de crisotila				
		1.2.2.2 - Diápiros do manto			Mt. Albert (Canadá)	Não há casos significativos									
1.3 - Posicionamento tardi-tectônico	1.3.1 - Complexos zonados concentricamente de natureza alcalina		Proterozóico Inferior (Palabora), Cretáceo (Salt Chuck)	Piroxenitos, piroxenitos feldspáticos, sienitos e pegmatóides ultramáficos	Salt Chuck (Alaska) e Palabora (África do Sul)	Não há casos significativos	Ausente	Ausente	Presente (Alaska)	Presente (Palabora)			Importância econômica para vermiculita		Talco: Depósitos associados a diversos tipos ultramáficos, sempre mais ou menos impuros.
2. AMBIÊNCIA RELATIVAMENTE ESTÁVEL - ZONAS ANOROGÊNICAS OU CRATÔNICAS															
2.1 - Corpos relacionados com derrames de basaltos de platô e rifteamento continental	2.1.1 - Intrusões	2.1.1.1 - Tipo gabro/diabásio, às vezes acamadado	Mesozóico e Proterozóico	Gabros, diabásios, noritos troctolitos, gabros picríticos	Norilsk (URSS), Duluth (USA), Insizwa (África do Sul) e Duffet (Antártica)	Tipo de maior importância econômica mundial, encerrando cerca de 40 - 45% das reservas	Ausente	Grande importância econômica mundial com cerca de 17% das reservas	Existem alguns depósitos como Duluth						Esmeralda: Depósitos em complexos máfico-ultramáficos (Al e Cr) cortados por pegmatitos beríliferos (Be)
		2.1.1.2 - Tipo alcalino-carbonático em complexos anelares	Mesozóico e Pré-cambriano	Piroxenitos, melteigitos, ijolitos, jacupiranguito, sienitos nefelínicos, carbonatitos	Nagnet Cove (USA) e Uganda	Ausente	Ausente	Ausente	Importância econômica	Ausente	Ausente		Importância econômica para vermiculita, nióbio-tântalo, terras raras, titânio, urânio e fosfato		Jade: Depósitos em serpentinitos obductos portadores de inclusões de rochas alcalinas, como em ofiolitos da Califórnia.
		2.1.1.3 - Tipo kimberlítico	Mesozóico e Pré-cambriano	Kimberlitos	África do Sul e Yacutia (Sibéria)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Único tipo portador de diamantes primários			
	2.1.2 - Extrusões de basaltos tipo platô		Proterozóico e Mesozóico	Basaltos toleíticos	Lago Superior (USA), Karroo (África) e Platô Siberiano Central	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	O único caso de jazida conhecida é Lago Superior (USA)	Ausente				Coríndon: - em anortositos - em contatos de peridotitos com gnaisses - em gabros anfibolíticos - em contatos de rochas básicas com rochas feldspáticas
2.2 - Complexos intrusivos acamadados sem relação com derrames de basaltos de platô			Proterozóico Médio Inferior	Gabros, piroxenitos, peridotitos e anortositos	Bushveld (África do Sul), Sudbury (Canadá), Stillwater (USA), Great Dyke (Rodésia) e Muskox (Canadá)	Grande importância econômica mundial com 30 - 35% das reservas. Sudbury é o único caso atual de exploração	Maior parte das reservas e dos recursos mundiais. Cromita estratiforme	Grande importância econômica mundial com cerca de 83% das reservas (82% do Bushveld)	Importância econômica						

Elaborado por Mário Farina (1985) - Baseado em Routhier (1980), Naldrett (1981) e outros

