

Antonio Liccardo

**Geologia do
diamante**

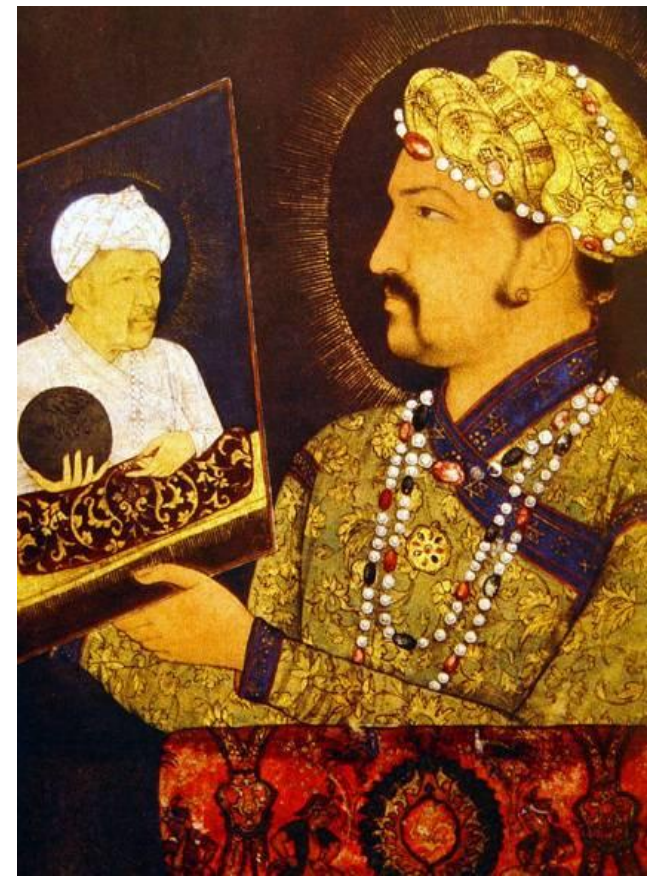
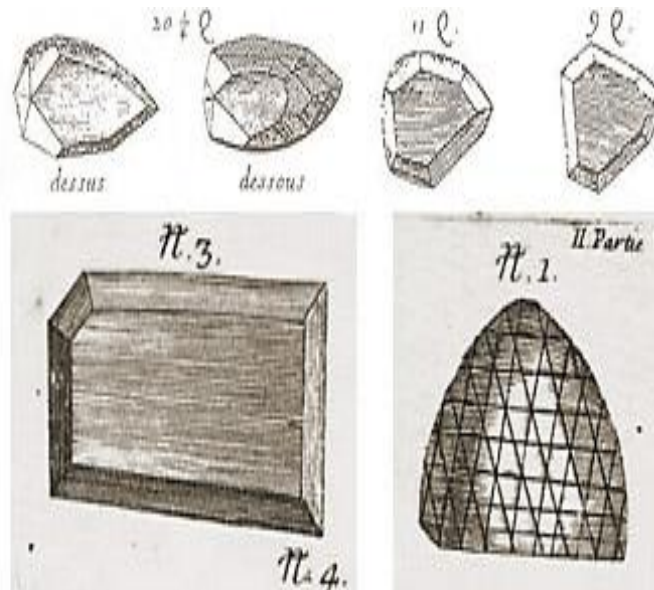
Área de Mineralogia-Gemologia
UFOP

Programação

- Histórico
- Processos genéticos
- Depósitos Primários
- Depósitos Secundários
- Prospeccção de diamantes
- Extração e lavra
- Bibliografia recomendada

Histórico da extração de diamante no mundo

- Citações em textos indianos de 800 a.C.
- Golconda – Alexandre em 350 a.C.
- Bornéu – citações em 300 a.C
- Brasil – 1725
- África – 1866
- Rússia – 1954
- Austrália – 1978
- Canadá – 2001
- Brasil – reserva Roosevelt



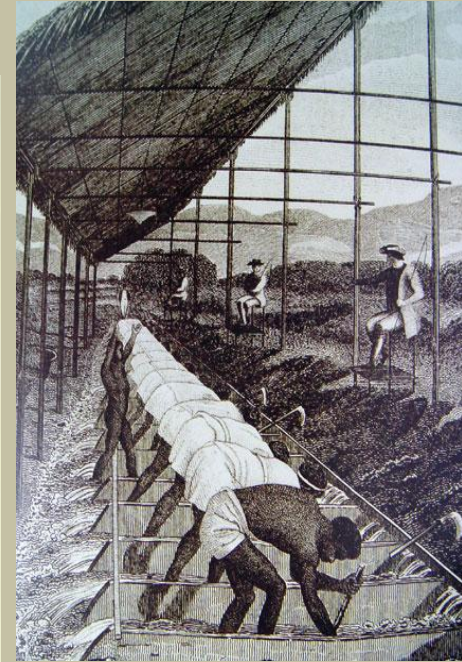
Índia – Reino de Goa - Golconda Presença de Portugueses



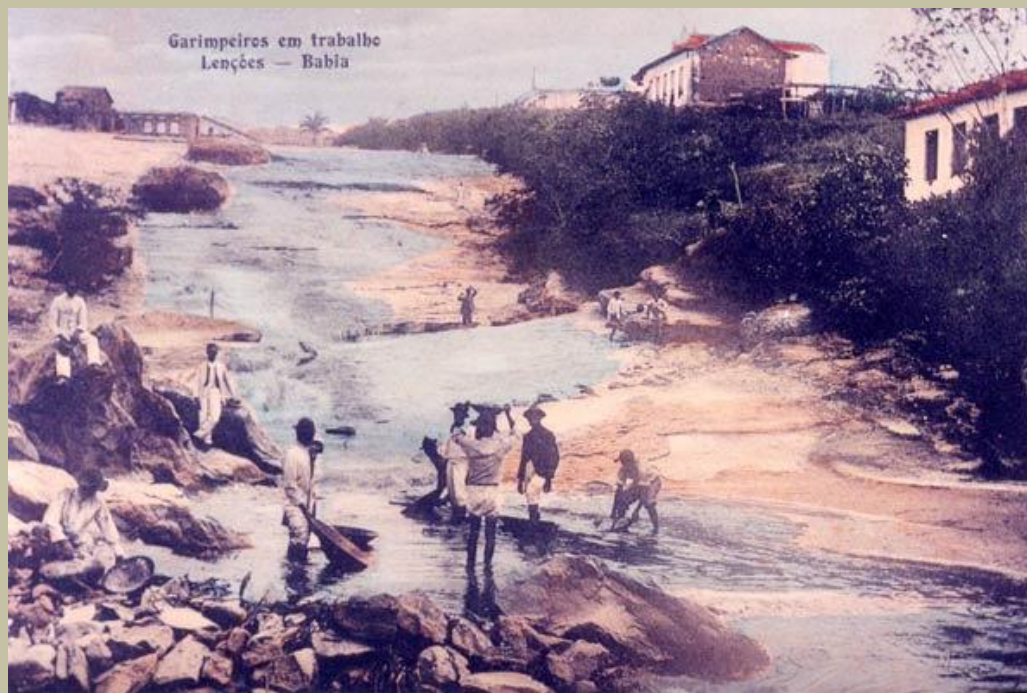
Depósitos Aluvionares

Diamantina

1725 - 1860

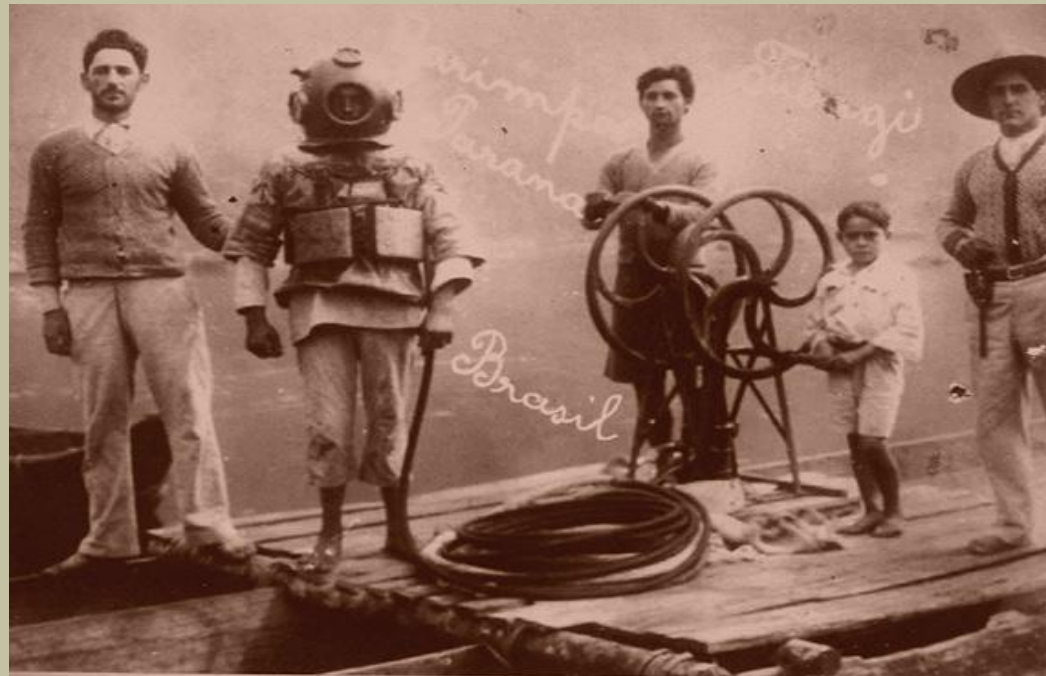


Descoberta de
diamantes no
Arraial do
Tejuco – Serro
Frio – Brasil
1725



Lençóis – BA e Tibagi - PR

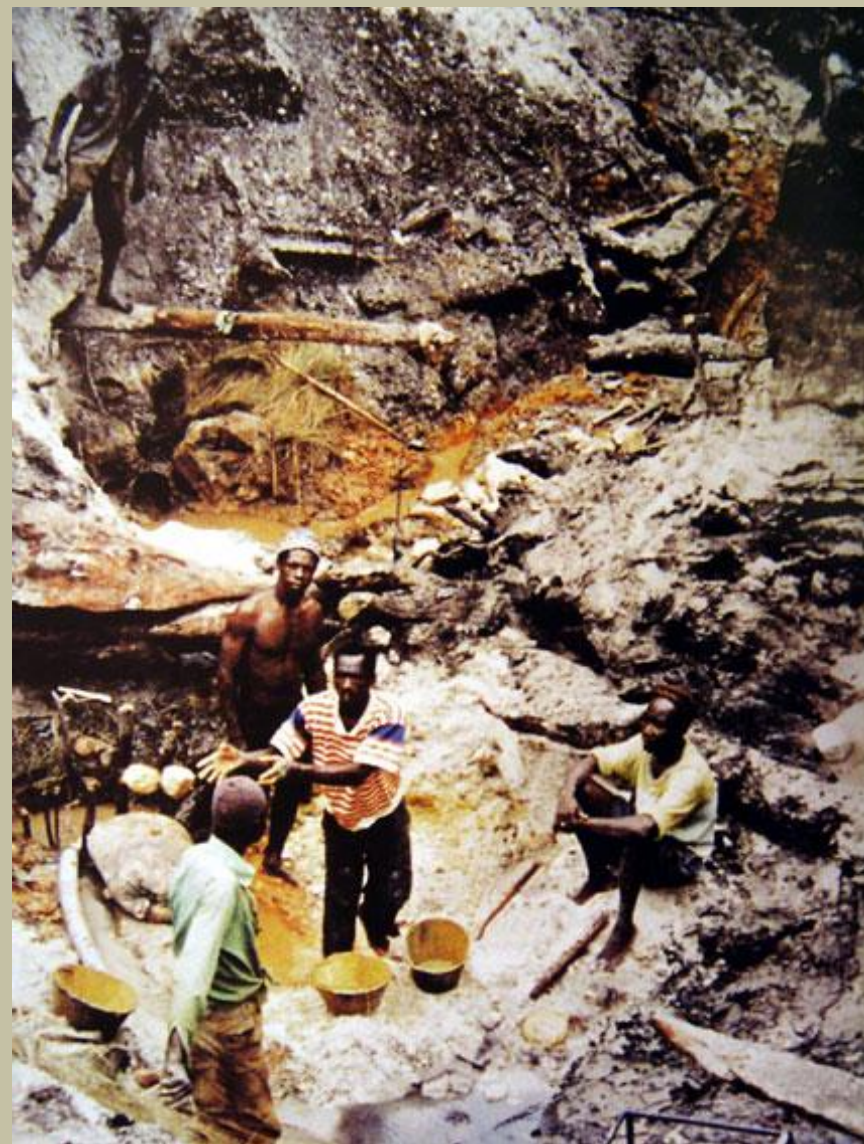
1754 - 1770



África – descoberta nos rios Orange e Vaal - 1866

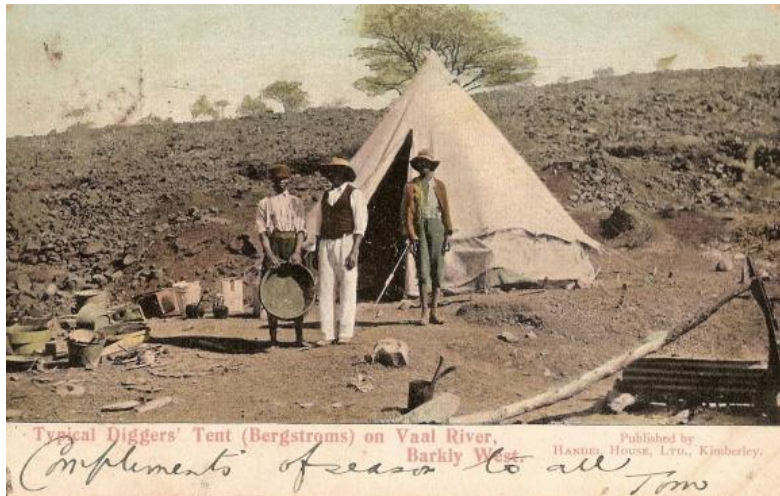


Campo de mineração no Vaal River (1873)



Extração aluvionar atual - Angola

Kimberley – África do Sul -
descoberta do diamante em
rocha 1871



Typical Diggers' Tent (Bergstroms) on Vaal River,
Barkly West. Published by
HAROLD HOUSE, LTD., Kimberley.
Compliments of season to all



