

COMPETITIVIDADE INTERNACIONAL DAS MINAS DE DIAMANTES ANGOLANAS – O CASO DA MINA DO CATOCA

MANUEL NDANJI BORGES DOS SANTOS BRAVO

Dissertação para obtenção do grau de Mestrado em

Engenharia Geológica e de Minas

Orientadora: Prof.^a Doutora Edite Maria Gonçalves Martinho

Orientador: Doutor Luís Manuel Chambel Filipe Rodrigues Cardoso

Júri

Presidente: Prof.^a Doutora Maria Amélia Alves Rangel Dionísio

Orientadora: Prof.^a Doutora Edite Maria Gonçalves Martinho

Vogal: Prof.^a Doutora Maria Orquídia Teixeira Neves

Dezembro 2017



TÉCNICO
LISBOA

COMPETITIVIDADE INTERNACIONAL DAS MINAS DE DIAMANTES ANGOLANAS – O CASO DA MINA DO CATOCA
MANUEL NDANJI BORGES DOS SANTOS BRAVO

Dedicatória

Para os meus pais onde quer que estejam, tenham orgulho em mim.

Agradecimento

Agradeço acima de tudo, a Deus pela oportunidade de vida que ele me concedeu. Isso estende-se a todos aqueles que Deus usou para que isso se pudesse concretizar;

À minha família, que mesmo distante está sempre presente, norteando meu caminho e estimulando-me para conquistas e crescimento pessoal.

A Sra. Professora Doutora Edite Martinho, orientadora deste trabalho, pelo incansável apoio e pela disponibilidade demonstrada.

Ao Doutor Luís Chambel, coorientador deste trabalho, pelo desafio para o tema da tese, pelo permanente apoio e conselho e pela disponibilização de informação relativa ao tema desenvolvido.

Aos professores do curso de mestrado em Engenharia Geológica e de Minas pela atenção e por todo o conhecimento repassado para mim, durante o tempo de formação.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente participaram desta fase da minha vida, o meu muito obrigado.

Resumo

O estudo realizado no âmbito desta tese de mestrado centra-se numa análise da competitividade internacional da mina kimberlítica do Catoca (Angola), através da comparação dos seus custos de produção (incluindo os custos fiscais e de comercialização) com os de outras minas também exploradas em kimberlitos. Entre elas estão, as minas Diavik e Ekati (Canadá), Aikhal e Lomonosov (Rússia), Cullinan, Finsch e Koffiefontein (África do Sul), Karowe (Botswana), Williamson (Tanzânia) e Argyle (Austrália). Os fatores que podem contribuir para uma melhoria da sua competitividade (diminuindo os custos relativos de produção), e assim, aumentar a atratividade de investimento internacional na prospecção, desenvolvimento e operação de minas kimberlíticas (de capital intensivo) de diamantes em Angola, foram também identificados.

Os resultados obtidos mostram que a mina do Catoca tem custos de produção mais elevados do que as minas similares (a céu aberto) com as quais foi comparada (Williamson, Karowe e Lomonosov). Os custos de produção mais elevados podem ser explicados, em parte, pelo contexto logístico, de infraestruturas e económico do país, que tem certamente um impacto negativo nos custos da exploração da mina e que o Governo Angolano deve corrigir por forma a aumentar a competitividade e atrair investidores internacionais. Entre os factores que contribuem para o aumento do custo de produção de diamantes em Angola e que podem explicar a baixa competitividade da mina do Catoca estão: i) os custos das existências consumidas (gasóleo, peças), ii) os elevados custos de contexto em Angola (estradas em mau estado, ineficiências várias como burocracias, irregularidade no abastecimento de combustível às províncias, dificuldade de importação de peças) e, iii) os custos com o pessoal (produtividade).

Palavras Chaves: Diamantes, Minas, Angola, Kimberlitos, Competitividade, Catoca.