QUADRO II — MINÉRIOS DOS COMPLEXOS MÁFICO-ULTRAMÁFICOS E SUAS CARACTERIZAÇÕES

MINÉRIO	TIPOS GEOLÓGICOS COM DEPÓSITOS MINERAIS IMPORTANTES		EXEMPLOS DE JAZIDAS (PREFERENCIALMENTE INTERNACIONAIS	PERCENTAGEM DOS RECURSOS OU RESERVAS MUNDIAIS	PERCENTAGEM DA PRODUÇÃO MUNDIAL	ROCHAS HOSPEDEIRAS	MORFOLOGIA DOS DEPÓSITOS	MINERAIS-MINÉRIO	ASSOCIAÇÃO MINERAL DA GANGA	TONELAGEM DAS JAZIDAS	TEOR DE EXPLOTAÇÃO	ESPECIFICAÇÕES INDUSTRIAIS DO MINÉRIO
	CÓDIGO (CONFORME QUADRO I)	DENOMINAÇÃO										
NÍQUEL		Magmatogênico (sulfetado)	Kambalda (Austrália) e Sudbury (Canadá)	70% das reservas (30)	57% (1979) (51)	Gabros, peridotitos, komatiítos, quartzo-dioritos	Camadas, lentes, veios e massas irregulares	Pentlandita, pirrotita (calcopirita)	Piroxênios, olivina, anfibólios, plagioclásio, serpentina, magnetita	Tonelagem total: 35 x 10^3 t Ni a 12.500 x 10^3 t Ni	0,2 - 6,79% Ni (51)	Subprodutos e co-produtos eventuais: cobre e Metais do Grupo da Platina
		Intempérido residual (silicatado, laterítico, supergênico)	Cuba e Nova Caledônia	30% das reservas (30)	43% (1979) (51)	As rochas subjacentes são ultramafitos (peridotitos, piroxenitos, serpentinitos)	Coberturas de ultramafitos geralmente serpentinizados	Garnieritas, limonitas e goethitas niquelíferas			1,3 - 4% (30)	Subprotudo eventual: cobalto
NÍQUEL SULFETADO (às vezes associado com cobre)	1.1.1	Lavas, principalmente, e intrusões acamadadas, frequentemente komatiíticas, em greenstone belts (posicionamento antetectônico de ambiência instável - zonas orogênicas ativas)	Kambalda (Austrália), Langmuir (Abitibi, Canadá)	Cerca de 20% das reservas (40)	Cerca de 12% da produção passada (40)	Komatiítos, dunitos, peridotitos, serpentinitos (40)	Disseminações na base de lavas e em "sills"	Pirrotita, pentlandita (calcopirita)	Piroxênios, olivina, anfibólios, plagioclásios, serpentina, magnetita	1 - 5 x 10^6 t de minério (40)	1,5 - 3,5% Ni (40)	Relação Ni/Cu = 10:1 a 20:1 (22)
										10 - 40 x 10^6 t de minério (40)	1,5 - 2,5% Ni (40)	
										100 - 250 x 10^6 t de minério (40)	0,6% Ni (40)	
	2.1.1.1	Tipo gabro/diabásio, às vezes acamadado. Intrusões de corpos relacionados com derrames de basaltos de platô (em ambiências relativamente estáveis - zonas anorogênicas)	Norilsk (URSS), Duluth (USA)	Cerca de 43% das reservas (40)	Cerca de 12% da produção passada (40)	Gabros, troctolitos, noritos (40), doleritos, picritos, teschenitos (38)	Zonas disseminadas e veios nas lapas das intrusões e acumulações maciças e disseminadas nas porções inferiores das intrusões - em horizontes persistentes (40)	Pirrotita, pentlandita (calcopirita)		Tonelagem total = 534 x 10^3 t a 2.200 x 10^3 t de Ni (diversos depósitos da região de Norilsk) (51)	0,45 - 1,23% Ni (38) 0,5 - 3,65% Ni (51)	Minérios de níquel, cobre e platina Ni/Cu = 0,4/1 (59) Ni/Cu = 0,5 - 0,77 (51)
	2.2	Complexos intrusivos acamadados sem relação com derrames de basaltos de platô (em ambiências relativamente estáveis - zonas anorogênicas)	Sudbury (Canadá) - Única jazida em exploração (40)	Cerca de 33% das reservas (40)	Cerca de 64% do total da produção passada (40)	Noritos, quartzo-dioritos	Corpos lenticulares e "sheetlike" (disseminado, maciço, em brechas, veios e "stringer") (31)	Pirrotita e pentlandita (calcopirita, cubanita, sperrilita, mechenerita) (31)		Tonelagem total: 12,5 x 10^6 t de Ni (5,6 x 10^6 t) = reservas 1.980 e 6,9 x 10^6 = reservas lavradas (51)	1,6% Ni (40)	Minérios de cobre, níquel e platina (31) Ni/Cu = 1,3/1 (59)
CROMO	1.2.2.1	Ofiolitos - corpos posicionados tectonicamente (sintectonicamente) - ambiência instável, zonas orogênicas ativas	Filipinas, Urais (URSS), Cuba, Nova Caledônia	Cerca de 16% das reservas (devendo incluir, provavelmente, também intrusões sinorogênicas, além de ofiolitos)	64% - 1978 (devendo incluir, provavelmente, também intrusões sinorogênicas, além de ofiolitos	Peridotitos serpentinizados	Podiforme	Cromita (espinélios cromíferos = mangocromita, alumocromita, subferricromita e subferrialumocromita)	Olivina, serpentina, piroxênios	Jazidas pequenas: menos que 100.000 t de cromita. Jazidas médias: 100.000-1.000.000 t de cromita. Jazidas grandes: mais que 1.000.000 t de cromita (43)	30 - 60% de cromita (39) 10 - 50% de Cr_2O_3 (48)	Metalúrgico: > 46% Cr_2O_3 Cr/Fe > 2 = 1 Químico: > 40 - 46% Cr_2O_3 Cr/Fe = 1,5 = 1 a 2 = 1 Refratário: > 60% Cr_2O_3 + Al_2O_3 > 20% Al_2O_3 (39)
	2.2	Complexos intrusivos acamadados sem relação com derrames de basaltos de platô (em ambiências relativamente estáveis - zonas anorogênicas)	Bushveld (África do Sul), Great Dyke (Rodésia)	Cerca de 84% das reservas	36% (1978)	Piroxênios, peridotitos com noritos subordinados (embora as intrusões sejam predominantemente gabróicas, a cromita está associada a camada ultramáficas) (59)	Estratiforme		Olivina, piroxênios, plagioclásios	Bushveld: 2,5 x 10^9 t de cromita (39) Great Dyke: 606 x 10^6 t de cromita (39)		
METAIS DO GRUPO DA PLATINA - MGP (platina, paládio, ósmio, rádio, rutênio e irídio)	2.1.1.1	Tipo gabro-diabásio, às vezes acamadado. Intrusões de corpos relacionados com derrames de basaltos de platô (em ambiências relativamente estáveis - zonas anorogênicas)	Norilsk (URSS)	Cerca de 15% reservas de MGP Cerca de 10% recursos totais de MGP (28)	Cerca de 47% da produção de MGP (1978) (28)	Doleritos, gabros-doleríticos com diferenciações de picritos e teschenitos	Zonas disseminadas e veios nas lavas das intrusões e acumulações disseminadas nas porções inferiores das intrusões em horizontes persistentes	Soluções sólidas, ligas, sulfetos, arsenietos e teluretos de MGP	Piroxênios, plagioclásios	Os recursos de Norilsk (somados aos de Pechenga e Monchegorsk) são de 400 x 10^6 onças de MGP	10, 56, 0,6 - 4 e 5,2 g/t, dependendo da zona (38)	Subproduto de minérios de níquel-cobre