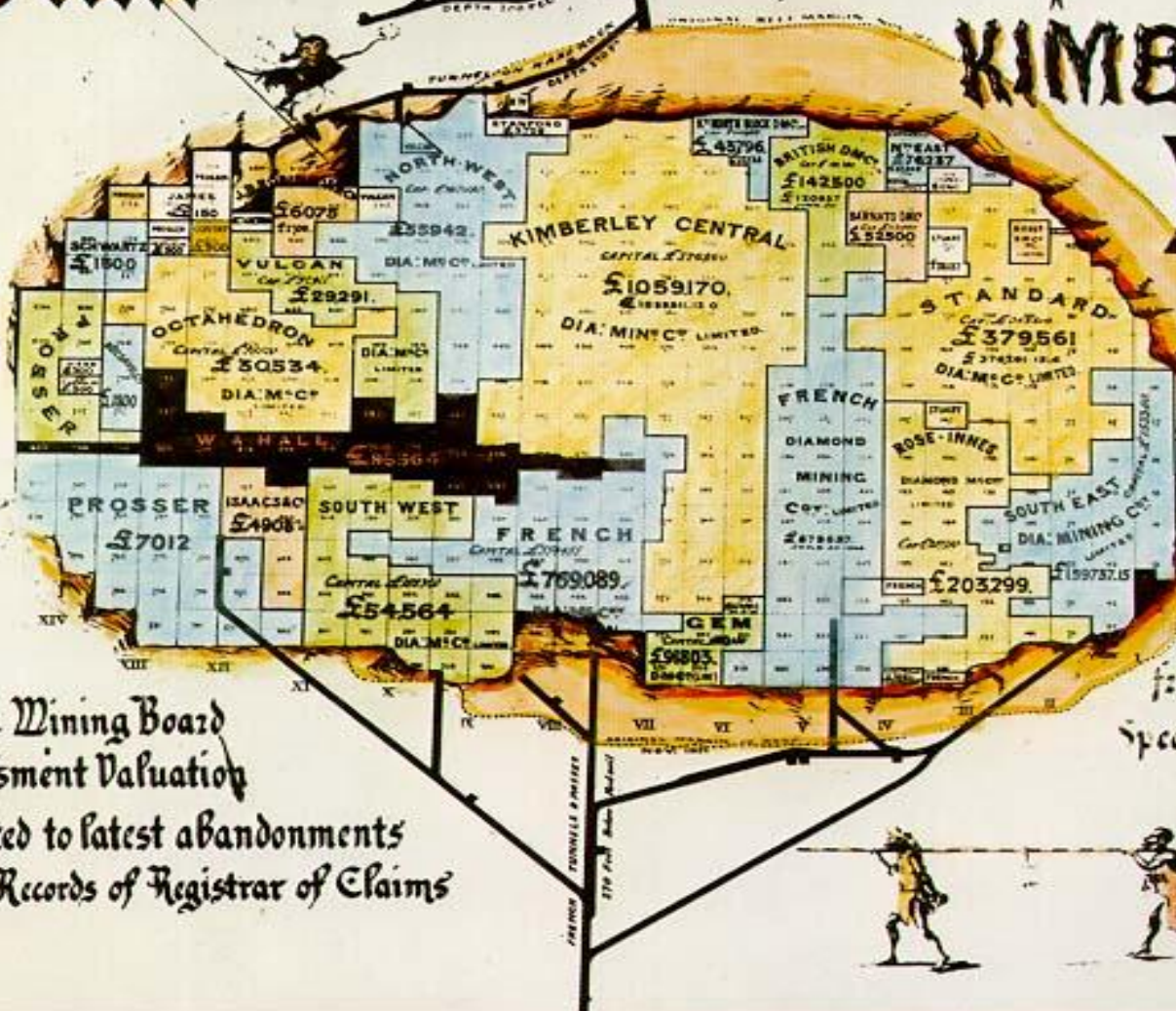
Plan

showing the relative positions of all holdings in

KIMBERLEY MINE

June 30

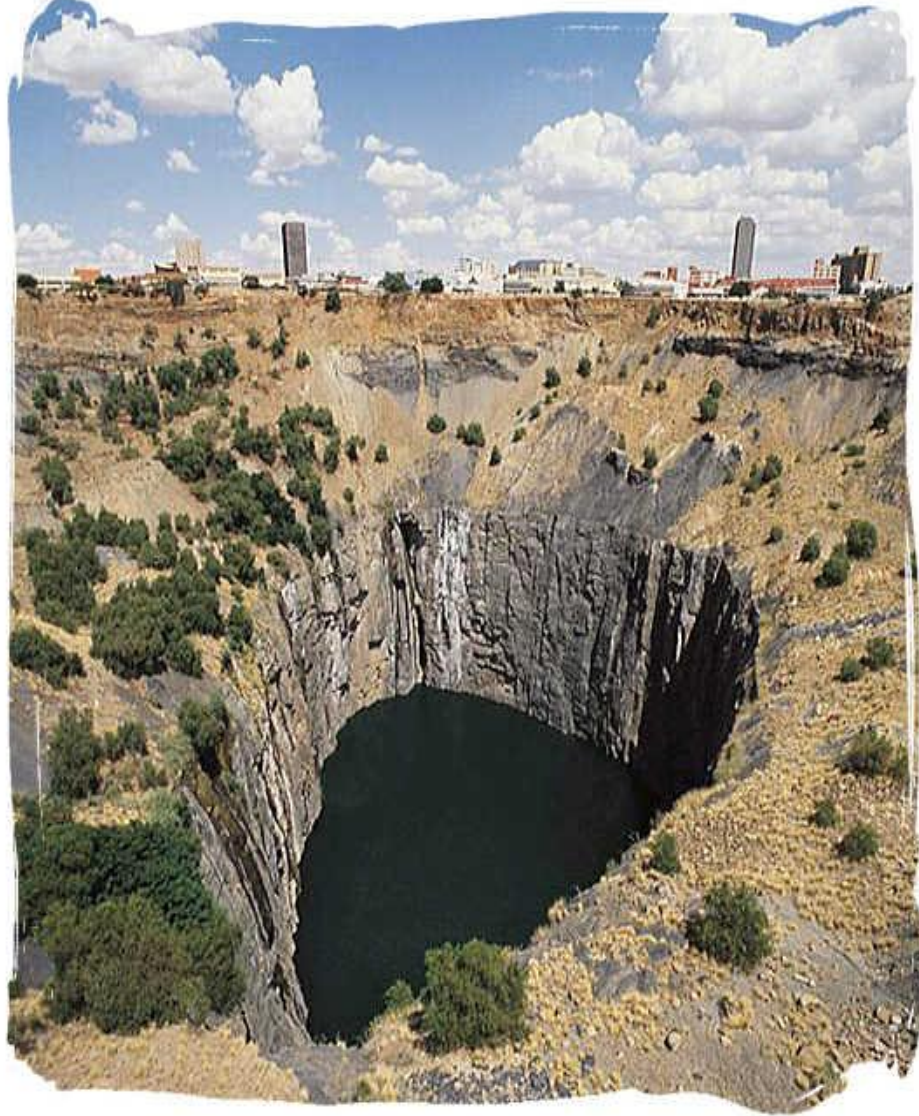
1883



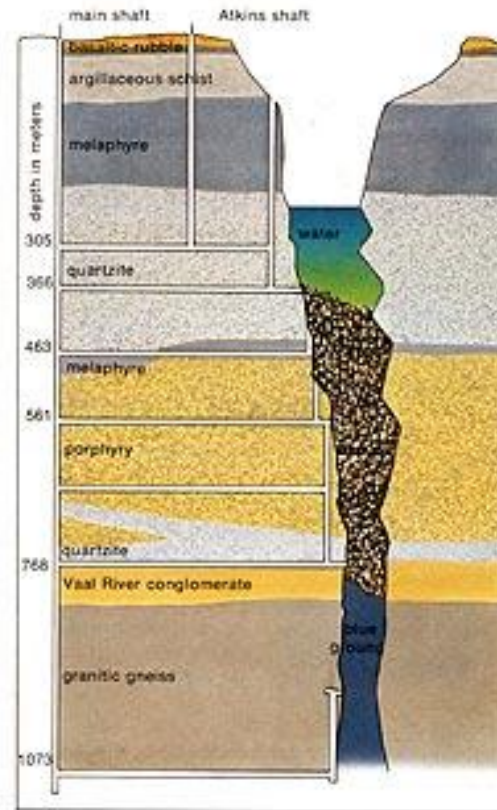
With Mining Board
Assessment Valuation
corrected to latest abandonments
as per Records of Registrar of Claims

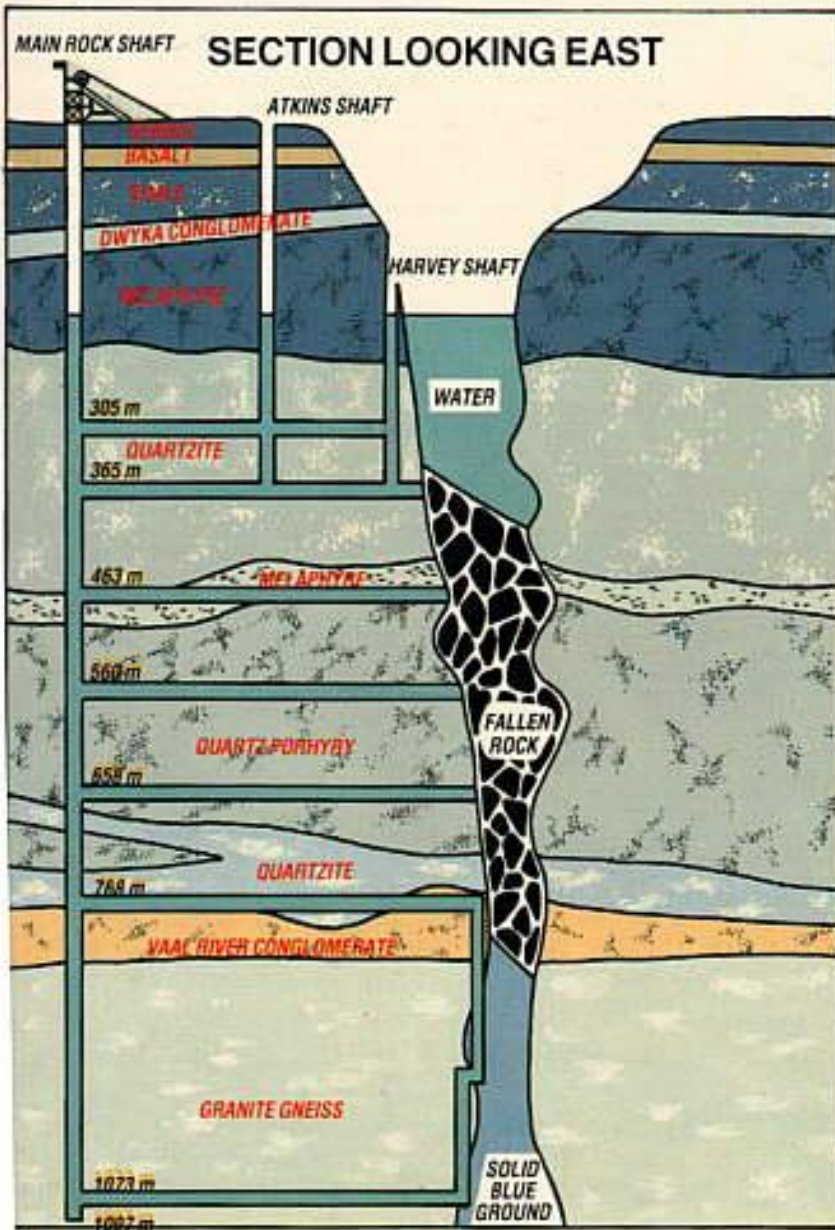
Compiled and Drawn
from Official Records by
Special permission
by Ridger Tucker.





Big Hole – o maior buraco feito pelo homem no mundo

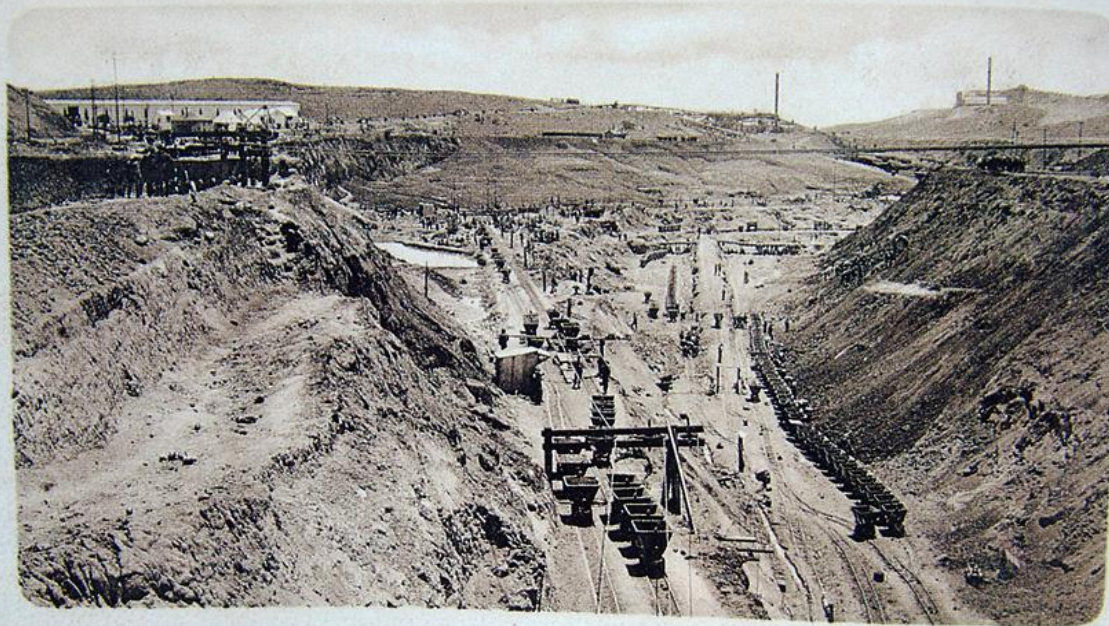




The Kimberley Mine

DISCOVERED 16TH JULY 1871 BY FLEETWOOD RAWSTORNE

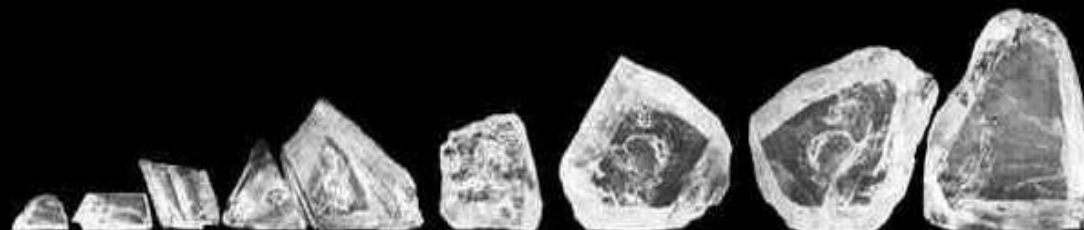
AREA AT SURFACE	17 ha
PERIMETER	1,6 km
AXIS NORTH & SOUTH	500 m
AXIS EAST & WEST	457 m
SURFACE TO TOP OF HARD ROCK	90 m
SURFACE TO WATER	165 m
DEPTH OF WATER	230 m
GROUND EXCAVATED	22 500 000 t
DIAMONDS PRODUCED	14 504 566 carats
EQUIVALENT TO	2722 kg
WORKING CEASED	AUGUST 1914

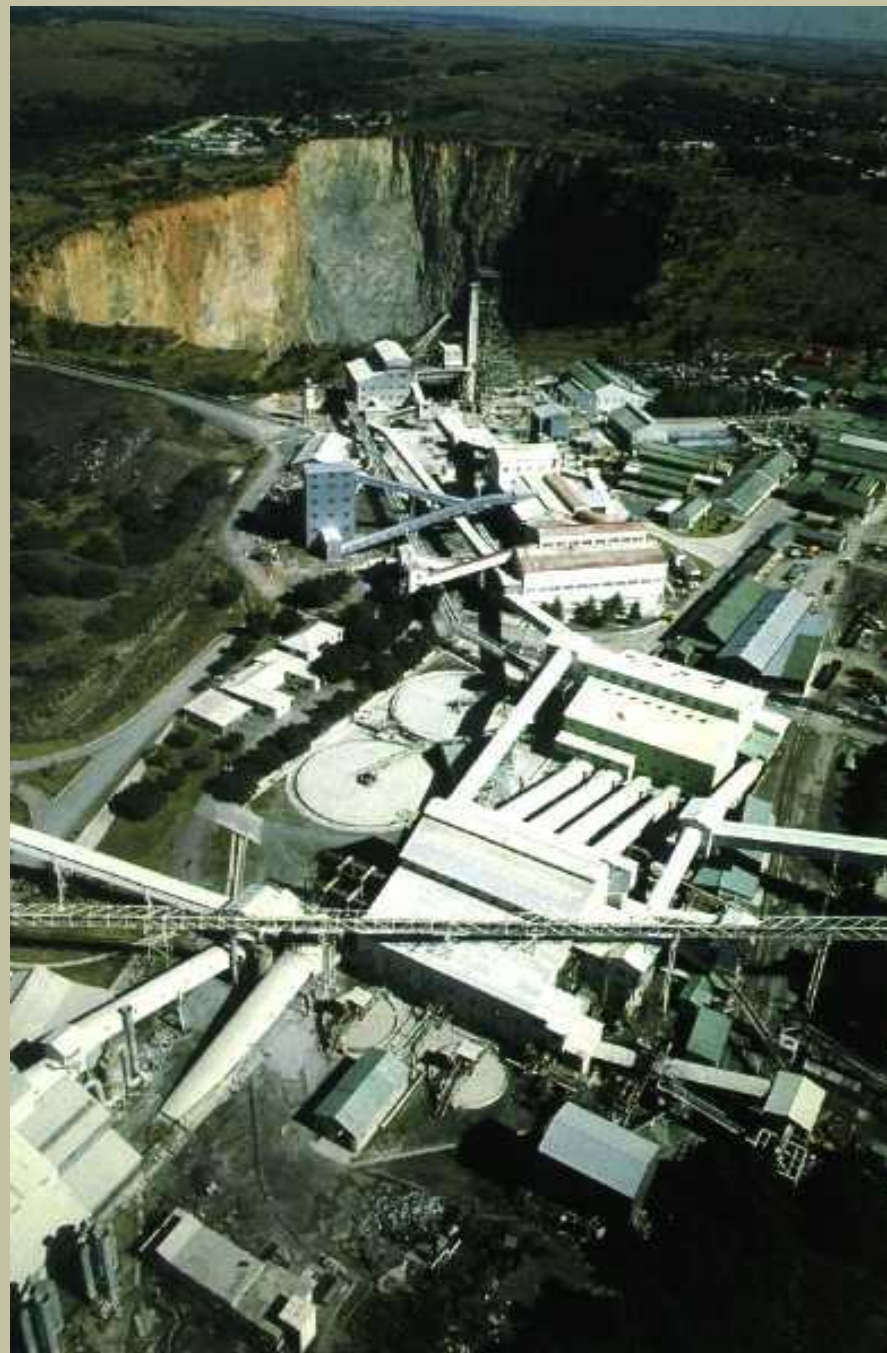


General View, Premier Diamond Mine, Transvaal.



CULLINAN
Bruto – 3116 ct
Encontrado em 1905 na Mina
Premier, resultou em 9 gemas





Processamento
industrial
Extração a céu
aberto de
kimberlitos –
Botswana,
Lesotho...