Abstract

The study was carried out in the framework of the master's thesis focuses on an analysis of the international competitiveness of the Catoca mine kimberlite (Angola), through the comparison of its production costs (including the tax costs and marketing) with those of other mines also explored in kimberlites. Among them are the mines Diavik and Ekati (Canada), Aikhal and Lomonosov (Russia), Cullinan, Finsch and Koffiefontein (South Africa), Karowe (Botswana), Williamson (Tanzania) and Argyle (Australia). The factors that can contribute to an improvement of its competitiveness (decreasing the relative costs of production), and thus to increase the attractiveness of international investment in exploration, development and operation of mines in kimberlites (capital intensive) of diamonds in Angola, were also identified.

The results obtained show that the Catoca mine production costs are higher than the mines similar (open pit) with which it was compared (Williamson, Karowe and Lomonosov). The higher costs of production may be explained, in part, by the context of logistics, infrastructure and economic development of the country, which has certainly had a negative impact on the costs of operating the mine and that the Angolan Government must correct in order to increase the competitiveness and attract foreign investors. Among the factors that contribute to the increase in the cost of production of diamonds in Angola and that may explain the low competitiveness of the Catoca mine are: (i) the costs of stocks consumed (diesel fuel, parts), (ii) the high costs of context in Angola (roads in poor condition, several inefficiencies as bureaucracies, irregularity in the supply of fuel to the provinces, difficulty of import of parts), and iii) personnel costs (productivity).

Key words: diamonds, mines, Angola, kimberlites, competitiveness, Catoca.

Índice

Dedicatória	I
Agradecimento	II
Resumo	III
Abstract	IV
Índice	V
Índice de Figuras	VII
Índice de Tabelas	VIII
Abreviaturas	X
1. Introdução	12
2. O diamante	13
2.1 Propriedades	14
2.2 Retrospectiva histórica	14
2.2.1 O diamante no mundo	14
2.2.2 O diamante em Angola	16
2.3 Aplicações e mercados	17
2.4 Produção	20
2.5 Perspetivas mundiais e em Angola	26
3. Geologia dos jazigos de diamantes	28
3.1 Kimberlitos e lamproitos	28
3.2 A geologia dos diamantes em Angola	30
4. Reservas em Angola	35
5. Exploração de jazigos de diamantes	38
5.1 Jazigos primários e secundários	38
5.2 Tratamento de minérios primários	42
5.3 Tratamento de minérios secundários	43
6. Análise de Competitividade	45
6.1 Metodologia e dados	45
6.2 Balanços e demonstrações de resultados	46
6.3 A Mina do Catoca (Angola)	47
6.4 Outras minas de diamantes em kimberlitos	52
6.4.1 Minas DIAVIK e Ekati (Canadá)	53

6.4.2 Mina Karowe (Botswana)	56
6.4.3 Minas Cullinan, Finsch e Koffiefontein (África do Sul).....	57
6.4.4 Minas Aikhal e Lomonosov (Rússia)	59
6.4.5 Mina Williamson (Tanzânia)	60
6.4.6 Mina Argyle (Austrália)	61
6.5 Análise comparada da competitividade	63
6.6 Perspectivas futuras	66
7. Conclusões	67
Bibliografia	68