	2.2	Complexos intrusivos acamadados sem relação com derrames de basaltos de platô (em ambiências relativamente estáveis - zonas anorogênicas)	Bushveld (África do Sul) e Sudbury (Canadá)	83% das reservas de MGP 87% dos recursos totais de MGP (sendo 75% do Bushveld) (28)	Cerca de 50% da produção de MGP (1978) (28)	Ortopiroxênio-cromita-pegmatóides, cromititos e associação norito/piroxenito/serpentinito	Disseminações em camadas com cromita. Disseminações estratiformes, veios e "ninhos"	Braggita, cooperita, laurita, ligas de Pt/Fe, vysotskita	Piroxênios, cromita, plagioclásios, serpentina	Os recursos do Merensky Reef são de 580 x 10^6 onças de MGP	5,5 - 6,0 g/t	No Merensky Reef do Bushveld, os MGP são os principais produtos com Cu, Co, Au e Ni como subprodutos
VERMICULITA	1.3.1	Complexos zonados concentricamente de natureza alcalina, tardi-tectônicos - ambiência instável, zonas orogênicas ativas	Libby (Montana, USA), Palabora (África do Sul)	Mais que 60% das reservas dos países capitalistas	Mais que 50% da produção dos países capitalistas	Piroxenitos diopsídicos com teores variáveis de feldspato e apatita (associados a sienitos e pegmatitos)	Massas irregulares próximas da superfície do terreno (bolsões)	Vermiculita	Diopsídio, flogopita, serpentina	80 x 10^6 t de vermiculita (Polabora)	24 - 30% de vermiculita com "cut off" de 17% (Polabora) (44)	Associação importante com cobre e fosfato eventualmente
	2.1.1.2	Tipo alcalino-carbonatítico em complexos anelares. Intrusões de corpos relacionados com derrames de basaltos de platô (em ambiências relativamente estáveis - zonas anorogênicas)	Catalão (GO)			Piroxenitos			Argilas, flogopita, magnetita (Catalão)	4,8 x 10^6 t de minério com 5 - 15% de vermiculita (Catalão) (11)		Associação com Nb/Ta, fosfato, titânio e terras raras
FERRO/TITÂNIO		Magmatogênico (primário)	Allard Lake (Canadá)			Anortositos e gabros	Diques, lentes, lençóis	Ilmenita, rutilo, titanomagnetita				Associação com vanádio
		Intempérico residual (a partir do tipo alcalino-carbonatítico em complexos anelares)	Tapira (MG) e Catalão (GO)			As rochas subjacentes são piroxenitos e carbonatitos	Coberturas	Anatásio predominante (ilmenita, rutilo, perowskita)	Goetita (quartzo, argilas) (11)	163 x 10^6 t de minério (Catalão) com + 15% TiO_2 (11)		Associação com Nb/Ta, fosfato, vermiculita e terras raras
		"Placers" diversos	Litoral do Espírito Santo			Areias e cascalhos	Camadas e lentes	Ilmenita, rutilo, titanomagnetita	Quartzo dominante			
FERRO/TITÂNIO MAGMATOGÊNICO	1.1.2	Intrusões máfico-ultramáficas e especialmente anortositos. (Posicionamento antetectônico de ambiência instável - zonas orogênicas ativas)	Allard Lake (Canadá), Adirondack (USA)			Anortositos e gabros	Diques, massas lenticulares, sem relação com as hospedeiras	Ilmenita, rutilo, titanomagnetita			10 - 50% TiO_2 (48)	Associação com vanádio
	2.1.1.2	Tipo alcalino-carbonatítico em complexos anelares. Intrusões de corpos relacionados com derrames de basaltos de platô (em ambiências relativamente estáveis - zonas anorogênicas)	Catalão (GO)			As rochas subjacentes são piroxenitos e carbonatitos	Coberturas	Anatásio predominante (ilmenita, rutilo, perowskita)	Goetita (quartzo, argila) (11)	13 x 10^6 t de minério (Catalão) (11)		Associação com Nb/Ta, fosfato, vermiculita e terras raras
	2.2	Complexos intrusivos acamadados sem relação com derrames de basaltos de platô (em ambiências relativamente estáveis - zonas anorogênicas)	Bushveld (África do Sul), Stillwater (USA)			Anortositos e gabros	Lençóis extensos paralelos as camadas e lentes, minoritariamente como diques	Ilmenita, rutilo, titanomagnetita				
ASBESTOS	1.2.2.1	Ofiolitos - corpos posicionados tectonicamente (sintectonicamente) - ambiência instável, zonas orogênicas ativas	Quebec (Canadá)		Cerca de 50% (13)	Serpentinitos	Bolsões de minério com "cross fiber"	Crisotila	Antigorita, magnetita		0,5 - 15% de asbesto (30)	Fibras com 0,7 - 18 mm (30)
DIAMANTE	2.1.1.3	Tipo kimberlítico - intrusões de corpos relacionados com derrames de basaltos de platô (em ambiência relativamente estável - zonas anorogênicas)	Iacutia (URSS) e parte sul da África	As principais reservas e extrações se encontram neste tipo (16)		Kimberlitos	"Pipes", diatremas, diques	Diamante	Serpentina, carbonato, olivina, piropo, diopsídio cromífero e ilmenita magnesiana		0,5 - 3 quilates/m^3 (1 quilate = 0,2 g) (16)	
		"Placers"				Areias e cascalhos	Camadas e Lentes		Quartzo dominante		0,6 - 0,7 quilates/m^3 no Congo (16)	
COBRE (sem níquel importante)	2.1.2	Extrusões de basaltos de platô. Ambiências relativamente estáveis - zonas anorogênicas	Lago Superior (USA)	Extremamente pequenas (apenas 1 jazida no mundo)		Basaltos (frequentemente espilitizados) e conglomerados intercalados	Zonas amigdalóides, zonas conglomeráticas e veios	Cobre nativo, calcocita, tenantita	Zeolitas, zoisita, clorita, quartzo, feldspato	5.000.000 t de Cu		Associação com prata
	1.2.2.1	Ofiolitos - corpos posicionados tectonicamente (sintectonicamente) - ambiência instável, zonas orogênicas ativas	Chipre e Montecatini (Itália)	Muito pequenas		Lavas em almofadas - basaltos	Tendência a "stratabound" - sulfetos maciços	Calcopirita, esfalerita e muita pirita	Quartzo, gipsita, clorita	As minas de Chipre hoje abandonadas produziram 6.000.000 t de minério	0,1 - 12% Cu 0,1 - 1% Zn (Chipre)	Associação com zinco e ouro
	1.1.2	Intrusões máfico-ultramáficas e especialmente anortositos	Caraíba (Bahia)	Muito pequenas (Caraíba seria a única jazida registrada)		Piroxenitos, noritos, gabros e mais raramente anortositos	Disseminações e vênulas, às vezes concentrações maciças	Calcopirita, bornita, pirrotita, malaquita	Piroxênios e plagioclásios	Caraíba. Minérios sulfetados: 563.061 t de Cu com "cut off" de 0,60 Cu. Minério oxidado: 47.280 t Cu com teor médio de 1,20 Cu (9)		Subprodutos: Au, Ag, (Pt)
OURO	1.1.1	Lavas, principalmente, e intrusões acamadadas, frequentemente komatiíticas, em greenstone belts (posicionamento antetectônico de ambiência instável - zonas orogênicas ativas)	Golden Mile, Kalgoorlie (Austrália)			Doleritos e rochas gabróicas	Filões - substituição em fraturas com silicificação e carbonatação	Ouro livre, teluretos de ouro e pirita aurífera	Piroxênios, plagioclásios, quartzo, carbonatos			