Descoberta de kimberlitos mineralizados na Rússia – 1954
Kimberlito Mir na Sibéria



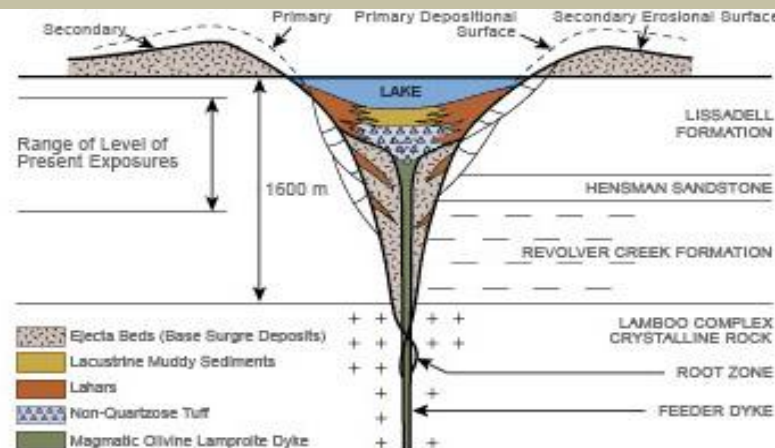
1978 – Descoberta
de diamantes em
lamproítos na
Austrália
Argyle Austrália
a maior mina do
mundo

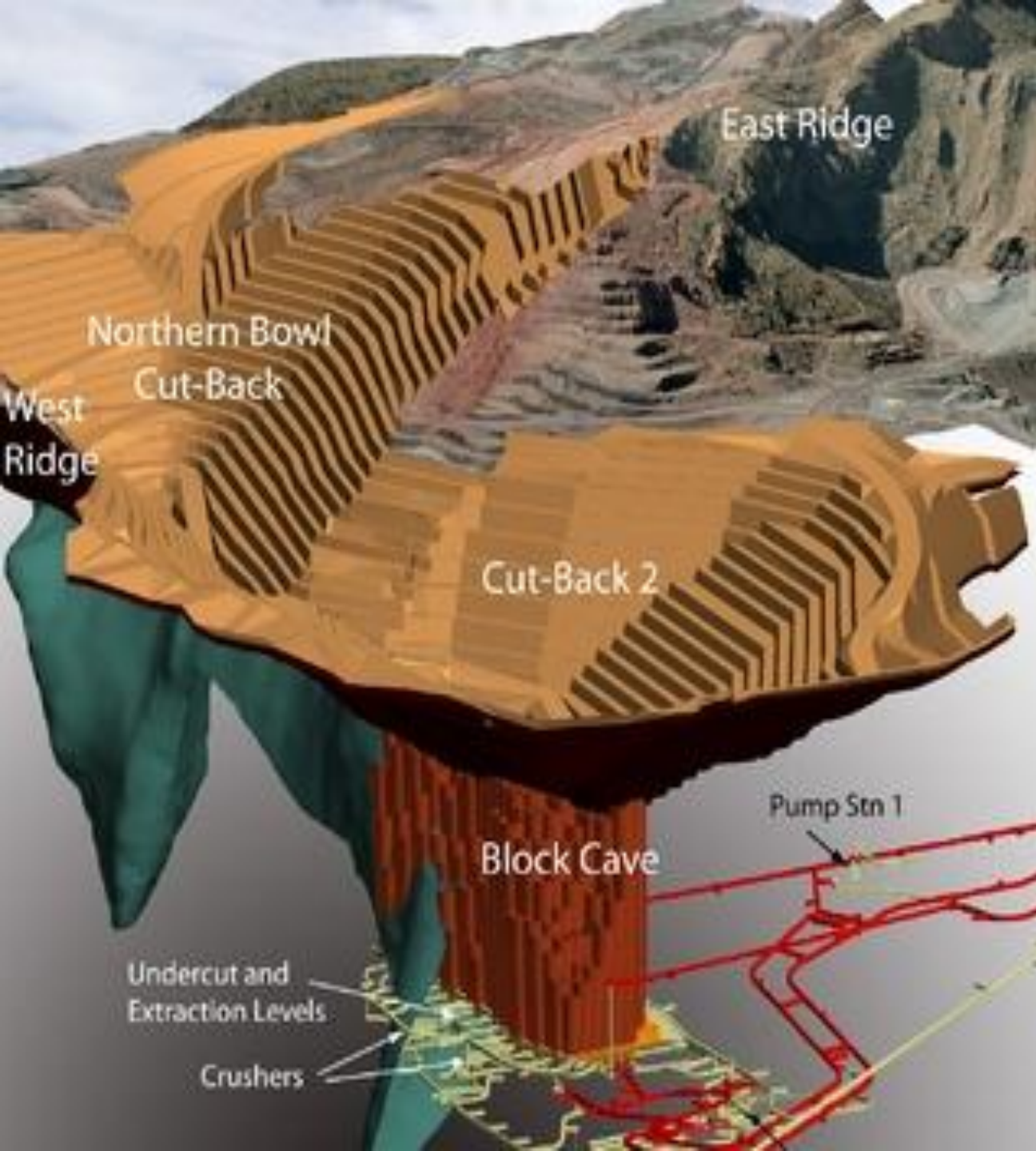
diamantes rosa



ARGYLE
DIAMONDS

THE BRILLIANT LIGHT OF AUSTRALIA.





Argyle
Austrália
extração será
subterrânea a partir
de 2010



Summer

Diavik Diamond Mine, Canada



Winter



Anos 90 – Pesquisa e início de produção em kimberlitos no Canadá
Diavik - extração no gelo do Ártico

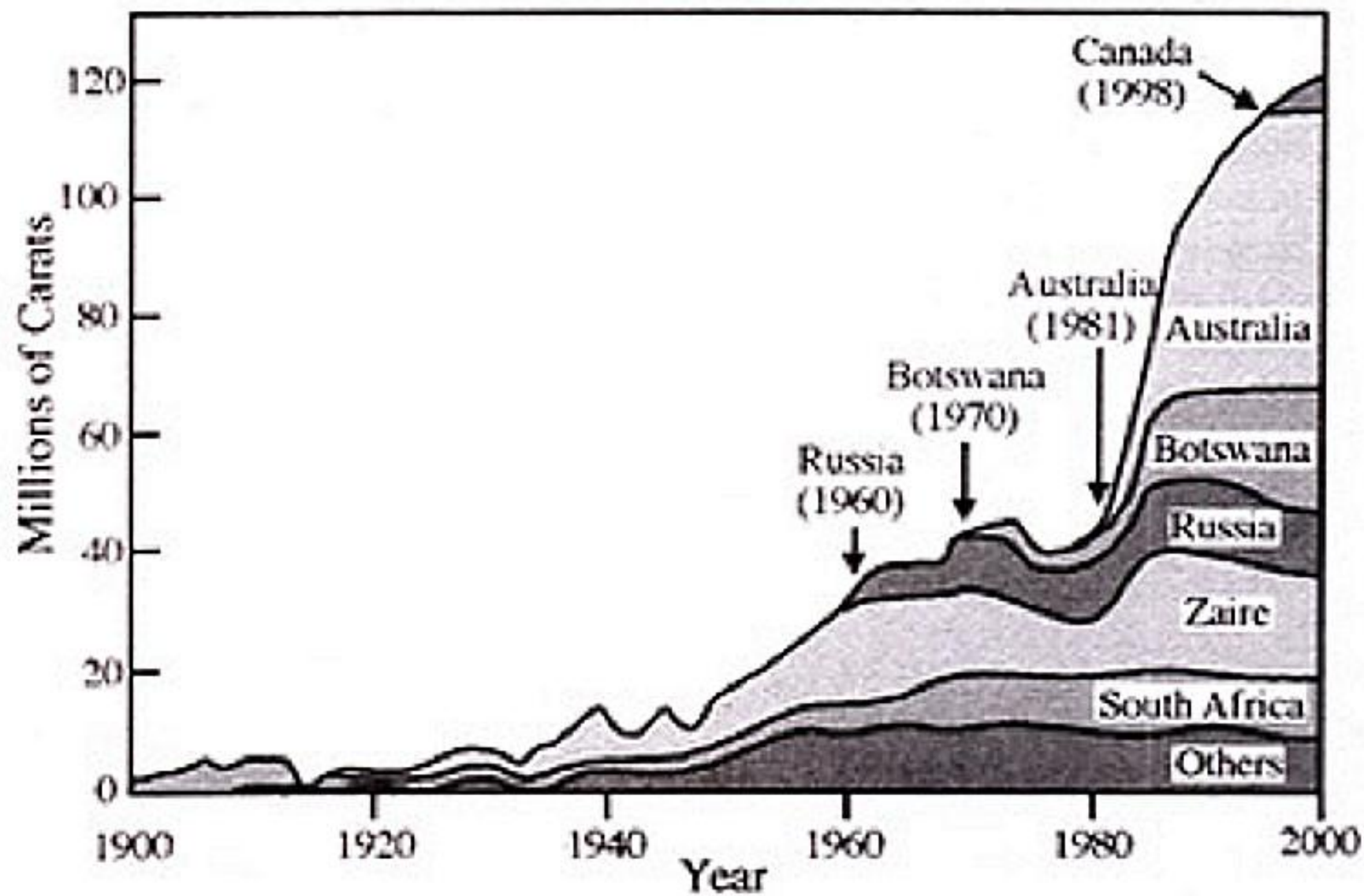
Golconda, Índia 20 séc. para 12M ct

Diamantina, 1725 150 anos para 15M ct

África do Sul, 1866 10 anos para 15M ct

Sibéria, 1954 17M ct/ano

Austrália, 1980 40M ct/ano



- Processos genéticos

-Em 1887 foi descrita rocha “matriz” do diamante como um peridotito porfirítico, logo em seguida denominado **Kimberlito**

-A partir do reconhecimento da rocha **centenas de corpos** foram identificados na África.

-Análises químicas e datações dos kimberlitos e de inclusões no diamante mostraram que o **diamante não se forma nesta rocha.**

-**Kimberlito** – rocha vulcânica de composição mantélica alcalina que transportou o diamante das profundezas para a superfície em erupção por chaminés estreitas - **pipes**

Diamantes já foram encontrados em diversas rochas não-sedimentares:

- kimberlitos, lamproítos, lamprófiros e rochas ígneas correlatas (Mitchell 1991)
- Komatiitos (Capdevilla *et al.* 1999)
- Ofiolitos (Gregory & Taylor 1981)
- Piroxenitos, (Wirth & Rocholl 2003)
- Peridotitos (Kaminsky 1984)
- Granada-biotita gnaisses (Chopin 1984)
- Eclogitos (Xu *et al.* 1992)
- Xenólitos mantélicos - peridotitos e eclogitos (Gurney 1989)
- meteoritos (Russell *et al.* 1992)
- impactitos (Janse 1991).

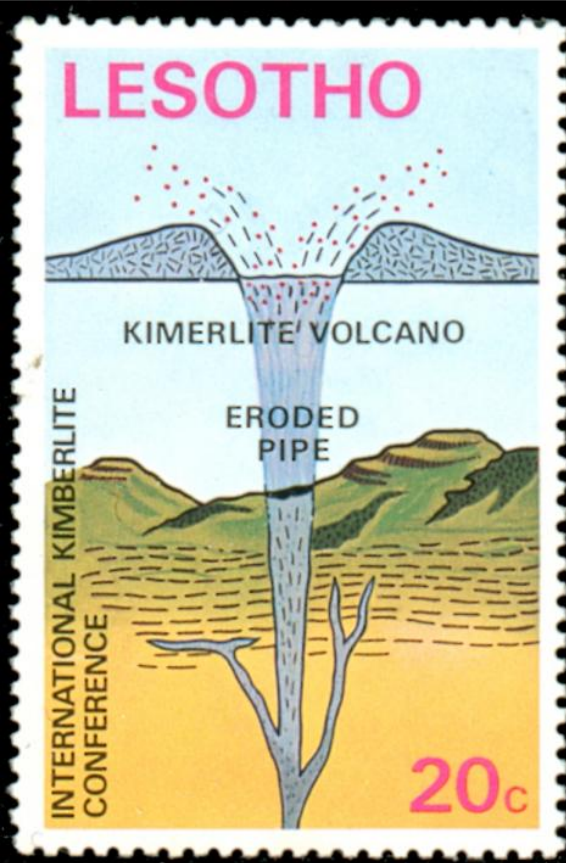
Contudo, destas ocorrências, somente alguns **kimberlitos/lamproítos** são viáveis economicamente para exploração de diamantes



Microdiamantes em komatiito - Venezuela

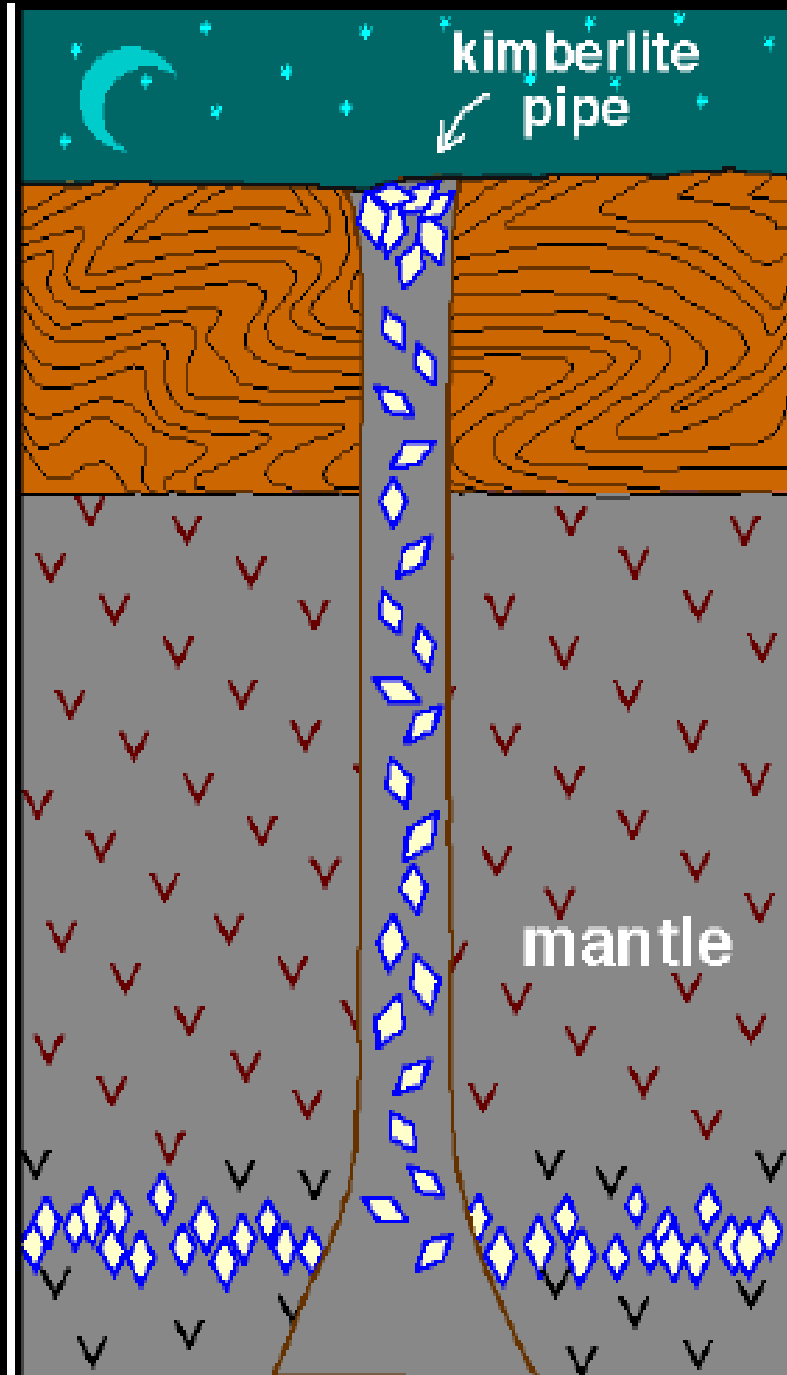


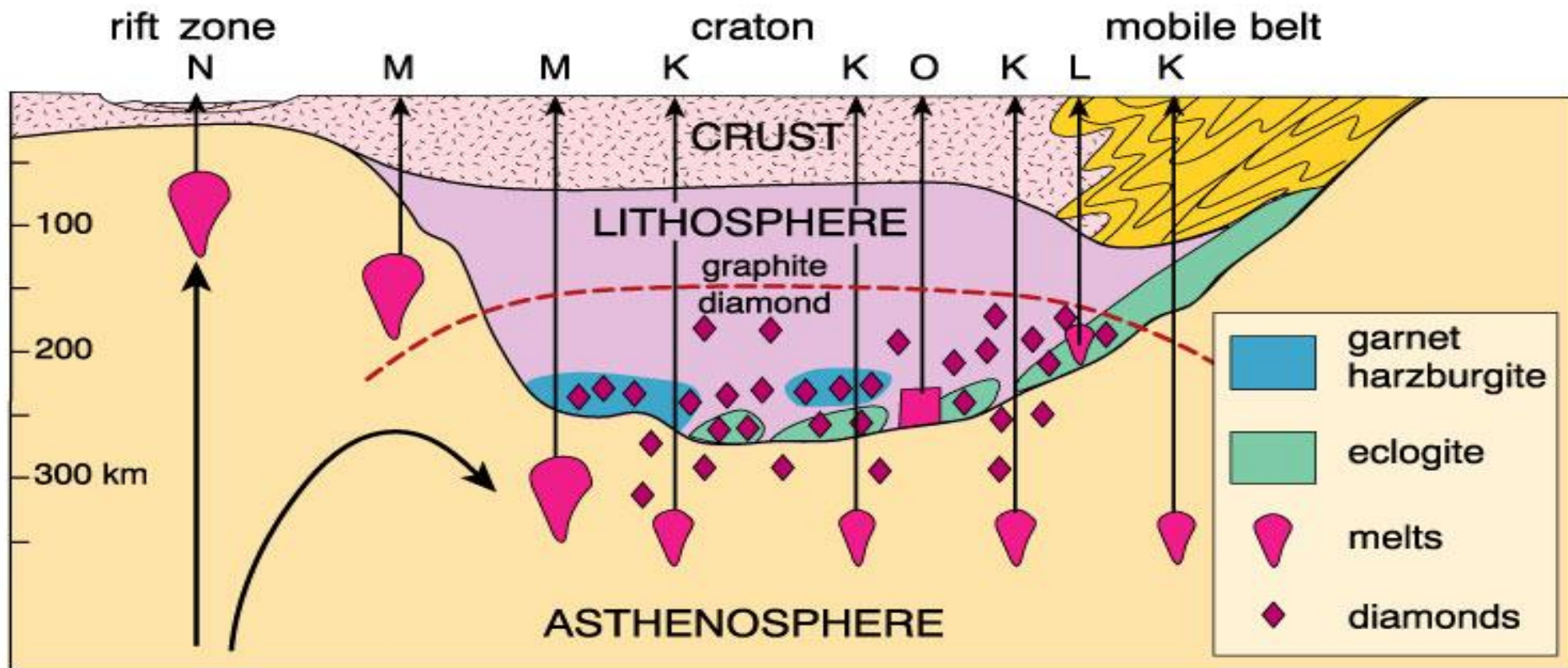
Microdiamantes em meteoritos



Kimberlito e
lamproíto
Rochas
transportadoras

“elevador”