Índice de Figuras

Figura 1 – Condições de pressão e temperatura para a formação do diamante e da grafite (adaptado de Dechandt, 2005).	13
Figura 2 - Morfologias típicas dos cristais de diamante e respetivas inclusões (adaptado do GIA, 2001)	14
Figura 3 - Produção global de diamantes em bruto entre 2014 e 2016 em Mct (Alrosa, 2016). 19	
Figura 4 – Quotas de mercado das principais empresas de exploração de diamantes (Alrosa, 2016).	19
Figura 5 - Dinâmica do mercado mundial do mercado de jóias (Alrosa, 2016).	20
Figura 6 - Produção angolana de diamantes em Mct (Catoca e outras minas de diamantes angolanas) (Chambel et al., 2013).	21
Figura 7 - Preço médio dos diamantes angolanos: total, Catoca e outros (Chambel et al., 2013).	21
Figura 8 - Produção angolana de diamantes em Mct (Chambel et al., 2013).	22
Figura 9 - Produção angolana de diamantes em Musd (Chambel et al., 2013).	22
Figura 10 - Produção mundial de diamantes em Mct (Chambel et al., 2013).	23
Figura 11 - Produção mundial de diamantes em Musd (Chambel et al., 2013).	24
Figura 12 – Esquema idealizado da morfologia de um pipe kimberlítico e lamproítico, incluindo as três zonas ou fácies características (Chaves & Chambel, 2003).	29
Figura 13 - Zonas de ocorrências kimberlíticas e de aluviões mineralizados em Angola (Chambel et al., 2013).	31
Figura 14 - Modelo conceptual dos jazigos angolanos de diamantes (Pereira, 1995).	33
Figura 15 - Esquemas simplificados das operações de extracção e tratamento de cascalhos diamantíferos (Chambel, 1993).	39
Figura 16 - Estrutura dos acionistas da Sociedade Mineira de Catoca (Catoca, 2016).	47
Figura 17 - Localização esquemática da mina de Catoca (Google Maps).	48
Figura 18 - Quilates recuperados da mina do Catoca entre 2006 e 2016 (Catoca, 2017).	50
Figura 19 - Estéril removido em m ³ da mina do Catoca entre 2006 e 2016 (Catoca, 2017).	50
Figura 20 - Minério extraído em m ³ da mina do Catoca entre 2006 e 2016 (Catoca, 2017).	51
Figura 21 - Minério tratado em t da mina do Catoca entre 2006 e 2016 (Catoca, 2017).	51
Figura 22 – Teor em ct/t da mina do Catoca entre 2006 e 2016 (Catoca, 2017).	51
Figura 23 – Quilates vendidos em Mct da mina do Catoca entre 2006 e 2016 (Catoca, 2017). 52	
Figura 24 - Localização esquemática de outras minas de diamantes de kimberlitos.	52
Figura 25 - Custos de produção das minas analisadas (usd/t).	64
Figura 26 - Custos com pessoal das minas Argyle e Catoca (Rio Tinto e SMC, 2011 – 2015). 65	

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Cronograma do desenvolvimento tecnológico do diamante industrial (http://www.diamant-boart.com).....	16
Tabela 2 – Preço dos diamantes nos países produtores (usd/ct) – dados do Processo Kimberley (Chambel et al., 2013).	24
Tabela 3 - Produção dos países produtores de diamantes em Mct– dados do Processo Kimberley (Chambel et al., 2013).	25
Tabela 4 - Produção dos países produtores de diamantes em Musd – dados do Processo Kimberley (Chambel et al., 2013).	25
Tabela 5 - Mineralogia das rochas kimberlíticas e lamproítos (adaptado de Sêco, 2009).	30
Tabela 6 - Distribuição dos kimberlitos agrupados em função das suas potencialidades até 1974 (Reis & Barros, 1981).	36
Tabela 7 - Reservas provadas calculadas em jazigos primários até ao final de 1974 (Reis & Barros, 1981).	36
Tabela 8 - Reservas prováveis calculadas em jazigos primários até ao final de 1974 (Reis & Barros, 1981).	37
Tabela 9 - Reservas conhecidas referentes aos jazigos detríticos até ao final de 1974 (Reis & Barros, 1981).	37
Tabela 10 – Balanços da Sociedade Mineira do Catoca entre 2011 e 2016 (relatórios anuais e de auditoria da Sociedade Mineira do Catoca).....	49
Tabela 11 – Demonstrações de Resultados da Sociedade Mineira do Catoca entre 2011 e 2016 (relatórios anuais e de auditoria da Sociedade Mineira do Catoca).	49
Tabela 12 - Balanços das minas Diavik e Ekati entre 2014 e 2017 (Dominion Diamond, 2014 a 2017).....	54
Tabela 13 - Demonstrações de Resultados da Diavik entre 2014 e 2017 (Dominion Diamond, 2014 a 2017).....	55
Tabela 14 - Demonstrações de Resultados da Ekati entre 2014 e 2017(Dominion Diamond, 2014 a 2017).....	55
Tabela 15 - Balanços da Lucara Diamond entre 2015 e 2016 (Lucara Diamond, 2015 a 2016).	56
Tabela 16 - Demonstrações de Resultados de Karowe entre 2012 e 2016 (Lucura Diamond, 2012 a 2016).....	57
Tabela 17 - Balanços da Petra Diamonds entre 2014 e 2017 (Petra Diamonds, 2014 a 2017).	58
Tabela 18 - Demonstrações de Resultados da Cullinan, Finsch e Koffiefontein entre 2015 e 2016 (Petra Diamonds, 2015 a 2016).....	59
Tabela 19 - Balanços da Alrosa entre 2014 e 2017 (Alrosa, 2014 a 2017).	60
Tabela 20 - Demonstrações de Resultados da Williamson entre 2015 e 2016 (Petra Diamonds, 2015 a 2016).....	61
Tabela 21 - Balanços da Rio Tinto entre 2014 e 2017 (Rio Tinto, 2014 a 2017).	62