Elaborado por Mário Farina (1985)

Nota: os números com parênteses indicam as referências bibliográficas

QUADRO III — DEPÓSITOS MINERAIS ASSOCIADOS AOS COMPLEXOS MÁFICO-ULTRAMÁFICOS DO BRASIL

MINÉRIO	DENOMINAÇÃO DO DEPÓSITO	COMPLEXOS MÁFICO-ULTRAMÁFICOS						ENCAIXANTES	CARACTERIZAÇÃO DO DEPÓSITO				
		MORFOLOGIA E DIMENSÕES	LITOLOGIAS	METAMORFISMO	IDADE	OUTRAS CARACTERÍSTICAS	TIPO GEOLÓGICO (CONFORME QUADRO I)		HOSPEDEIRAS	MORFOLOGIA E DIMENSÕES	MINERAIS-MINÉRIO	RESERVA	TEOR
CROMO	Campo Formoso (Bahia)	Complexo alongado com cerca de 50 km de comprimento e largura variável até 10 km	Serpentinitos e clorita-xistos (serpentina, clorita, actinolita-tremolita, pseudomorfos de piroxênios) - Piroxenito, peridotito, gabro (36)	Registrado e não especificado	Provavelmente Arqueano (36)	Complexo intrusivo estratiforme diferenciado, máfico-ultramáfico (predominantemente ultramáfico)	1.1.2	Gnaisses e migmatitos	Serpentinitos principalmente	Estratiforme com espessura máxima de 2 m. Diversas camadas de cromita situadas na parte basal do complexo	Cromita	Estimada em 30.700.000 t do minério (grau metalúrgico de todo o distrito)	Minério friável: 10 - 30% Cr_2O_3 Minério compacto: até 50% Cr_2O_3 e Cr:Fe = 3:1 (36)
	Serro (Minas Gerais)	Corpos de forma alongada e ovalada	Composições residuais: dunitos, peridotitos e piroxenitos	Regional progressivo (em graus variáveis) (25)	Proterozóico	Contatos tectônicos. Possível fonte da platina aluvionar da região	1.2.2.1			Podiforme	Cromita	Menos que 50.000 t de minério (61)	Até 49% de Cr_2O_3 Cr:Fe = 1:8 (61)
	Morro Feio (Goiás)	Cerca de 4 km	Peridotitos e dunitos parcial ou totalmente serpentinizados e/ou talcificados (34)		Pré-cambriano	Tipo alpino (34)	1.2.2.1	Grupo Araxá		Principalmente aluvionar, além de disseminações, veios, nódulos e brechas (4)	Cromita		
	Tróia e Pedra Branca (Ceará)	Corpo com 0,18 km	Serpentinito, talco-xisto, cloritito, tremolita-actinolita-xisto		Pré-cambriano		1.2.2.1	Gnaisses e migmatitos	Serpentinito e tremolita-actinolita-xisto	Lentes ("pods")	Cromita	42.000 t de minério (55)	25 - 41% de Cr_2O_3 (55)
	Niquelândia (Goiás)	Complexo de forma ovalada com 50 x 24 km	Gabros, anortositos, piroxenitos, peridotitos, dunitos e serpentinitos	Facies anfibolito (34)	Proterozóico Inferior, provavelmente (34)	Intrusão acamadada, deformada e metamorfizada. Domos dos tipos máficos. Presença de lentes de ilmenita (34). Tipo alpino (67)	1.1.2	Gnaisses e xistos	Dunito serpentinizado (66)	Podiforme: lentes, camadas descontínuas e "pods". Em zonas com 8.500 m x 500 m. Os corpos de cromita têm dimensões máximas de 4 m x 1 m (66)	Cromita		
	Bodocó (Pernambuco	Corpos alongados numa faixa de 7 km, com largura individual máxima de 140 m (14)	Complexo máfico-ultramáfico com intrusões e transformações para: clorita, talco, tremolita, actinolita, serpentina e hornblenda (14)	Registrado e não especificado	Pré-cambriano	Presença de pequenos corpos de ilmenita-magnetita	1.2.2.1	Gnaisses e migmatitos	Rochas dominantemente cloríticas	Diversos "pods" com extensão máxima registrada de 50 m e com somatória das larguras de 4 m	Cromita		16 - 21% de Cr_2O_3 (14)
	Igarapé do Breu (afluente do rio Preto) (Amapá)				Pré-cambriano						Cromita		
	Greenstone belts de Goiás (15)	Cinturões com algumas dezenas de km de extensão	Complexos vulcano-sedimentares com destaque à lavas ultramáficas. Tipo greenstone belts	Xistos verdes	Arqueano	Textura spinifex	1.1.1	Granitos e gnaises	Peridotitos serpentinizados	Pequenos depósitos (15)	Cromita		
	Araguaia (Pará e Goiás)	Corpos alongados com até 42 km de comprimento (Mapa Geológico do Brasil 1:2.500.000 - DNPM)	Serpentinitos, talco-xistos, tremolita-xistos (57)		Pré-cambriano	Provavelmente tipo alpino (57)	1.2.2.1	Grupo Tocantins - Rochas filíticas (57)	Serpentinito	Veio com 2 m de possança (57)	Cromita		
NÍQUEL SULFETADO (às vezes associado com cobre)	Americano do Brasil (Goiás)	Complexo alongado com 9 x 3 km com forma estratóide (56)	Complexo máfico-ultramáfico: dunitos, piroxenitos, peridotitos, gabros, dioritos (56)	Registrado e não especificado	Proterozóico Inferior, provavelmente (34)	Complexo acamadado	1.1.2	Gnaisses e xistos	Tanto as rochas máficas como as ultramáficas	Veios de sulfetos maciços, disseminações	Pirrotita, calcopirita, pentlandita (o cobalto está predominantemente na estrutura da pentlandita) (55)	5.770.567 t de minério (medida + indicada + inferida) (55)	0,62% Ni 0,65% Cu 0,04% Co (56)