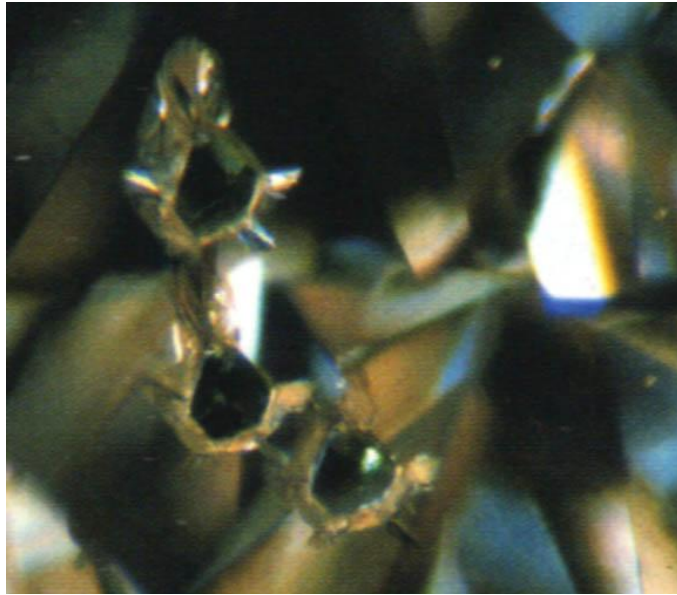




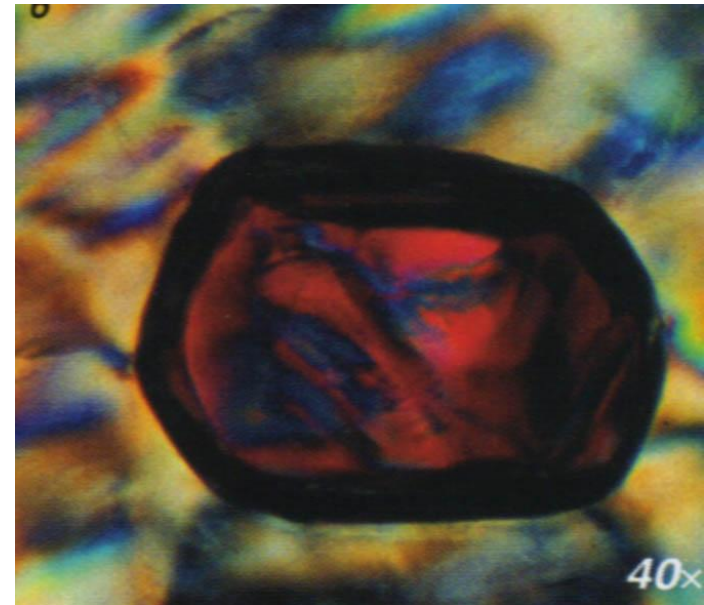
Mitchell (1995)

O limite de estabilidade entre **diamante e grafita** e a baixa geotermia nas raízes cratônicas colocam o ambiente de formação do diamante abaixo de **150km**. Diamantes litosféricos ocorrem em **peridotitos ou eclogitos**, quando então são incorporados pelo magma ascendente.

Onfacita em diamante eclogítico



Cr-Piropo em diamante peridotítico



- eclogítico

Diamante em diamante

- peridotítico

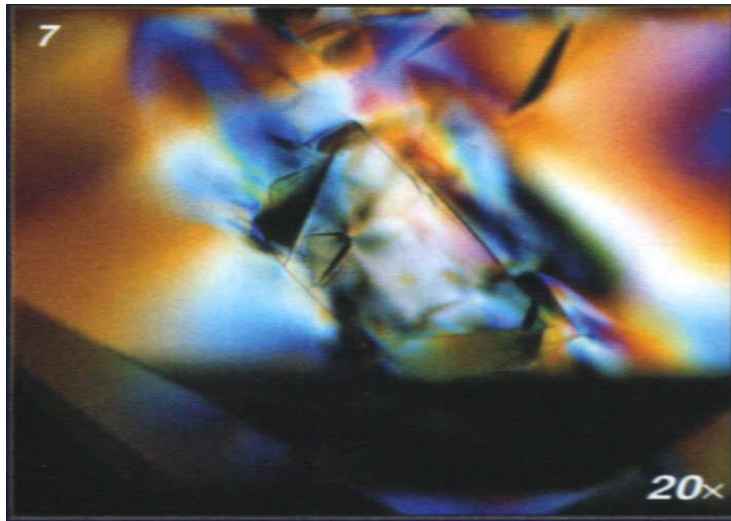
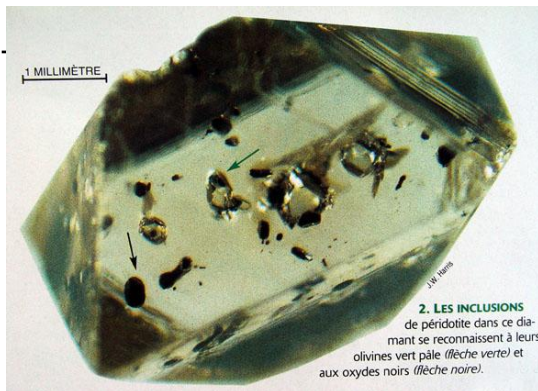
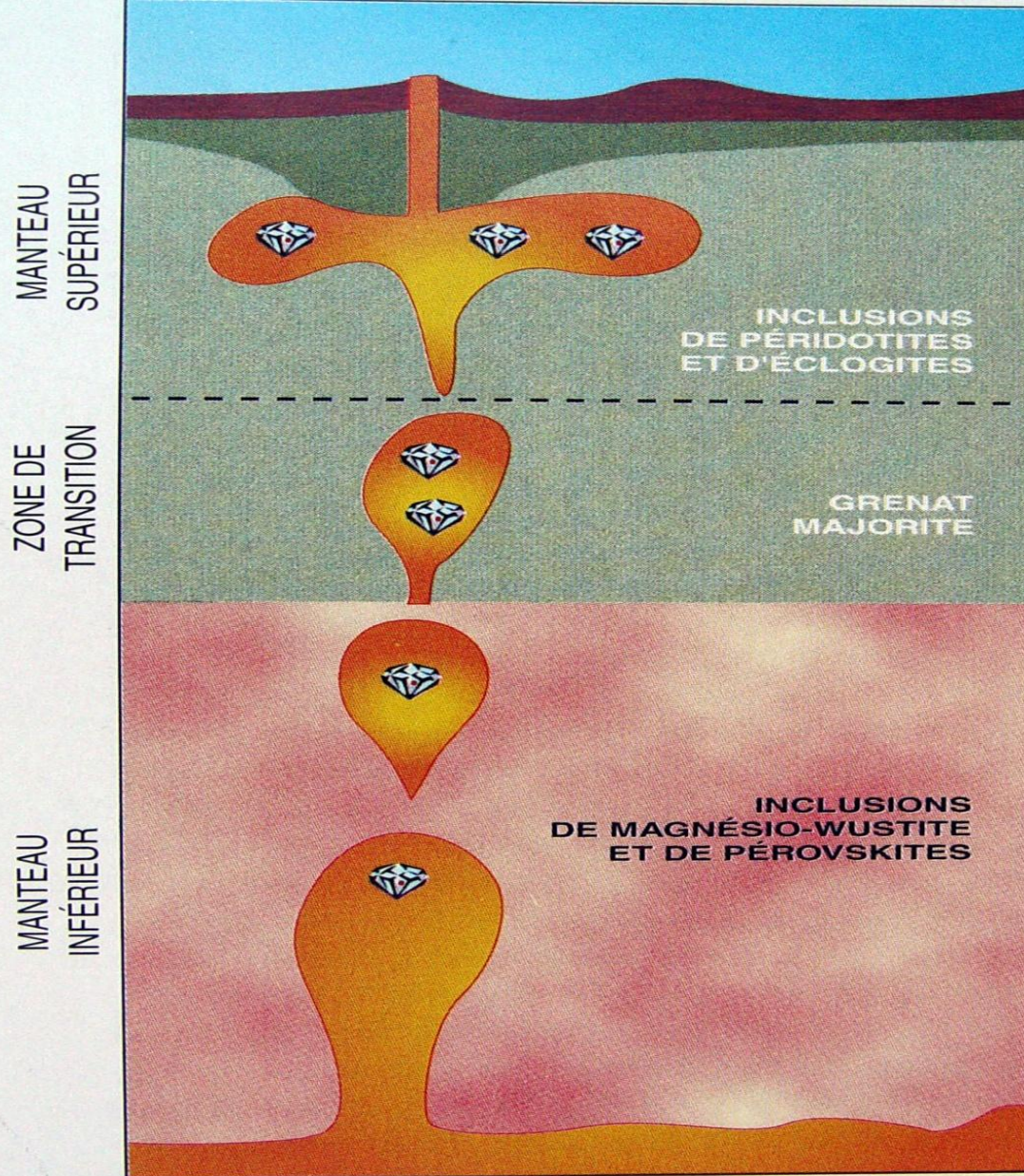


Tabela 2 – Minerais encontrados como inclusão em diamantes

Até 1900	1900-1950	Peridotítica	Eclogítica	Transição	Manto inf.	Epigenéticas
CO ₂ /líquido topázio	granada grafita	forsterita enstatita	onfacita piropo- almandina	majorita SiC	ferropericlasio magnetita	serpentina calcita
quartzo diamante vegetais	ilmenita diopsídio olivina	diopsídio Cr-piropo Cr-Espinélio	cianita sanidina coesita		perovskita pirrotita almand-piropo tetragonal	grafita hematita caulinita
ouro pirita hematita ilmenita	calcita quartzo cromita zircão biotita	Mg-ilmenita Sulfetos zircão diamante ferro nativo	rutilo corindon ilmenita cromita sulfetos diamante		MgSi-perovskita Olivina CaSi-Perovskita	acmita richterita perovskita Mn-ilmenita espinélio xenotímio goethita



Juína (MT)

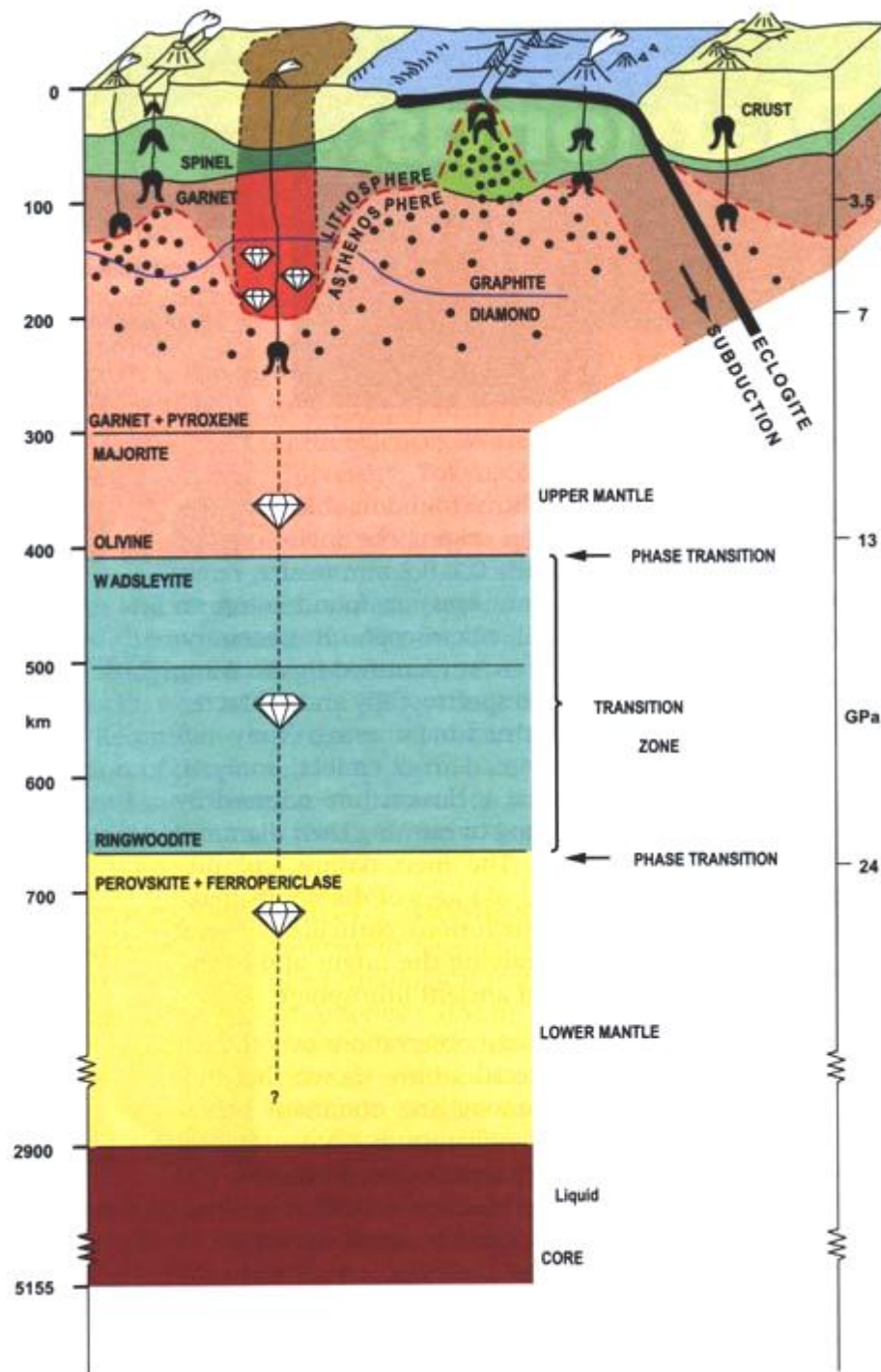
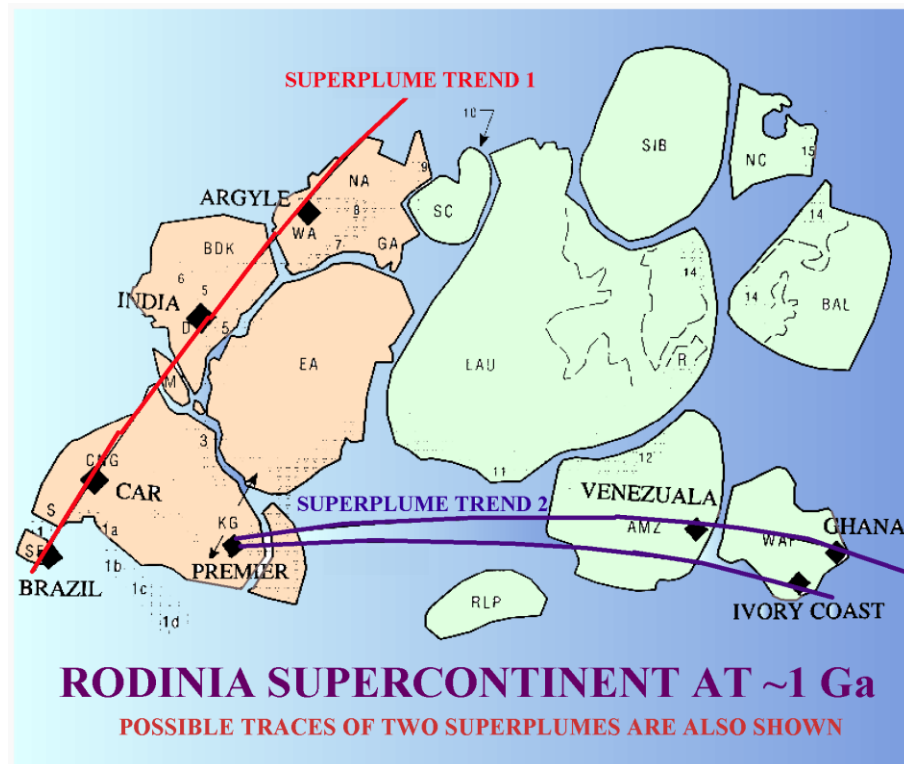