Tabela 22 - Custos de produção da mina de Argyle entre 2010 e 2015 (Rio Tinto, 2010 a 2015).	
.....	63
Tabela 23 - Custos unitários de minério extraído (usd/t) das minas analisadas.	64

Abreviaturas

bbl	Barril
CONDIAMA	Consórcio Mineiro de Diamantes
CSO	Central Selling Organization
ct	quilates
ct/m ³	quilate por metro cúbico
ct/t	quilate por tonelada
CVD	Chemical Vapor Deposition
DDDLP	Dominion Diamond Diavik Limited Partnership
DDDMI	Diavik Diamond Mines
DIAMANG	Companhia de Diamantes de Angola
ENDIAMA	Empresa Nacional de Diamantes de Angola
FMI	Fundo Monetário Internacional
GDP	Gross Domestic Product
GE	General Electric
GIA	Gemological Institute of America
HPHT	High Pressure, High Temperature
KPCS	Kimberley Process Certification Scheme
MATS	Mining and Technical Services Ltd
Mbbl	Mil barris
Mt	Milhões de toneladas
PEMA	Pesquisas Minerais de Angola
SMC	Sociedade Mineira do Catoca
OPEX	Operation Expenses
CAPEX	Capital Expenditure
Cpht	Certified pharmacy technician

1. Introdução

Com o fim da guerra civil, em 2002, a estabilidade política e económica, nos anos seguintes, transformaram Angola num dos países com maior crescimento a nível mundial. O maior sector em crescimento foi o petrolífero, o que tornou a economia angolana fortemente dependente deste recurso. Os problemas colocados ao país pela descida acentuada do preço do petróleo, em 2015, vieram corroborar este facto. Por isso, as autoridades governamentais iniciaram estratégias com vista a combater esta vulnerabilidade estrutural, investindo noutros sectores, como a agricultura, a indústria, o comércio e outros serviços. Numa primeira fase, o sector mineral, em especial o subsector diamantífero, constitui a principal aposta como segundo alicerce desta economia. De notar, que apesar do petróleo e os diamantes estarem na base da economia angolana ambos têm, no entanto, contribuições muito diferentes, sendo o petróleo claramente dominante. A aposta no subsector diamantífero deve-se ao facto de já existir uma importante base material e humana com a qual o país pode desenvolver, de forma relativamente rápida, uma capacidade produtiva adicional, por forma a minimizar o impacto do decréscimo das receitas do petróleo. Nesta análise, é importante acrescentar que, segundo os dados de 2015 (Relatório económico de Angola, 2015), Angola é o quinto maior produtor mundial de diamantes, quer em valor quer em volume. Contudo, para assegurar a vitalidade e o desenvolvimento deste subsector, é necessário descobrir e explorar novas minas em kimberlitos, uma vez que cerca de 75 %, em volume, da produção atual se baseia na mina do Catoca, que se encontra já numa fase madura. Para atingir este fim, é necessário obter capital e tecnologia internacionais, o que dependerá, certamente, de uma análise da competitividade internacional das minas de diamantes angolanas. Assim, os principais objectivos da dissertação são:

- i) analisar a competitividade internacional da exploração em Angola de minas kimberlíticas de diamantes, comparando os seus custos com os de outras minas similares localizadas no Canadá, Botswana, África do Sul, Tanzânia, Rússia e Austrália, e
- ii) identificar os factores que permitam melhorar a competitividade (diminuindo os custos relativos de produção), e, assim, aumentar a atratividade do investimento internacional na prospecção, desenvolvimento e operação de minas kimberlíticas (de capital intensivo) de diamantes em Angola.

2. O diamante

O nome diamante vem do grego “adamas” e significa indomável, indestrutível. O diamante, tal como a grafite, é constituído por carbono cristalino (são polimorfos). Na natureza, o carbono pode apresentar-se sob duas formas estruturais diferentes dependendo das condições ambientais (pressão e temperatura) em que foi gerado. Como se pode ver a partir da figura 1, a formação do diamante exige condições de pressão e temperatura mais elevadas do que a formação da grafite. Nestas condições, a única forma estável do carbono é o diamante. Sabemos hoje que os diamantes se formam a 150 - 200 km de profundidade, no manto superior, em regiões de pressão de 40 mil atmosferas (4 GPa) e a temperaturas da ordem de 1200°C (Silva et al., 2009).

A forma primária de crescimento do diamante é o octaedro, típico de ambientes com temperaturas mais elevadas (por volta de 1050 °C) (Haggerty, 1986).

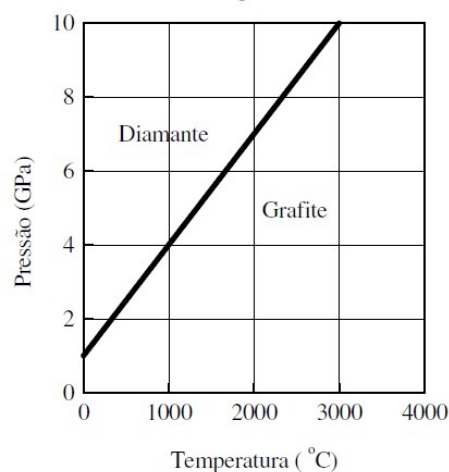


Figura 1 – Condições de pressão e temperatura para a formação do diamante e da grafite (adaptado de Dechandt, 2005).

Apesar dos diamantes serem constituídos por carbono, a maioria contém teores de azoto como impureza (Gurney, 1986; Evans & Harris, 1986). De um modo geral, os diamantes contêm inclusões minerais das quais cerca de 99 % são de olivina, sulfuretos, ortopiroxena, granada, cromite, clinopiroxena e cianite. Embora a maioria destas inclusões seja monomineral e com tamanho em torno de 100 µm, podem, também, ocorrer inclusões polimineriais (Fipke et al., 1995). A figura 2 mostra algumas das morfologias típicas dos cristais de diamante e as suas inclusões.