	Canindé (Sergipe)	Complexo de forma irregular com 25 km de extensão com largura variável entre 1 e 3 km (62)	Dominantemente gabros, dioritos, com piroxenitos e serpentinitos subordinados (62)	Facies anfibolito (62)	Pré-cambriano	Provavelmente intrusão estratiforme (62)	1.1.2	Rochas vulcano-sedimentares (leptitos, anfibolitos). Intrusões graníticas e granodioríticas (62)	Gabros, noritos e hiperitos	Disseminações	Calcopirita, pirrotita, pentlandita	3.984.770 t de minério (indicada + inferida)	0,35% Ni 0,34% Cu 0,02% Co
	Fortaleza de Minas (Minas Gerais)											5.000.000 t de minério	2,56% Ni 0,45% Cu 0,70% Co
	Hidrolina (Goiás)		Complexo vulcano-sedimentar com destaque para lavas ultramáficas. Tipo greenstone belt	Xistos verdes	Arqueanos	Textura spinifex	1.1.1	Gnaisses e granitos	Lavas peridotíticas (15)	Pequenas segregações (15)	Pirrotita, pentlandita, calcopirita (15)		
NÍQUEL INTEMPÉRICO RESIDUAL (lateríticо)	Vermelho, Carajás (Pará)	Corpos máfico-ultramáficos com 2 a 3 km, numa faixa de 50 km (7)	Gabros, piroxenitos, serpentinitos	Não obtivemos registro	Pré-cambriano		1.2.2.1	Gnaisses e granitos	As rochas subjacentes aos depósitos são principalmente serpentinitos	Coberturas. Espessura do minério garnierítico: 6,7 m e do limonítico: 10 m (7)	Garnieritas e limonitas	Estimada em cerca de 40.000.000 t de minério (em partes mais ou menos equivalentes para garnieritas e limonitas) (7)	Minério garnierítico: 1,99% de Ni Limonítico: 1,12% de Ni (7)
	Niquelândia (Goiás)	Complexo de forma ovalada com 50 x 24 km	Gabros, anortositos, peridotitos, dunitos e serpentinitos	Facies anfibolito (34)	Proterozóico Inferior, provavelmente (34)	Intrusão acamadada deformada e metamorfizada. Domínios dos tipos máficos. Presença de lentes de ilmenita (34)	1.1.2	Gnaisses e xistos	As rochas subjacentes pertencem a 2 subzonas: peridotito-dunítica e piroxenito-peridotítica (47)	Coberturas	Garnieritas e limonitas	Cerca de 60.000.000 t de minério (47)	Teor médio: 1,45% Ni (47)
	Barro Alto (Goiás)	Complexo em forma de arco, com comprimento de 156 km e largura de 8 a 25 km (5)	Gabros, anortositos, piroxenitos, peridotitos e peridotitos mais ou menos serpentinizados (5)			Frequentes contatos tectônicos. Presença de corpos de gnaisses e quartzitos englobados no complexo. Complexo máfico-ultramáfico deformado	1.1.2	Predominância de gnaisses	As rochas subjacentes são principalmente peridotitos serpentinizados	Coberturas com espessuras médias de 3,72 m e cobertura estéril com espessura média de 2,84 m (5)	Garnieritas e limonitas	72.394.000 t (medida + indicada + inferida) (5)	1,72 a 1,89% Ni (com "cut off" de 1 a 1,2% Ni) (5)
	Morro do Engenho (Goiás)	Complexo ovalado com 5,3 x 4,7 km (6)	Dunitos, peridotitos, missouritos, gabros alcalinos, sienitos, serpentinitos	Ausente (ocorre apenas metamorfismo interno)	Cretáceo	Complexo ultramáfico-alcalino zoneado concentricamente. Quatro zonas do centro para a periferia: núcleo dunítico, peridotito-piroxenítica, gábrico-alcalina e sienito-nefelínica (6)	2.1.1.2	Formação Furnas: domínio de arenitos	As rochas subjacentes são principalmente dunitos e peridotitos mais ou menos serpentinizados	Coberturas com espessuras de até 12 m	Principalmente silicatado (garnieritas)	18.276.000 t (medida + indicada + inferida) (6)	1,32% Ni (com "cut off" de 1,10% de Ni) (6)
	Pratapólis (Minas Gerais)	Maciço elíptico com 900 x 350 m (64)	Serpentinito		Pré-cambriano		1.2.2.1	Quartzitos, anfibolitos, gnaisses e xistos (Série Minas) (64)	A rocha subjacente é um serpentinito	Cobertura	Garnierita	Cerca de 2.700.000 t de minério (19)	1,2% de Ni (19)
FERRO-TITÂNIO (magmatogênico primário)	Campo Alegre de Lourdes (Bahia)	Complexo com 13 x 7 km	Gabros e noritos	Registrado mas não especificado	Arqueano (36)	Complexo básico-ultrabásico com predominância de noritos, gabros e anortositos (36). Titânio associado com vanádio	1.1.2	Gnaisses, migmatitos e granulitos (54)	Gabro (clorita-xistos e calcossilicáticas)	Lentes achatadas	Ilmenita-hematita em ex-solução (54)	66.000.000 t de minério (36)	Fe = 47,4% TiO_2 = 21,1% V_2O_5 = 0,75% Teores médios (54)