Profundidades de
150 a 1200km
T e P muito altas

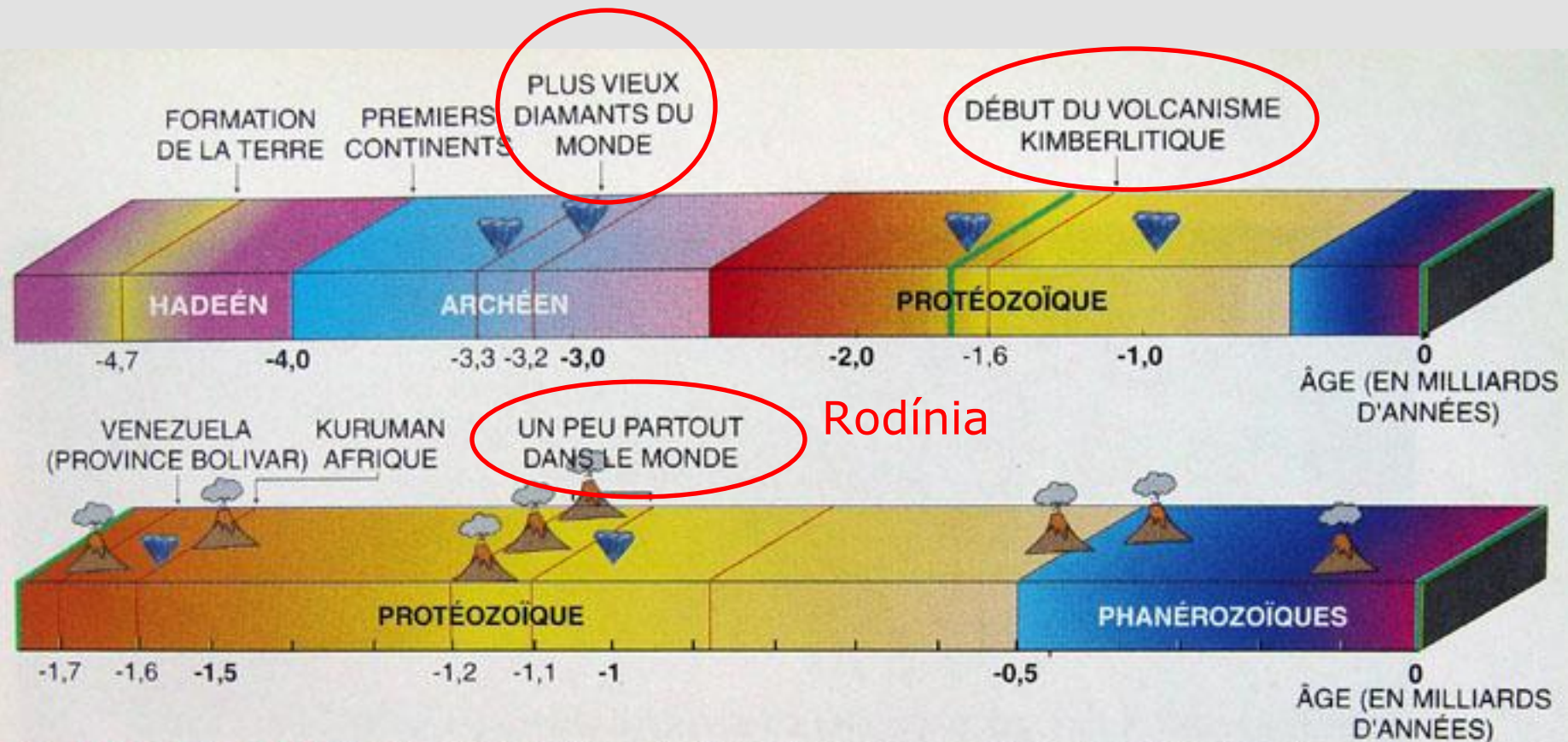
Cristalização do
diamante
 $P = 75 \text{ t/cm}^2$
 $T = 1300 \text{ a } 1500^\circ \text{ C}$

5. LES DIAMANTS RENFERMENT DES INCLUSIONS caractéristiques de la zone où ils se sont cristallisés. Ainsi, les diamants les plus profonds contiennent des inclusions de magnésio-wustite et des minéraux à struc-

O conceito das superplumas,
as idades dos diamantes e
kimberlitos e a tectônica de
placas remetem ao
supercontinente Rodínia
em torno de 1 bilhão de anos

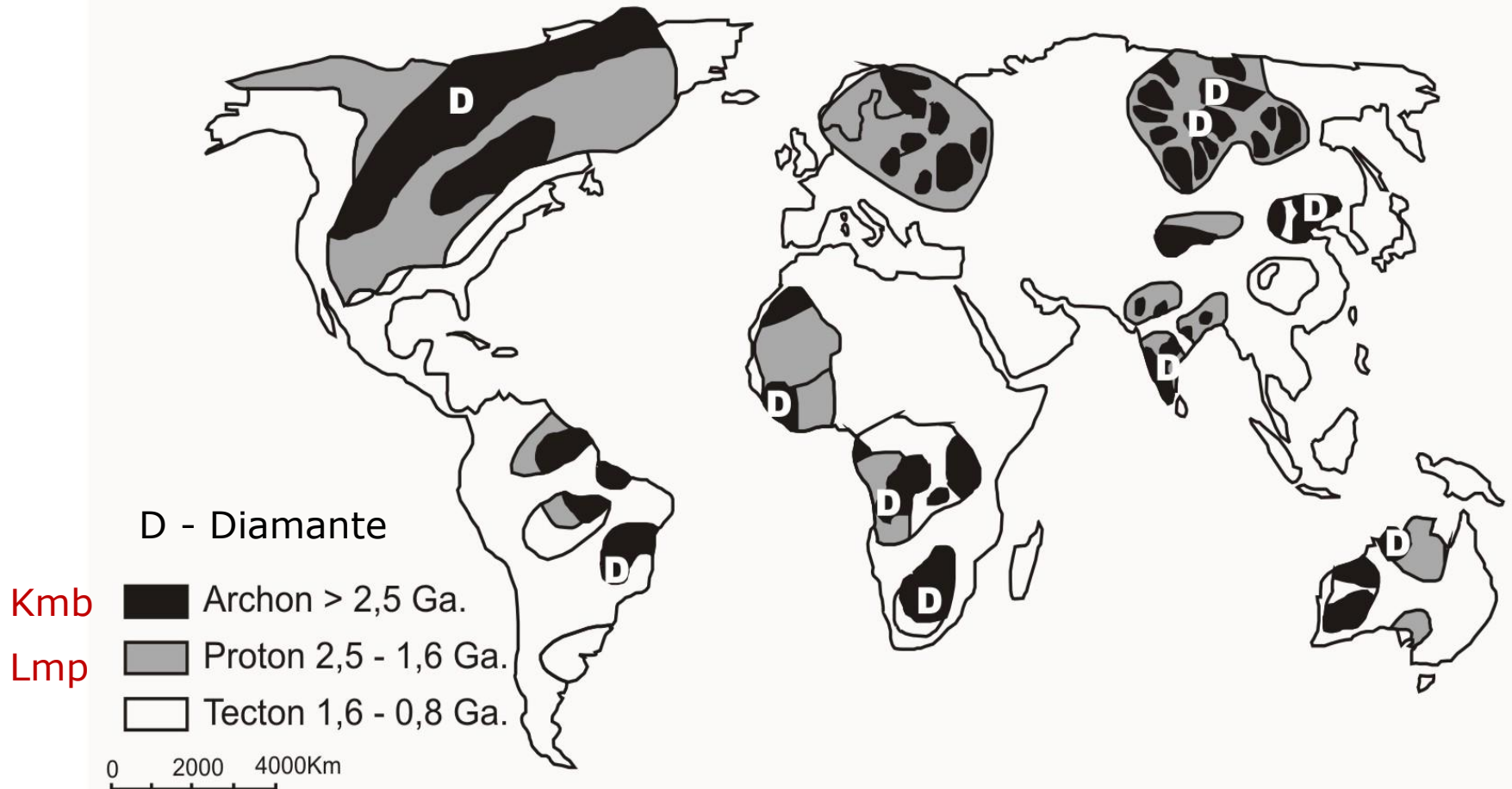


Idade do diamante e dos kimberlitos



6. L'ÂGE DES DIAMANTS, datés à l'aide de leurs inclusions, est très variable: les diamants qui renferment des inclusions de péridotites sont âgés de deux à trois milliards d'années, tandis que ceux qui contiennent des éclogites sont plus récents entre 1 et 1,5 milliard d'année environ. Les diamants contenant des inclusions très profondes, comme la pérovskite, sont trop rares pour être datables. Les diamants sont remontés à la faveur d'épisodes volcaniques cycliques qui ont commencé il y a près de deux milliards d'années.

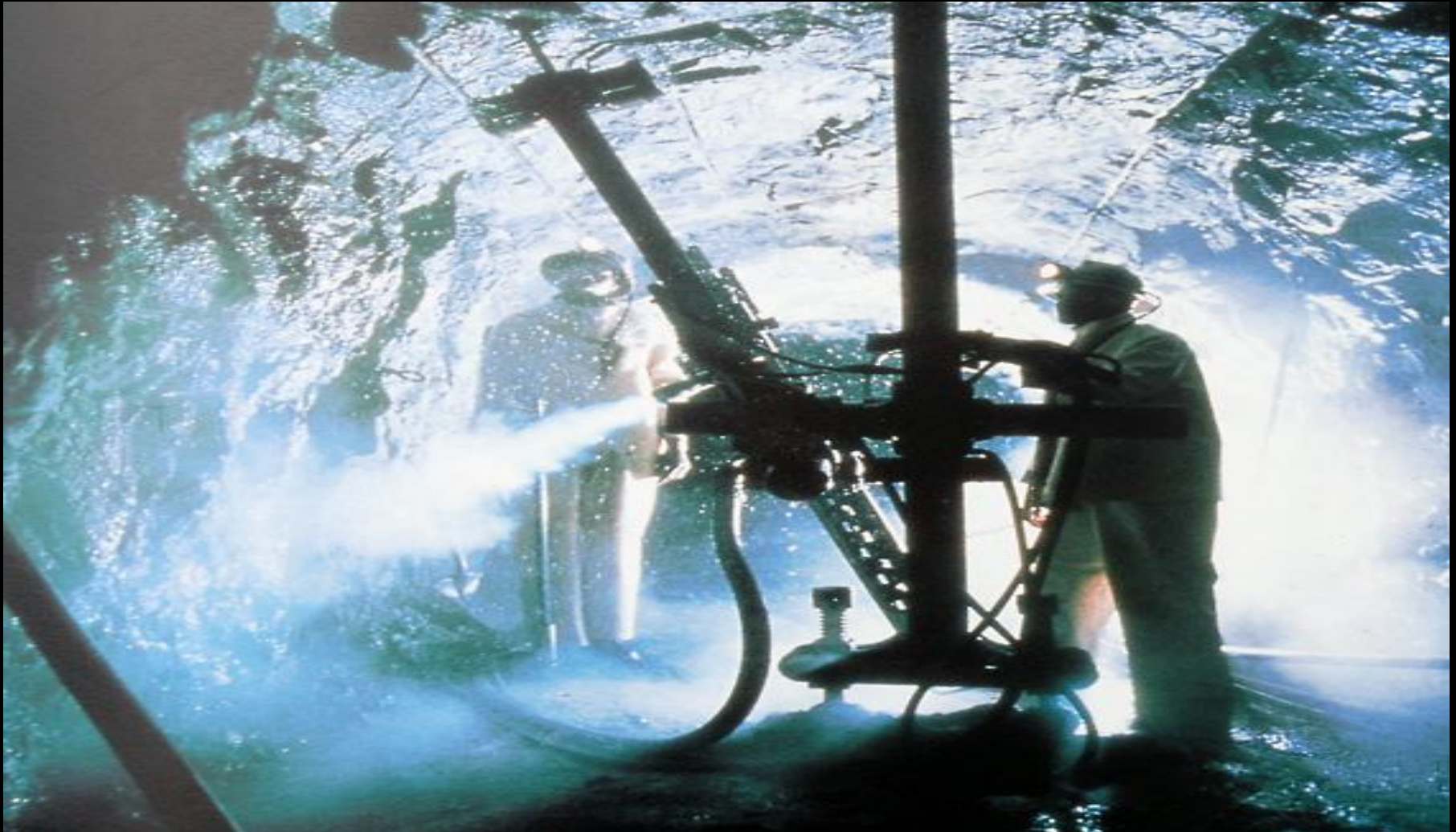
GLOBAL DISTRIBUTION OF CRATONS, AGE DIVISION, AND THE LOCATION OF MAJOR DIAMOND DEPOSITS



A associação do diamante e KCRs é restrita a **ambiente cratônico** estabilizado ~2 Ga. **Clifford's Rule** (1966) originalmente foi aplicada na África, mas o conceito tem sido aplicado em escala global por Janse (1992) que definiu Archons, Protons e Tectons.

- Depósitos Primários

Extração subterrânea no kimberlito Premier, África do Sul – De Beers



• Depósitos Primários

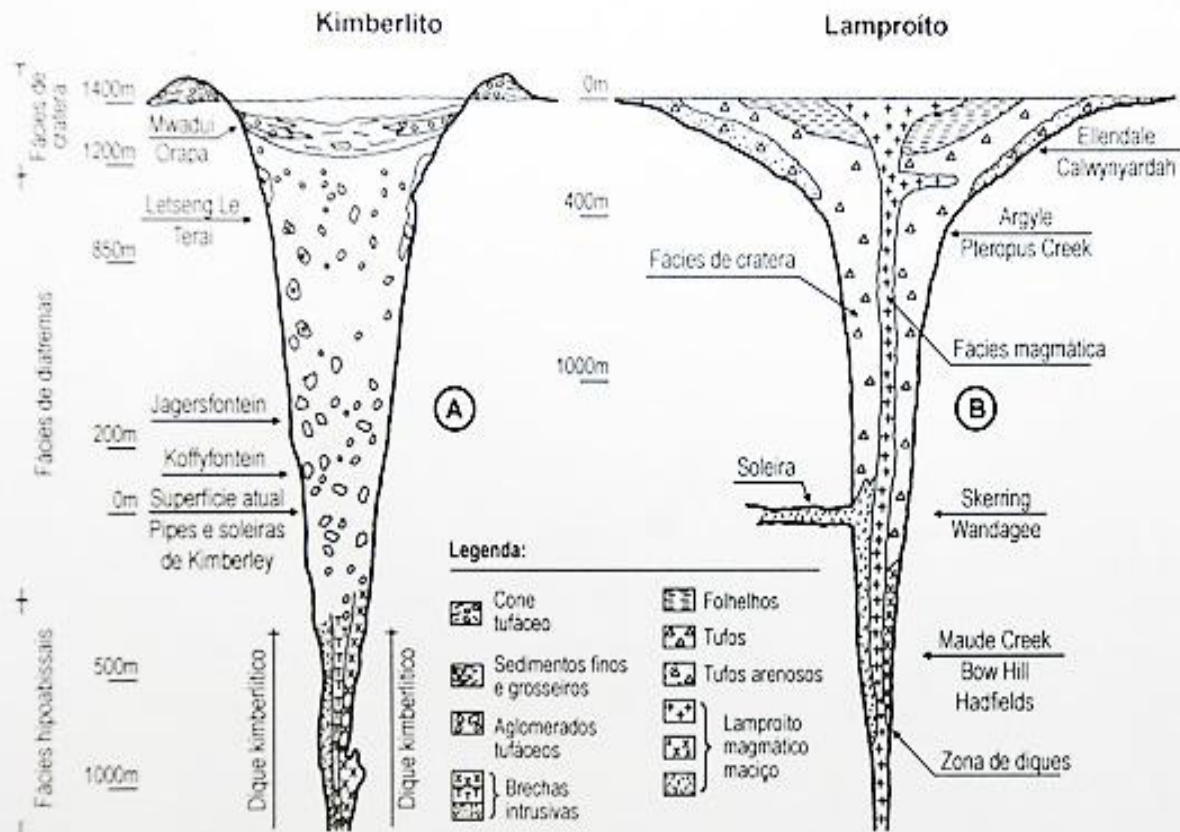


Fig. 3.4 Esquema idealizado da morfologia de um pipe kimberlítico, incluindo suas três zonas ou fácies características e os níveis atuais de erosão a que estão submetidos alguns dos mais conhecidos kimberlitos sul-africanos (simplificado de Hawthorne, 1975 – kimberlito, e Atkinson et al., 1983, in Gonzaga & Tompkins, 1991 – lamproíte).