	Floresta (Pernambuco)	Diversos corpos. O mais importante é ovóide com 520 x 300 m (Serrote das Pedras Pretas)	"anortositos, ortoanfibolitos, metaperidotitos e diopsiditos" (37). "actinolitito, metapiroxenitos, tremolita-xistos, anfibólio-fels" (20)	Registrado mas não especificado	Pré-cambriano	Titânio associado com vanádio	1.1.2	Gnaisses e migmatitos	"metapiroxenitos, tremolita-xistos e ultrabásicos silicificados" (20)	"Disseminações em amas, "stock work" e minério maciço" (20)	Minério ilmenítico	5.500.000 t para os 3 principais corpos (medida + indicada + inferida) (20).	"Cut off" de 14% TiO_2 (20)
TITÂNIO INTEMPÉRICO RESIDUAL	Catalão (Goiás)	Complexo circular com 5,2 km^2 (11)	Peridotitos, piroxenitos, carbonatitos (11)	Autometassomatismo	Cretáceo	Associação com vermiculita, terras raras, nióbio, fosfato. Mesmo tipo de Tapira e Salitre (34). Complexo ultramáfico-alcalino.	2.1.1.2	Principalmente xistos do Grupo Araxá	As rochas subjacentes são piroxenitos e carbonatitos	Coberturas	Anatásio, ilmenita e perowskita	163 x 10^6 t de minério (medida + indicada + inferida) até 50 m de profundidade (11)	Superior a 15% TiO_2
COBRE (sem níquel importante)	Caraíba (Bahia)	Lenticular alongada ou tabular, com até 5 km x 300 m	Predominam tipos máficos: noritos, gabros e anortositos. Presentes também ultramafitos como piroxenitos e serpentinitos	Registrado	Arqueano (36)	Complexo máfico-ultramáfico estratificado (54). Subprodutos: Au, Ag (Pt)	1.1.2	Gnaisses, migmatitos e granulitos	Piroxenitos, noritos, gabros e mais raramente anortositos (54)	Disseminações e vênulas, às vezes concentrações maciças	Calcopirita, bornita, pirrotita, calcocita, malaquita	Minério sulfetado: 563.061 t Cu "cut off" de 0,60% Cu. Minério oxidado: 47.280 t Cu com teor médio 1,20% Cu (9)	
	Arapiraca (Alagoas)		Complexo máfico-ultramáfico metamorfizado	Registrado	Pré-cambriano	Associação com corpos maciços de Fe/Ti. Associação com Au	1.1.2	Gnaisses e migmatitos		Disseminações			
ASBESTO	Cana Brava (Goiás)	Complexo alongado com extensão de 33 km e largura máxima de 7 km	Gabros e metagabros (dominantes), anfibolitos, peridotitos, serpentinitos, actinolita-talco-clorita-xistos, anfibolitos (45)		Proterozóico Inferior, provavelmente (34)	Responsável por 98% da produção de crisotila do Brasil (1980) (45)	1.1.2	Gnaisses e granulitos	Serpentinitos (derivados de peridotitos e piroxenitos)	Diversos corpos com formas: tabulares ou em "S" (máximo de 2.000 x 110 m) alongado. "Stock work", com fibras."cross" (geralmente) e "slip" (raramente)	Crisotila	79.528.000 t de minério (medida + indicada + inferida) (45)	6,79% (45)
	Poções (Bahia)	Corpo alongado de 5 km x 2 km (36)	Principalmente serpentinitos (derivados de peridotitos e piroxenitos), piroxenitos e metagabros (36)		Arqueano (36)		1.2.2.1	Granulitos	Serpentinitos		Crisotila		
	Campestre (Alagoas)	Complexo alongado irregular (com muitos deslocamentos tectônicos) com 2,5 km de extensão e largura máxima de cerca de 300 m	Antofilitos, serpentinitos, hornblenditos, actinolitito	Registrado e não especificado	Pré-cambriano		1.2.2.1	Micaxistos	Antofilititos	Bolsões irregulares com asbesto do tipo "mass fiber"	Antofilita	2.309.000 t de minério (18)	2% (18)
VERMICULITA	Paulistana (Piauí)	Corpo de forma elíptica com eixo maior, medindo cerca de 2.200 m	Perkinito com variações para lamprófiros sieníticos (55)		Pré-cambriano	Faltam informações sobre os tipos petrográficos presentes	1.3.1	Micaxistos	Rocha composta por diopsídio (dominante) feldspato alcalino, anfibólio, apatita, biotita e vermiculita (textura pegmatóide)	Bolsões irregulares, veios pegmatóides	Vermiculita	3 x 10^6 t (23)	Cerca de 50% (para 1,8 x 10^6 t de minério) (23)
	Catalão (Goiás)	Complexo circular com 5,2 km^2	Peridotitos, piroxenitos, carbonatitos	Autometassomatismo	Cretáceo	Associação com titânio, terras raras, nióbio e fosfato. Complexo ultramáfico-alcalino	2.1.1.2	Principalmente xistos do Grupo Araxá	Glomeritos (rochas a base de flogopita)	Bolsões	Vermiculita	48 x 10^6 (granulometria acima de 325 "mesh")	17 - 24%

Elaborado por Mário Farina (1985)

Nota: Os números com parênteses indicam as referências bibliográfica

QUADRO IV

CLASSIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS COMPLEXOS MÁFICO-ULTRAMÁFICOS E DEPÓSITOS MINERAIS ASSOCIADOS

GEOFÍSICA
Geralmente anomalias gravimétricas positivas e aeromagnéticas altas

IMAGENS MULTIESPECTRAIS
Halos de alteração superficial (minerais hidratados). Feições específicas para lateritas. Stress de vegetação - complexos serpentinizados

FOTOGEOLOGIA
Manchas contrastantes, geralmente escuras e padrões de drenagem típicos e diferenciados

MINERALOGIA
Olivina, piroxênios, anfibólios, plagioclásios, serpentina, talco, magnetita

PETROGRAFIA
Dunitos, peridotitos, piroxenitos, gabros, dioritos, basaltos, komatiítos

QUIMISMO
Altos conteúdos de: Mg, Fe e Ca. Baixos conteúdos de: Na, K e Si. Máficas: 45 - 52% SiO_2. Ultramáficas? 45% SiO_2

CONCENTRAÇÕES METALÍFERAS ÚTEIS
Níquel, cromo, metais do grupo da platina, cobre, titânio, vanádio, ouro, cobalto, nióbio, tântalo, terras raras

MINERAIS NÃO METÁLICOS ÚTEIS
Asbesto, vermiculita, diamante, talco, esmeralda, jade, coríndon, fosfato

COMPLEXOS MÁFICO-ULTRAMÁFICOS

Ambiência instável - zonas orogênicas ativas

TECTÔNICA DE PLACAS
Fenômenos relacionados com movimentos convergentes de placas

Posicionamento Antetectônico

Lavas, principalmente, e intrusões acamadadas, frequentemente komatiíticas, em greenstone belts

- CONOTAÇÕES GEOLÓGICAS: Idade geralmente Arqueano, às vezes Proterozóico. Metamorfismo de facies xistos verdes. Textura spinifex
- LITOLOGIAS PRINCIPAIS: Komatiítos, dunitos, peridotitos, serpentinitos, basaltos
- EXEMPLOS ESTRANGEIROS: Canadá: Langmuir e Marbridge, (ambos no Abitibi), Thompson (em Monitobe), Ungava e Lynn Lake. Austrália: Kambalda, Perseverance, Six Mile, Car Boyd. Rodésia: Shangani, Selukwe. URSS: Pechenga
- EXEMPLOS BRASILEIROS: Hidrolina (Goiás), Crixás (Goiás)
- DEPÓSITOS MINERAIS: Cerca de 23% das reservas mundiais de níquel sulfetado. Importantes depósitos de asbestos e ouro. Alguns depósitos de cromita

Intrusões máfico-ultramáficas e especialmente anortositos

- CONOTAÇÕES GEOLÓGICAS: Complexos metamorfizados, às vezes acamadados, geralmente pré-cambrianos
- LITOLOGIAS PRINCIPAIS: Gabros, dioritos, anortositos, peridotitos, serpentinitos
- EXEMPLOS ESTRANGEIROS: Canadá: Dore Lake, Allard Lake. USA: Adirondack, Sanford Lake. Noruega: Tellmas. Finlândia: Otanmaki. Itália: Ivrea-Verbano
- EXEMPLOS BRASILEIROS: Caraíba (Bahia), Niquelândia, Barro Alto, Americano do Brasil (Goiás), Canindé (Sergipe), Campo Alegre de Lourdes (Bahia)
- DEPÓSITOS MINERAIS: Importantes depósitos de Fe/Ti/V, alguns depósitos de cromita. Potencialidade para platina. Depósitos de níquel sulfetado e de cobre

Posicionamento Sintectônico

Intrusões sinorogênicas

- CONOTAÇÕES GEOLÓGICAS: Acamadamento irregular, quando presente. Distribuição irregular de ampla variedade de rochas ígneas. Possível relacionamento com colisão continental
- LITOLOGIAS PRINCIPAIS:
- EXEMPLOS ESTRANGEIROS: Alaska: La Percuse. Noruega: Rona
- EXEMPLOS BRASILEIROS:
- DEPÓSITOS MINERAIS: Pequena importância mundial para níquel sulfetado, com menos de 1% das reservas