Forma e tamanho de KCRs – kimberlito e lamproíte

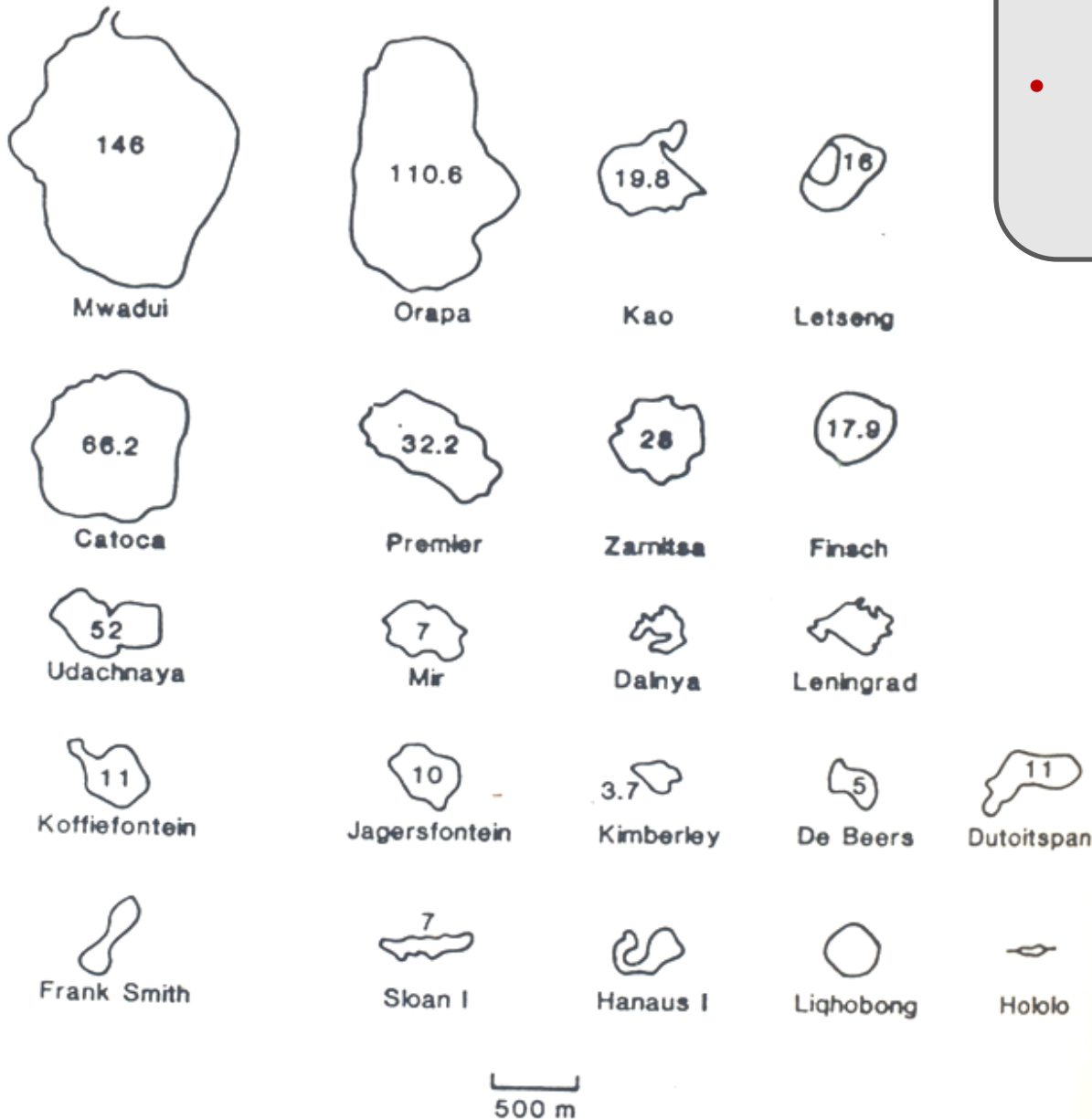
Kimberlito – cenoura

Lamproíte – taça de champagne

Diâmetro da cratera é limitado em geral (centenas de metros)

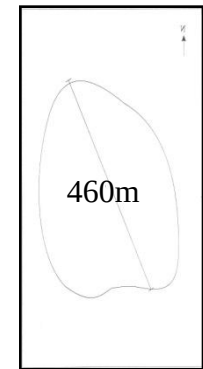
Lamproitos são mais largos

• Depósitos Primários

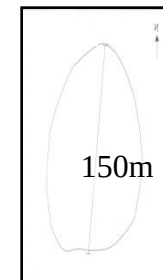


Diâmetros de corpos KCR na África e no Brasil

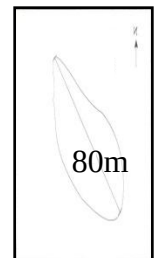
- No Brasil + de 1.000 corpos encontrados desde a descoberta do Redondão em 1966.



Santa Clara

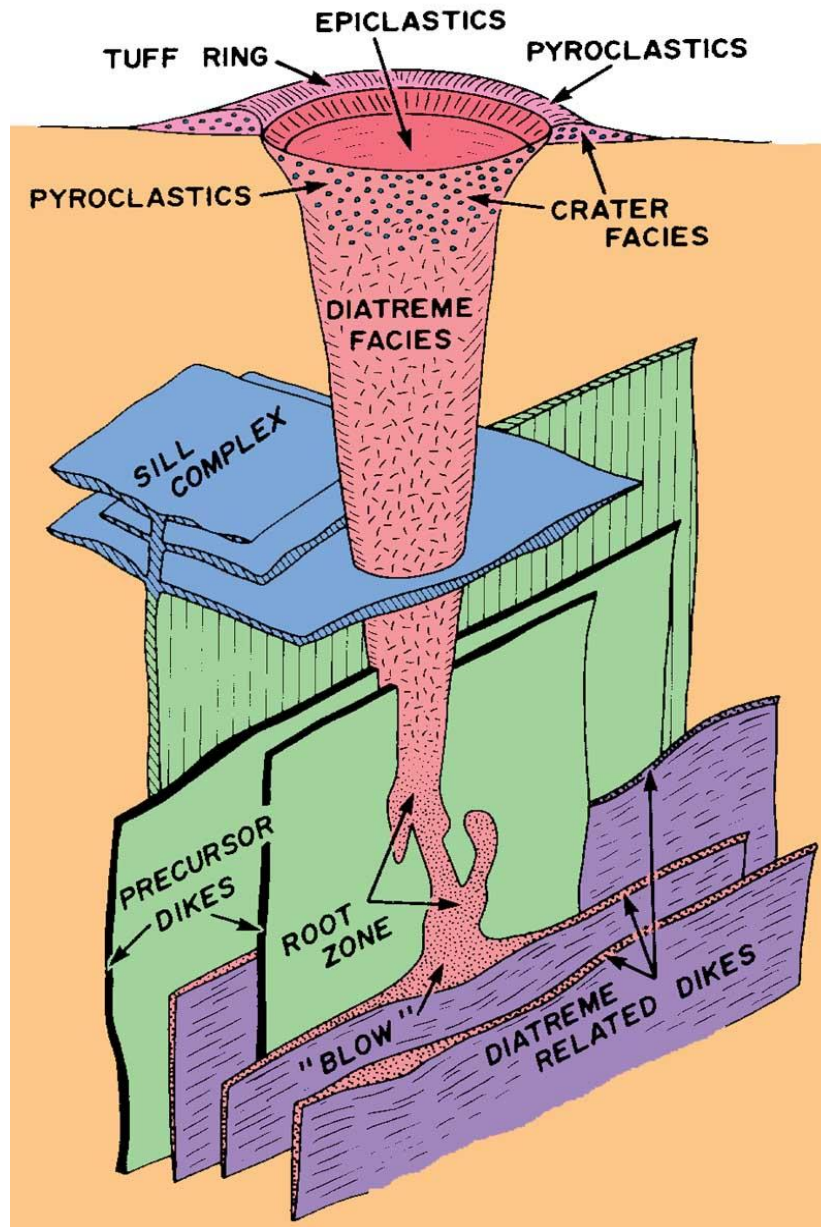


Paraíso



Sucuri

• Depósitos Primários



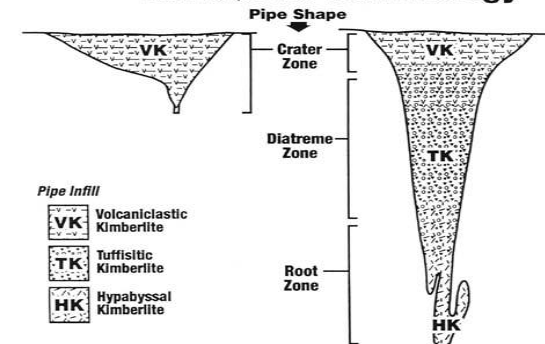
Fácies:

Cratera – presença de epiclastos, piroclastos, tufos e brechas

Diatrema – *blue ground*

Zona de Raiz – soleiras, diques e sills

Kimberlite Terminology



Kimberlite Pipe Zone, Infill and Facies Terminology

Pipe Zone	Pipe Infill Textural Interpretation	Kimberlite Facies
CZ Crater Zone	+ VK Volcaniclastic kimberlite	= Crater-facies
	+ PK Pyroclastic kimberlite	= Crater-facies
	+ RVK Resedimented Volcaniclastic kimberlite	= Crater-facies
DZ Diatreme Zone	+ TK Tuffitic kimberlite	= Diatreme-facies
RZ Root Zone	+ HK Hypabyssal kimberlite	= Hypabyssal-facies



Coromandel

1 cm



Indaiá

2 cm



5 cm

Charneca



Limeira

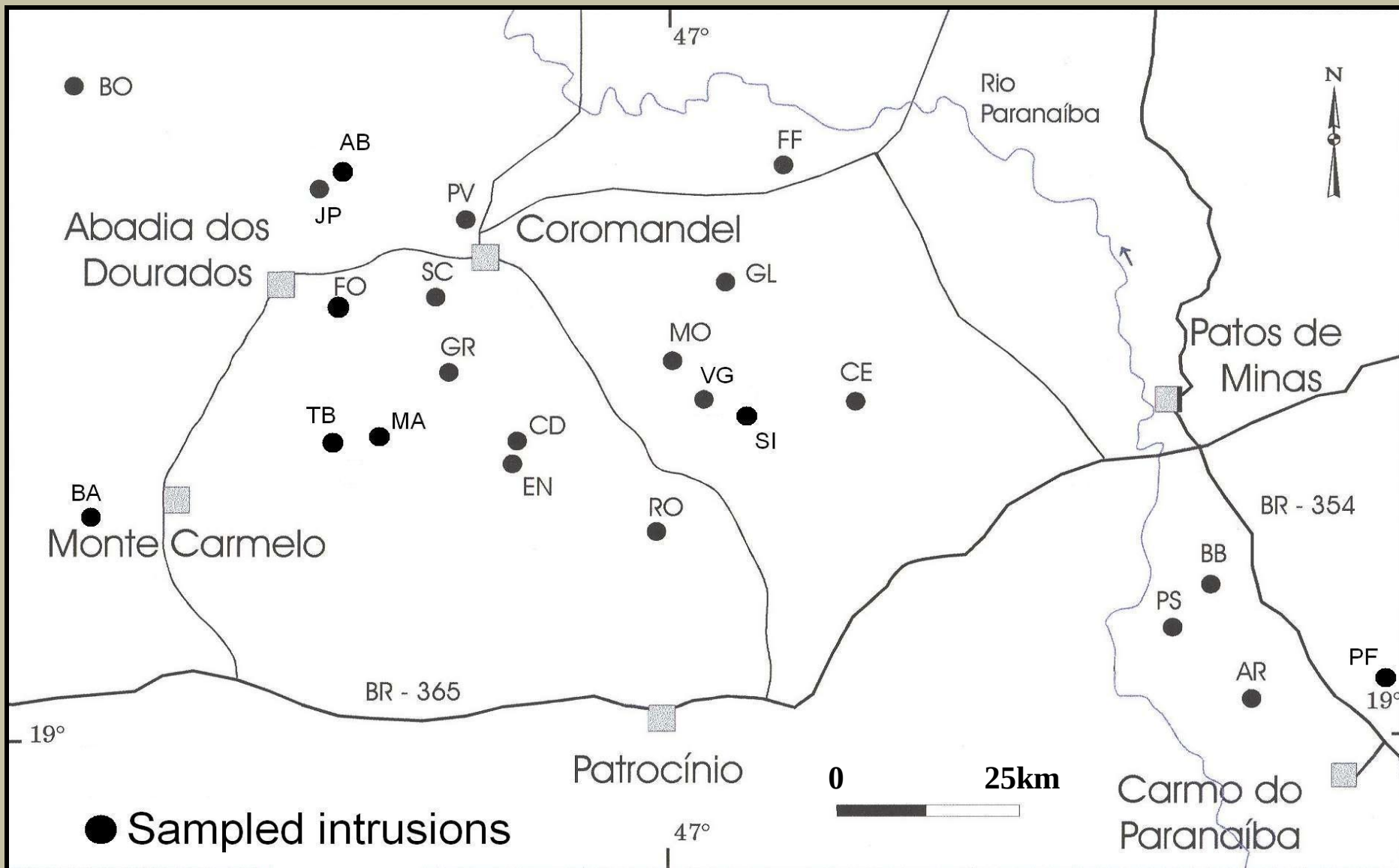
3 cm

Amostras de kimberlitos
de Minas Gerais – Coleção
Svisero - Mineropar

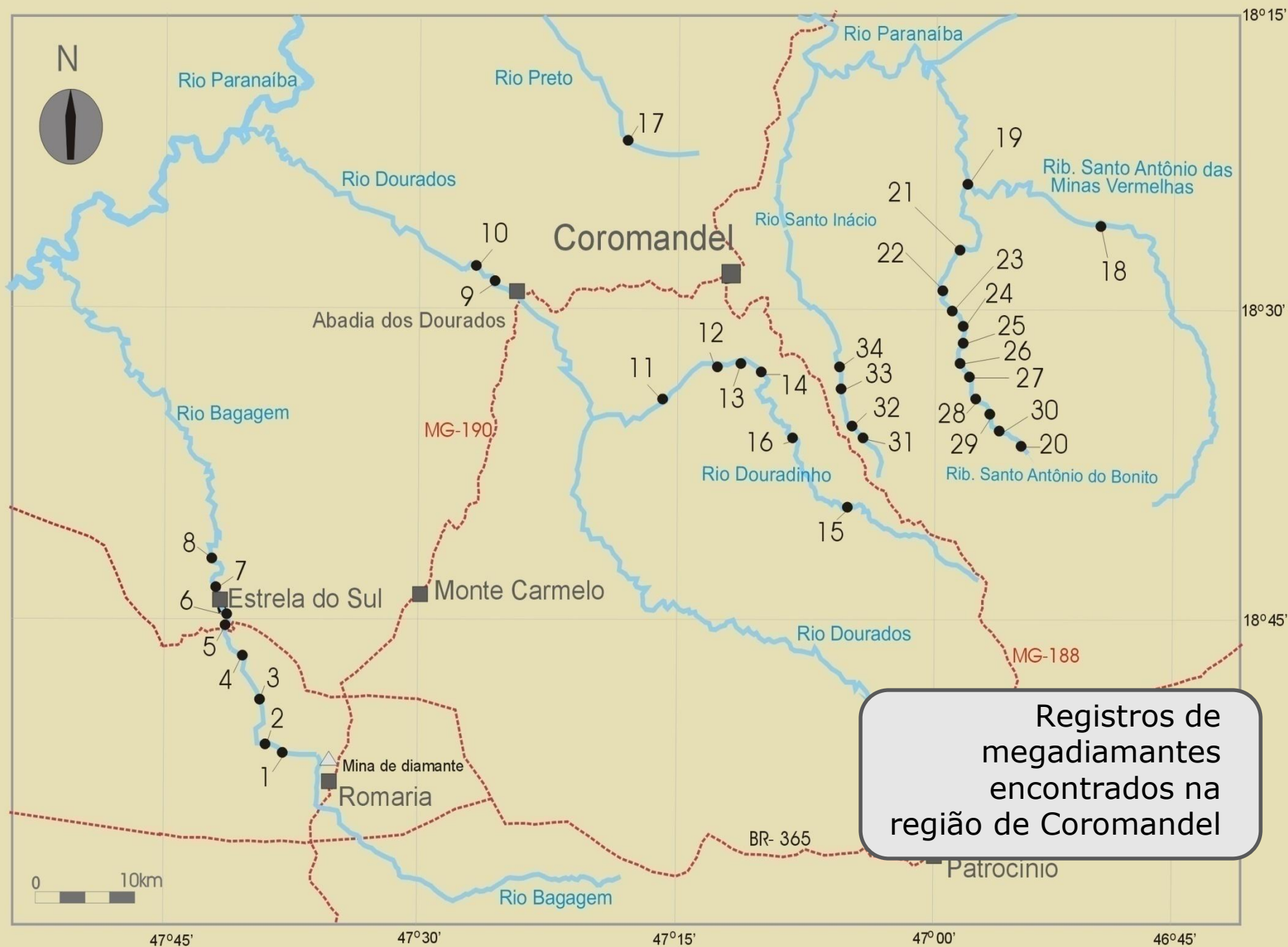


2 cm

Forca



AB = Abadia, AR = Abel Régis, BB = Babilônia, BA = Bagagem, BO = Boqueirão de Cima, CE = Capão da Erva, CD = Cedro, EN = Elza Nunes, FO = Forca, FF = Fوسفértil, GL = Galeria, GR = Grotão, JP = Japecanga, MA = Mateiro, MO = Morungá, PS = Paraíso, PV = Poço Verde, PF = Ponte Funda, RO = Rodrigues, SC = Santa Clara, SI = Santo Inácio, TB = Tamborete 1 e 2, VG = Vargem 1, 2 e 3.



Kimberlitos

são rochas ultrabásicas, potássicas e ricas em voláteis, cujas definições apresentam-se tão complexas quanto as variações composicionais da mineralogia de seus constituintes (Smith 1984).