Corpos posicionados tectonicamente

Ofiolitos

- CONOTAÇÕES GEOLÓGICAS: Obducção. Presença de sequências ofiolíticas completas ou parciais. Fragmentos de crosta oceânica deslocados
- LITOLOGIAS PRINCIPAIS: Dunitos, peridotitos, gabros, anortositos, diabásios, basaltos almofadados
- EXEMPLOS ESTRANGEIROS: Chipre, Nova Caledônia, Monte Catini (Itália), Filipinas, Cuba.
- EXEMPLOS BRASILEIROS: Os casos bem caracterizados ainda são desconhecidos. Araguaia (Goiás/Pará) e Morro Feio (Goiás) são possíveis exemplos
- DEPÓSITOS MINERAIS: Produção de pelo menos 50% da crisotila mundial. Importantes depósitos de cromita podiforme. Pequena importância para cobre

Diápiros do manto

- CONOTAÇÕES GEOLÓGICAS: Estrutura interna dômica. Auréola térmica com granulitos
- LITOLOGIAS PRINCIPAIS: Dunitos, peridotitos e piroxenitos - pouco serpentinizados
- EXEMPLOS ESTRANGEIROS: Mt. Albert (Canadá)
- EXEMPLOS BRASILEIROS:
- DEPÓSITOS MINERAIS: Cromita podiforme

Posicionamento Tardi-tectônico

Complexos zonados concentricamente de natureza alcalina

- CONOTAÇÕES GEOLÓGICAS:
- LITOLOGIAS PRINCIPAIS: Piroxenitos, piroxenitos feldspáticos, sienitos, pegmatóides ultramáficos
- EXEMPLOS ESTRANGEIROS: Salt Chuck (Alaska), Palabora (África do Sul), Libby (USA)
- EXEMPLOS BRASILEIROS: Paulistana (Piauí)
- DEPÓSITOS MINERAIS: Mais que 60% das reservas de vermiculita dos países capitalistas, às vezes em associação com cobre e fosfato. Alguns depósitos de Fe/Ti

Ambiência relativamente estável - zonas anorogênicas ou cratônicas

TECTÔNICA DE PLACAS
Fenômenos ocorrentes no interior das placas e relacionados com movimentos divergentes de placas

Corpos relacionados com derrames de basaltos de platô e rifteamento continental

Intrusões

Tipo gabro/diabásio, às vezes acamadado

- CONOTAÇÕES GEOLÓGICAS: Intrusões associadas com falhamentos e penetrantes em sedimentos com evaporitos. Isótopos de S compatíveis com derivação de evaporitos
- LITOLOGIAS PRINCIPAIS: Gabros, diabásios, noritos, troctolitos, gabros picríticos
- EXEMPLOS ESTRANGEIROS: Norilsk (URSS), Duluth (USA), Insiwa (África do Sul), Dufet (Antártica)
- EXEMPLOS BRASILEIROS: São ainda desconhecidos depósitos minerais
- DEPÓSITOS MINERAIS: Cerca de 43% das reservas de níquel sulfetado do mundo, às vezes associado a cobre. Cerca de 17% das reservas mundiais de MGP. Alguns depósitos de Fe/Ti

Tipo alcalino-carbonatítico em complexos anelares

- CONOTAÇÕES GEOLÓGICAS:
- LITOLOGIAS PRINCIPAIS: Dunitos, piroxenitos, melteigitos, ijolitos, jacupirangitos, sienitos nefelínicos, carbonatitos
- EXEMPLOS ESTRANGEIROS: Magnet Cove (USA) e Uganda
- EXEMPLOS BRASILEIROS: Catalão (GO) Poços de Caldas (MG) Tapira (MG) Araxá (MG) Salitre (MG) Serra Negra (MG) Morro do Engesho (GO) Anitápolis (SC)
- DEPÓSITOS MINERAIS: Vermiculita, fosfato, titânio, terras raras, nióbio/tântalo, urânio, níquel laterítico

Tipo kemberlítico

- CONOTAÇÕES GEOLÓGICAS:
- LITOLOGIAS PRINCIPAIS: Kimberlitos
- EXEMPLOS ESTRANGEIROS: África do Sul e Iacutia (Sibéria)
- EXEMPLOS BRASILEIROS: Coromandel (MG) Monte Carmelo (MG) Estrela do Sul (MG) Patrocínio (MG) Redondão (PI)
- DEPÓSITOS MINERAIS: 100% do diamante primário do mundo

Extrusões de basaltos de platô

- CONOTAÇÕES GEOLÓGICAS:
- LITOLOGIAS PRINCIPAIS: Basaltos
- EXEMPLOS ESTRANGEIROS: Lago Superior (USA)
- EXEMPLOS BRASILEIROS: Basaltos da bacia do Paraná e Meio Norte
- DEPÓSITOS MINERAIS: Cobre (Lago Superior é a única jazida atualmente conhecida)

Complexos intrusivos acamadados sem relação com derrames de basaltos de platô

- CONOTAÇÕES GEOLÓGICAS: Ausência de metamorfismo externo. A formação destes complexos tem sido atribuída a "hot spots" e a processo irruptivo em Sudbury
- LITOLOGIAS PRINCIPAIS: Gabros, piroxenitos, peridotitos e anortositos
- EXEMPLOS ESTRANGEIROS: Bushveld (África do Sul), Sudbury (Canadá), Stillwater (USA), Great Dyke (Rosédia), Muskox (Canadá)
- EXEMPLOS BRASILEIROS: São ainda desconhecidos
- DEPÓSITOS MINERAIS: Cerca de 35% das reservas mundiais de Ni sulfetado, 84% das de cromita (estratiforme), 83% das de MGP, depósitos de Fe/Ti

Elaborado por Mário Farina (1985)