Lamproítos

também são rochas híbridas, consistindo numa mistura de minerais originados diretamente da cristalização de um magma, juntamente com xenólitos e xenocristais do manto superior (Mitchell & Berman 1991)

KIMBERLITO	ORANGEITO	LAMPROITO	MELILITITO	MINETE
Basáltico (Wagner, 1914)	Micáceos (Wagner 1914)			
Grupo 1	Grupo II	Similares a orangeito (fonte litosférica metas- somatizada).	+ de 10% em volume de meli- lita Woolley <i>et al.</i> (1996)	
(Skinner 1989) e Woolley <i>et al.</i> (1996).				
CO ₂	Rico em H ₂ O e voláteis			
Ultrabásica K	Ultra K		Ultrabásica a não UB	Lamprófiro calco- alcalino
Inequigranular (macro + < megacristal) + matriz fina				
Mega + macrocristais, anédricos de Ol + Ilm Mg + piropo Cr po- bre (<) Ti + diopsídio (Ca p. vezes) + flogopi- ta + enstatita + Cromita pobre em Ti.	Macro a micro fenocristais de flogp + Ol (arredondada + euédrica (primária)	Plagioclásio + meli- lita + monticellita + kalsitita + nefelina+ felds. K rico em Na + sodalita + nosean + hauyne + melanita + Schor- molita ou kinzeita.	Clinopiroxênio + olivina + melilita. Extrusiva <i>melilitito</i> e Intrusiva <i>Melilitolito</i> Melilitito = Melilita + cpx > 10% Ol = Ol melilitito	Flogopita + biotita, com ou sem anfibólio K ou Ca, Ol (Mg) e diopsídio Mitchell(1997)

Kimberlitos e lamproítos são pobres em sílica e enriquecidos em MgO, FeO, K₂O e voláteis .

Lamproítos são peralcalinos e ultrapotássicos (6 a 8% de K₂O) e muito mais enriquecidos em elementos traços que os kimberlitos

Table 19-8. Average Analyses and Compositional Ranges of Kimberlites, Orangeites, and Lamproites.

	Kimberlite		Orangeite		Lamproite*
SiO ₂	33,0	27.8-37.5	35,0	27.6-41.9	45,5
TiO ₂	1,3	0.4-2.8	1,1	0.4-2.5	2,3
Al ₂ O ₃	2,0	1.0-5.1	2,9	0.9-6.0	8,9
FeO*	7,6	5.9-12.2	7,1	4.6-9.3	6,0
MnO	0,14	0.1-0.17	0,19	0.1-0.6	
MgO	34,0	17.0-38.6	27,	10.4-39.8	11,2
CaO	6,7	2.1-21.3	7,5	2.9-24.5	11,8
Na ₂ O	0,12	0.03-0.48	0,17	0.01-0.7	0,8
K ₂ O	0,8	0.4-2.1	3,0	0.5-6.7	7,8
P ₂ O ₅	1,3	0.5-1.9	1,0	0.1-3.3	2,1
LOI	10,9	7.4-13.9	11,7	5.2-21.5	3,5
Sc	14		20		19
V	100		95		66
Cr	893		1722		430
Ni	965		1227		152
Co	65		77		41
Cu	93		28		
Zn	69		65		
Ba	885		3164		9831
Sr	847		1263		3860
Zr	263		268		1302
Hf	5		7		42
Nb	171		120		99
Ta	12		9		6
Th	20		28		37
U	4		5		9
La	150		186		297
Yb	1		1		1

Data from Mitchell (1995), Mitchell and Bergman (1991)

* Leucite Hills madupidic lamproite

Tabela 3.1 Principais minerais encontrados em kimberlitos e lamproitos da África do Sul e Austrália (modificada de Kirkley et al., 1991), incluindo uma comparação da frequência relativa de diversos deles em função de seus tipos de rocha-fonte (kimberlitos do tipo I, kimberlitos do tipo II, Olivina-lamproitos e Leucita-lamproitos).

Minerais	Kimberlitos	Lamproitos								
Minerais cristalizados diretamente a partir de magmas kimberlíticos e lamproíticos										
Maiores										
Olivina (1)	X	X								
Diopsídio (2)	X	X								
Enxofre (3)	X	X								
Calcita (4)	X									
Serpentina	X									
Monticelita (5)	X									
Leucita e sanidina (6)		X								
Anfibólio (7)		X								
Enstatita		X								
Menores										
Apatita	X	X								
Perovskita e zircão (8)	X	X								
Ilmenita (9)	X	X								
Espinélio	X	X								
Priderita (10)		X								
Nefelina		X								
Wadellita		X								
Minerais derivados do manto superior que ocorrem como xenocristais										
Olivina	X	X								
Granada (piropo)	X	X								
Clinopiroxênio	X	X								
Ortopiroxênio	X	X								
Cromita	X	X								
Zircão	X	X								
Diamante	X	X								
Abundância relativa em função do tipo de rocha primária										
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
K Tipo I	DO	AU	ME	AU	CO	AU	AU	PR	CO	AU
K Tipo II	DO	CO	AB	AU	AU	AU	MR	AU	RA	AU
Ol-Lampr.	AB	CO	AB	RA	AU	ME	ME	PR	RA	PR
Leuc-Lampr.	ME	CO	AB	RA	AU	PR	PR	AU	PR	CO

Frequência relativa decrescente: DO, dominante; AB, abundante; CO, comum; ME, menor; PR, presente; RA, raro; MR, muito raro; AU, ausente

- Depósitos Secundários

Sistema de extração com peneiras
utilizado desde 1754 na região de
Tibagi - PR

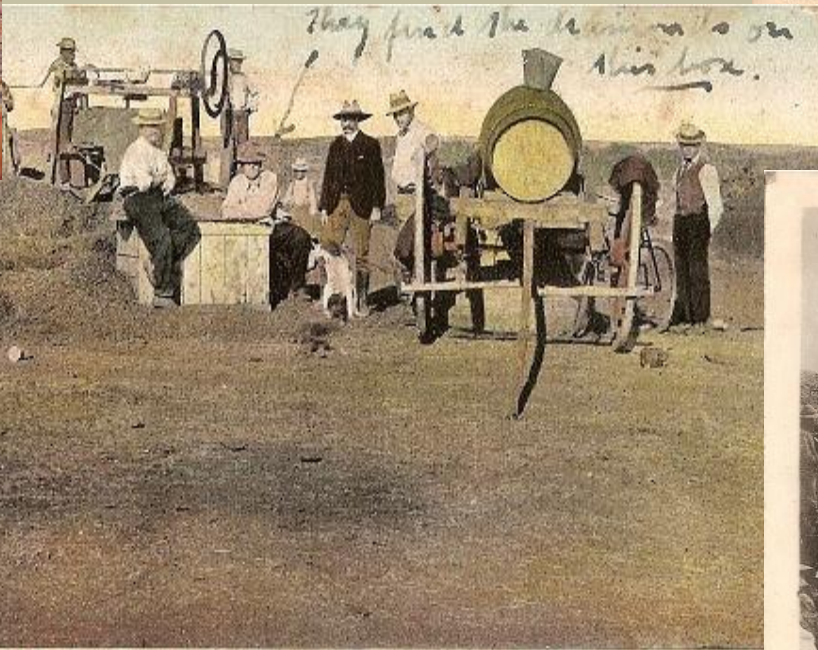
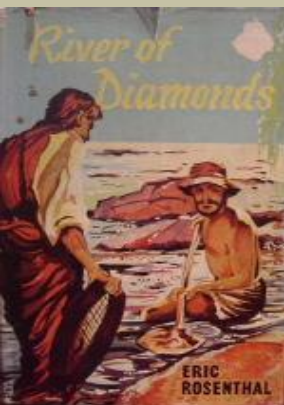


• Depósitos Secundários

Eluvial - Concentração vertical

Coluvial - Pequeno transporte – movimentos de massa

Aluvial - Transporte a grandes distâncias.



DIAMOND DIGGING NEAR KIMBERLEY—TYPICAL RIVER DIGGER'S CLAIM. Published by HALLIS & CO. Port Elizabeth.

I have never been on the river diggings but have seen some of the work in Kimberley.



THE DIAMOND RUSH TO THE VAAL RIVER DIGGINGS. SORTING.

Extração aluvionar na África,
antes dos kimberlitos 1872



Diamond Digging

• Depósitos Secundários

Brasil - depósitos
Quaternários sobre rochas
sedimentares e metamórficas
de idades variadas

MESOZÓICO:

- Juína (Cretáceo)
- Coromandel (Cretáceo)

PALEOZÓICO:

- Grupo Itararé (Tibagi) - Diamictitos
- Fm. Aquidauana – Carbonífero - Conglomerados

PROTEROZÓICO:

- Formação Sopa Brumadinho (Diamantina) - Conglomerados
- Formação Tombador (Bahia) - Conglomerados



Fig. 3.8 Representação esquemática da tipologia dos depósitos diamantíferos continentais.

- Depósitos Secundários

Placers

- (1) volcanic deposits as in California and Australia;
 - (2) glacial deposits as in Canada and Russia;
 - (3) talus and other slope deposits;
 - (4) aeolian deposits as in Australia;
 - (5) alluvial sands and gravels;
 - (6) marine and lacustrine deposits.
-
- Swiecki R. (2006)

Depósitos de diamante em ambiente marinho costeiro (*onshore*) na Namíbia, próximo à foz do rio Orange



- Depósitos Secundários



Extração mais difícil e única no mundo – são construídas barragens de contenção do mar e as areias são lavradas para diamante – 90% qualidade gema



Navio especial da Bonaparte Diamond Mining usado para mineração submarina (*offshore*) de diamantes na costa da Namíbia. Material extraído de profundidades de até 300m.

- Prospecção de diamantes



Prospecção aluvionar com georeferenciamento por geólogo da DeBeers já na década de 80.

• Prospecção de diamantes primários

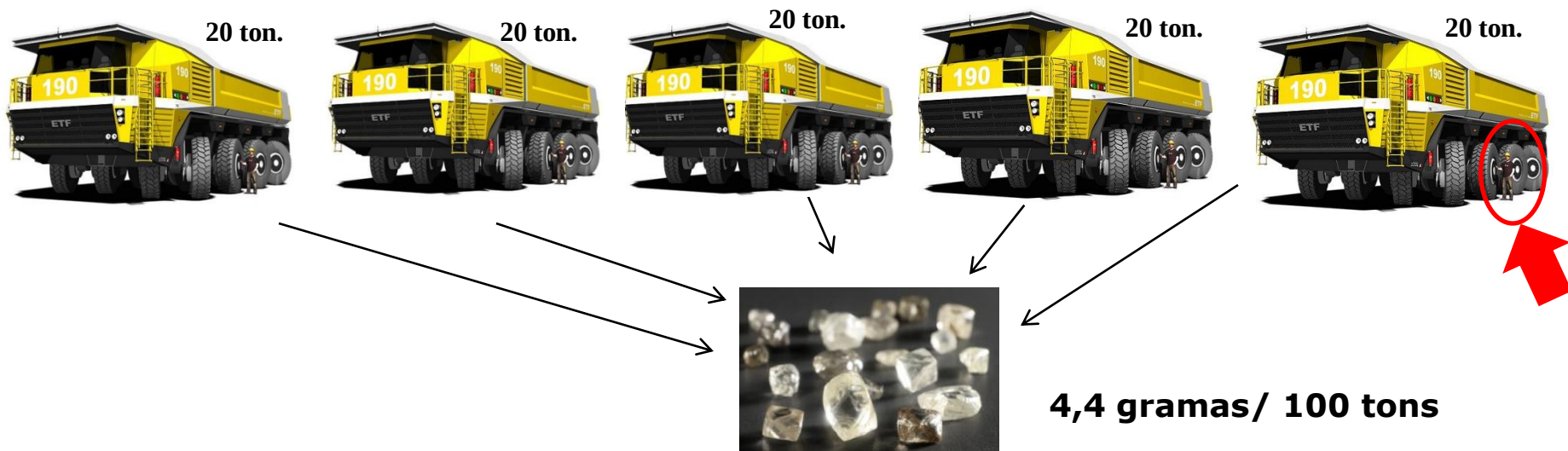




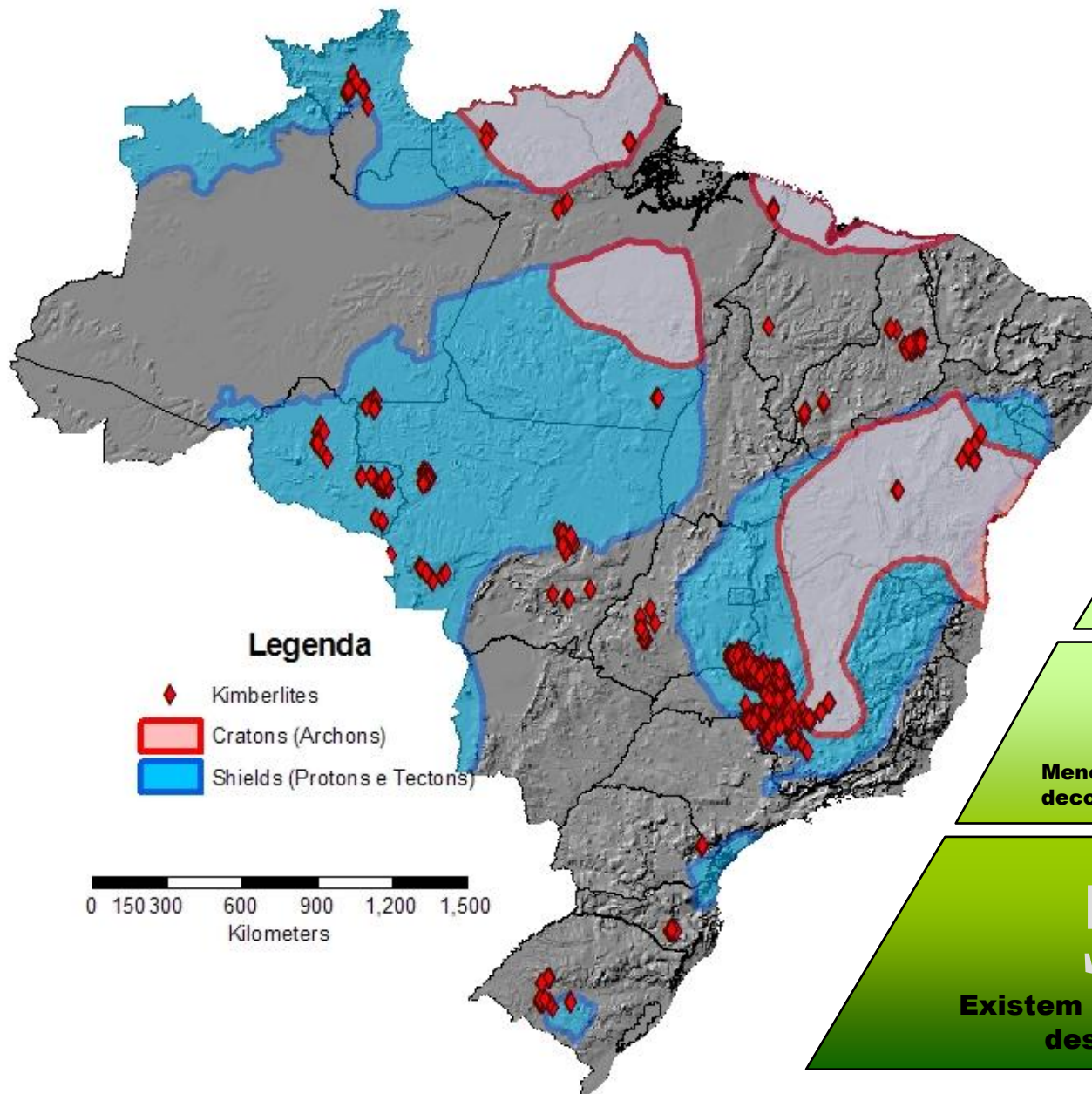
= 44 ppb

TEOR MÉDIO EM KIMBERLEY MINES SOUTH AFRICA (2004)

22 cpht (carats/ 100 tons)



- Prospecção de diamantes primários



> 1.000 kimberlitos descobertos desde 1966 (Redondão);

< 5% estão localizados dentro de "Archons"

50

Só 1% dos kimberlitos conhecidos têm teores econômicos

1000

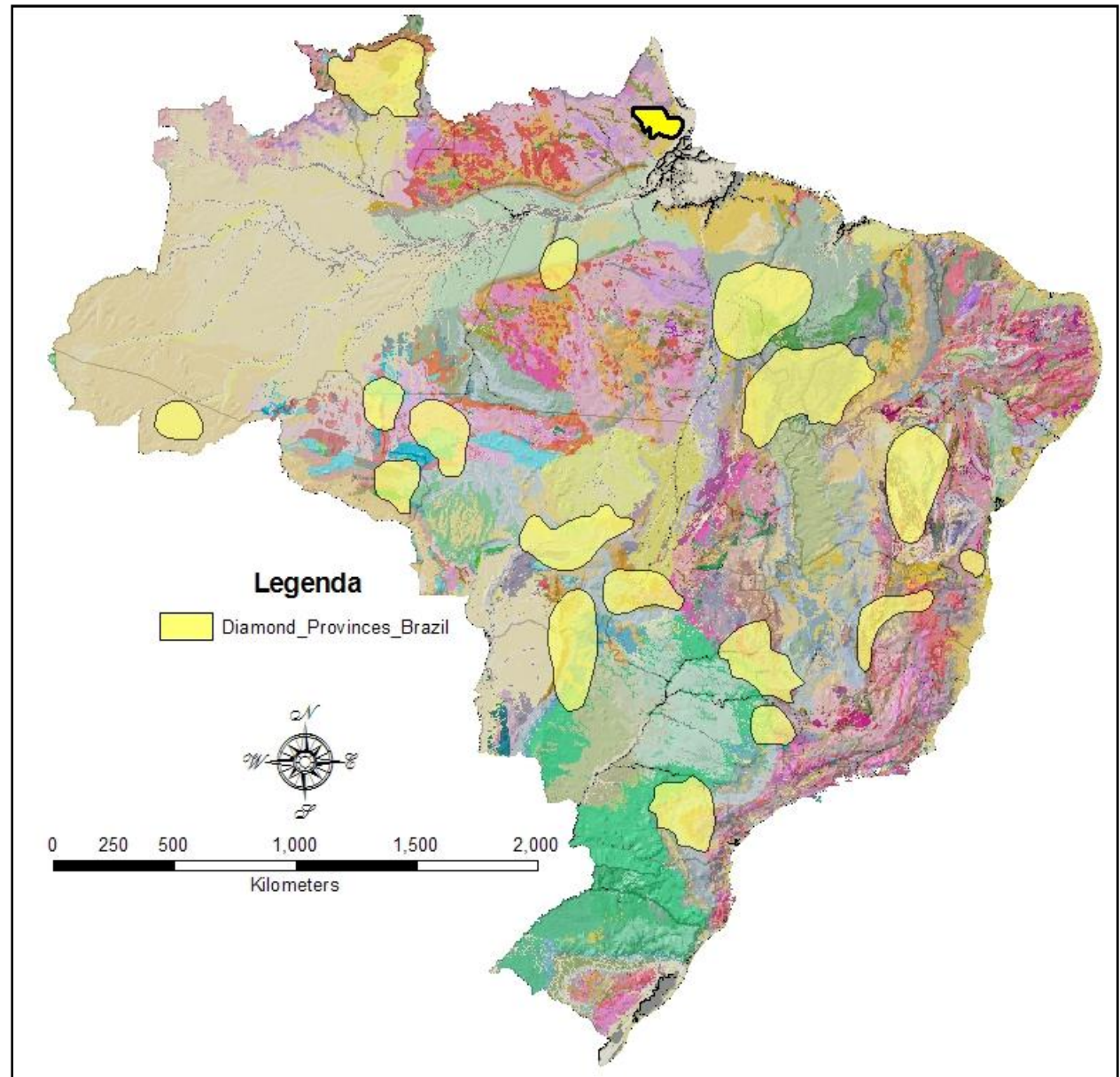
Menos de 20% dos kimberlitos descobertos contém diamantes

5000

Existem mais de 5000 kimberlitos descobertos no Mundo

- Depósitos Secundários

Mapa das
ocorrências de
diamante no
Brasil – todos
depósitos
secundários
Fonte: Pisani,
2006





Diamantina (MG)
Conglomerado Sopa

- Prospecção em depósitos SECUNDÁRIOS



Coromandel (MG)



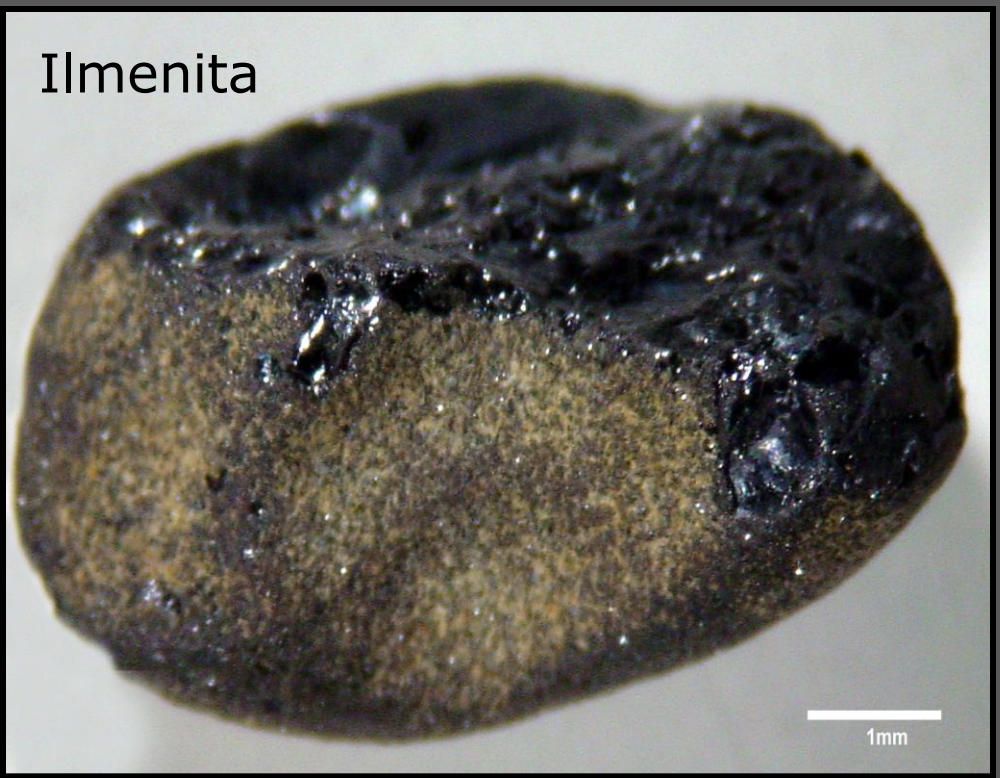
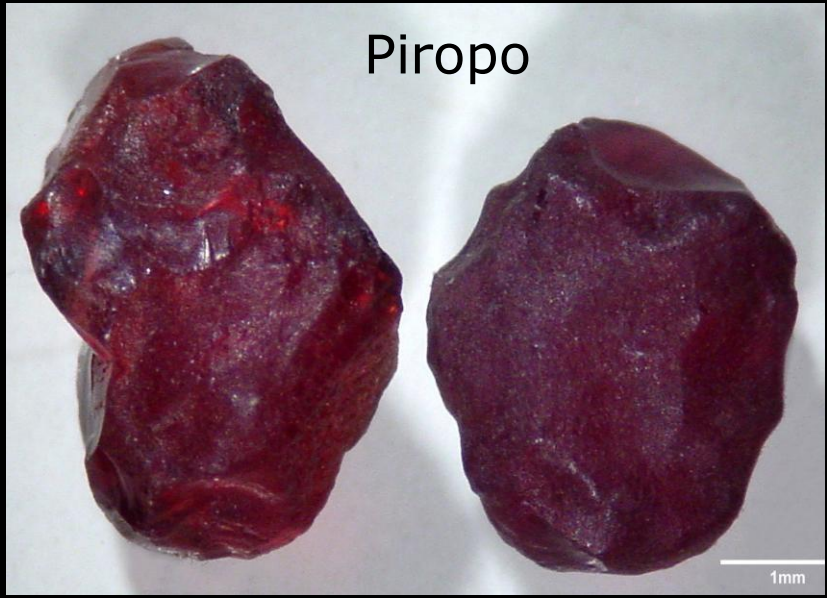
- Prospecção em depósitos SECUNDÁRIOS

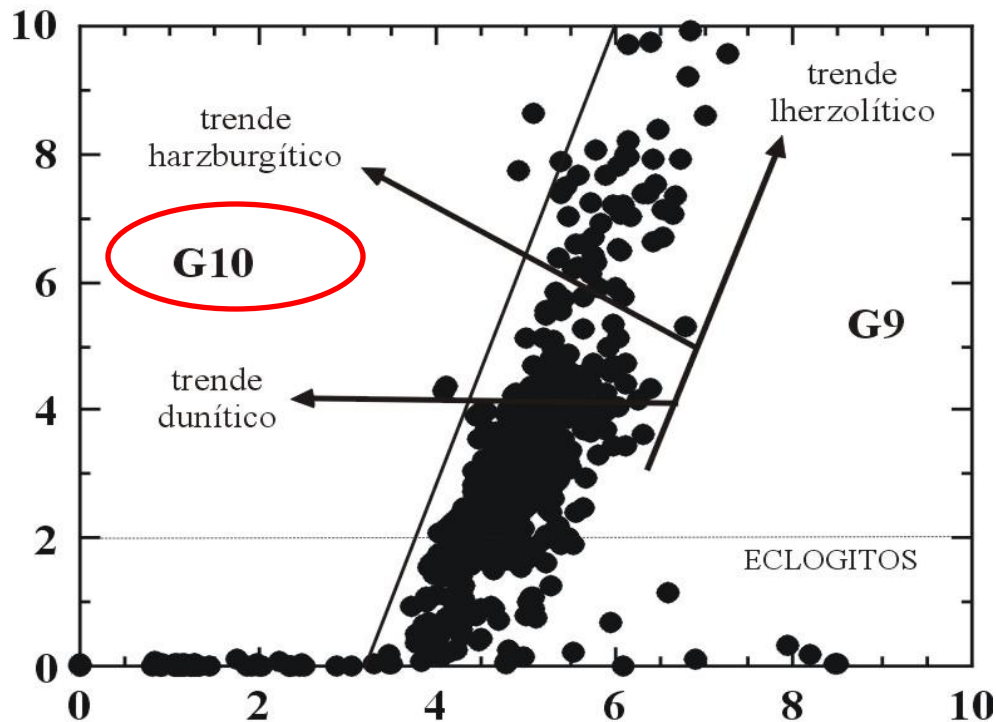
Satélites do diamante –
minerais densos
indicadores – kimberlito
Vargem

2mm



Prospecção em depósitos SECUNDÁRIOS





- Prospeccção de diamantes em depósitos secundários

Geoquímica em alguns minerais acompanhantes podem trazer indicativos sobre o potencial para diamante

- OS MINERAIS INDICADORES
- G9 X G 10
- GRANADA + ILMENITA + ESPINÉLIO + DIOPSÍDIO e o DIAMANTE ?

GRUPO DA GRANADA		TiO ₂	Cr ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO
1	Piropo Ti	0,58	1,34	9,32	20,00	4,82
2	Piropo com >Ti	1,09	0,91	9,84	20,30	4,52
3	Piropo - Almandina Ca	0,31	0,30	16,49	13,35	6,51
4	Almandina Ti, Ca e Mg	0,90	0,08	17,88	9,87	9,41
5	Almandina Mg	0,05	0,03	28,33	7,83	2,44
6	Piropo - Almandina grossulária	0,24	0,27	10,77	10,38	14,87
7	Uvarovita - Grossulária Fe - Mg	0,29	11,52	5,25	8,61	21,60
8	Grossulária Fe - Mg	0,25	0,04	6,91	4,69	24,77
9	Piropo Cr	0,17	3,47	8,01	20,01	5,17
10	Piropo Cr com < Ca	0,04	7,73	6,11	23,16	2,13
11	Uvarovita - Piropo	0,51	9,55	7,54	15,89	10,27
12	Uvarovita - Piropo knorringítica	0,18	15,94	7,47	15,40	9,51

Dawson & Stephens (1975).



Projeto Diamante da Mineropar na década de 80.
Vista do fundo do rio Tibagi, quando a água foi desviada.



- Prospecção de diamantes secundários

- Tipos de depósitos
- Distribuição no espaço e no tempo.
- Propriedades hidrodinâmicas do sistema fluvial.
- Evolução do relevo e tipos de depósitos.
- Minerais indicadores ou acompanhantes.
- As armadilhas (*traps*).

Típico caldeirão que funciona como armadilha para diamantes e ouro em meio fluvial – Tibagi - PR



TIPOS DE ARMADILHAS ALUVIONARES - TRAPS

- VEIA (CANOÃO)
- BARRA DE PONTAL
- BARRA DE CONFLUÊNCIA
- BARRA DE CANAL
- TRAVESSÃO
- BOLSÃO
- PANELA
- COSTELÃO



TIPOS DE ARMADILHAS ALUVIONARES - TRAPS

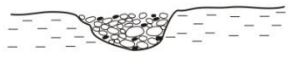


FIG. 01

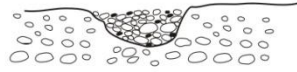


FIG. 02. B

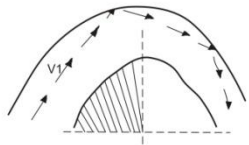


FIG. 02. A

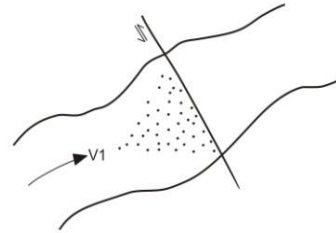
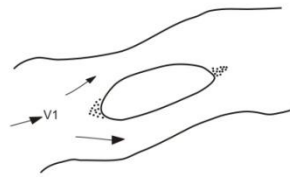


FIG. 05

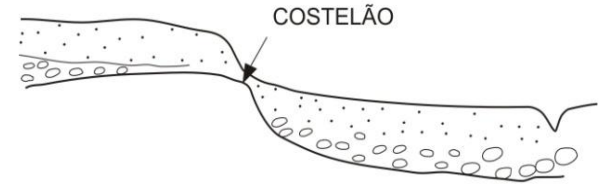


FIG. 06

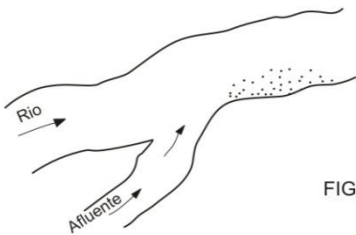


FIG. 02. C

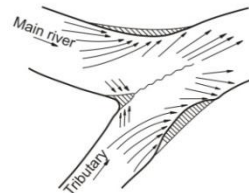


FIG. 04. A

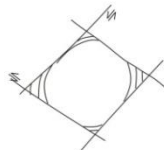


FIG. 04. B

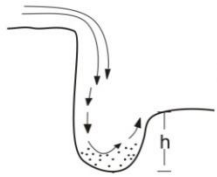
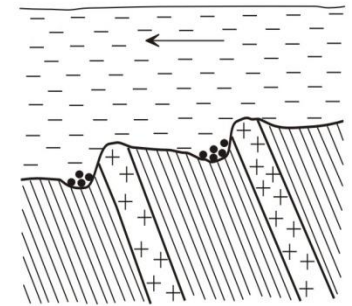
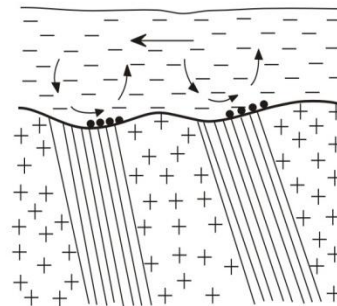
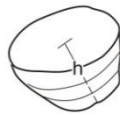


FIG. 03



Heavy-mineral accumulation in the depressions of a river bed, produced by differential erosion.

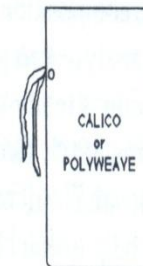
1 - resistant rock; 2 - soft rock; 3 - heavy minerals.

- Extração e lavra no Brasil



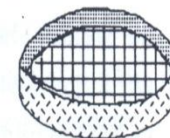
M.T. Muggerridge / Journal of Geochemical Exploration 53 (1995) 183–204

Sample Bag
5-25 kg
Capacity



350 X 550 mm

Screen

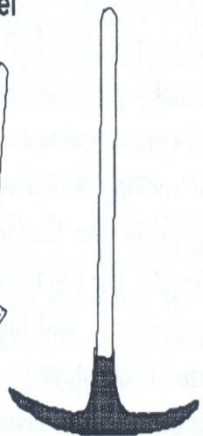


1 - 4 mm Aperture

Folding
Shovel



Pick Axe



Gold Pan



460 - 500 mm
Diameter



Brush

LOAM SAMPLING

DRAINAGE SAMPLING



Mineração Rio Novo
dragagem Chica da Silva – a mais antiga
em atividade no Brasil - 1965



Balsa de extração de diamantes
e ouro no rio Tibagi – PR 2005

Balsas de pesquisa
no rio Amajari



Balsa de extração de diamante em
Roraima 2005



Para saber mais...

- **WESKA, R.K. 1996** - Geologia da Região Diamantífera de Poxoréu e Áreas Adjacentes, Mato Grosso, Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, Departamento de Mineralogia e Petrologia, Tese de Doutorado, 219p.
- **HAGGERTY S. E. 2001** Diamond Geology and Evolution of Continental Lithosphere, Anais....Simpósio Brasileiro de Geologia do Diamante, 2º, Cuiabá, MT.
- **MITCHELL, R. H. 1997** Kimberlites, Orangeites, lamproites, Melilitites, and Minettes: A Petrographic Atlas, Almaz Press Inc, Ontario, Canada, 243 p.
- **BARDET, M.G. 1973** Geologie du diamant, Memoires du BRGM, Première partie: Généralites, nº 83, Tome I, Éditions BRGM, Paris, 235p.
- **CHAVES, M.L. & CHAMBEL L. 2003** Diamante: a pedra, agema, a lenda. Oficina de Textos, SP. 231 p.
- **SVIZZERO D. P. ; UBLICH M. N. C. & VLACH S. R. F. (2005)** Composition, origin and geologic significance of heavy minerals from kimberlitic intrusions of Coromandel, Minas Gerais State, Simpósio Brasileiro de Geologia do Diamante, 4º, Diamantina, MG.