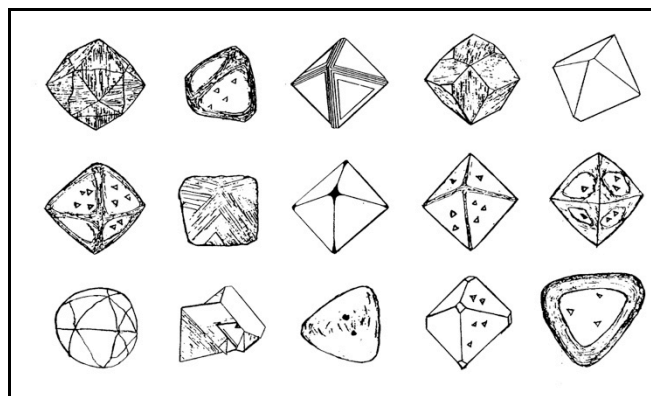


Figura 2 - Morfologias típicas dos cristais de diamante e respectivas inclusões (adaptado do GIA, 2001)

2.1 Propriedades

As principais propriedades que tornam o diamante especial em relação a todos os outros cristais são: a dureza (10 na escala de Mohs), o índice de refração (2,417 – 2,419), a densidade (3,48) e as suas excepcionais capacidades de dispersão de luz (Reis, 2009). Na verdade, não existe nenhuma outra substância conhecida pelo homem mais dura que o diamante. Esta é a característica física mais conhecida do mineral e é a base das suas principais aplicações na indústria. O diamante possui ainda clivagem perfeita conforme as faces do octaedro e segundo quatro direções. A propriedade que exerce maior influência no valor estético é o índice de refração (Schwartz, 1984). Esta e a sua dureza fazem do diamante a gema mais valiosa. O diamante possui brilho não metálico, adamantino, devido ao índice de refração, pois os minerais com índice de refração maior ou igual a 1,9, possuem este brilho. A cor, é outra das propriedades que também influencia o preço do diamante. O diamante pode apresentar as seguintes tonalidades: incolor, amarela, verde, azul, cinza, laranja, rosa, vermelho, roxo, preto, violeta, branco. Os incolores, com tons pontuais de amarelo, são os mais comuns (Schwartz, 1984). Os diamantes podem apresentar fluorescência ou fosforescência quando expostos à luz ultravioleta. A fluorescência pode influenciar as cores percebidas; e é raro os diamantes apresentarem fosforescência.

2.2 Retrospectiva histórica

2.2.1 O diamante no mundo

O diamante é conhecido desde 2500 AC (Silva et al., 2009). As primeiras explorações de diamantes tiveram lugar na Índia, 800 anos a.c, em jazigos aluvionares e só muito mais tarde, por volta do ano 600, foram também descobertos diamantes em Bornéu (Indonésia) (Reis, 2009). Até ao primeiro quartel do século XVIII, a Índia deteve o monopólio da extração e exportação de diamantes, altura em que se descobriram os primeiros diamantes no Brasil (Reis, 2009).

No fim do século XIX, foram descobertos diamantes na África do Sul, dando origem a uma nova revolução. O primeiro diamante, de 21,25 quilates (1ct=200 mg), foi encontrado em 1866, nos aluviões do rio Orange (Silva et al., 2009). Este foi apenas o início de uma série de achados extraordinários, entre eles, outro diamante de 83,5 quilates encontrado por um pastor e que foi trocado por um cavalo, dez bois e quinhentos carneiros. Lapidado em Londres, produziu uma gema em forma de pera com 47,69 quilates.

A rocha mãe do diamante foi então designada por kimberlito, em referência à cidade Sul-Africana de kimberley, onde foi encontrada. Nesta altura formou-se também a De Beers Consolidated Mines Ltd., fundada por Cecil John Rhodes.

A primeira referência à utilização do diamante como pedra preciosa, dando moda ao romance, data do ano de 1477, quando o imperador Maximiliano da Áustria pediu em casamento Maria de Borgonha oferecendo-lhe um anel de diamantes. O diamante exerceu e continua a exercer um fascínio tendo se tornado mais do que qualquer outra joia, símbolo do amor.

O primeiro uso industrial do diamante terá sido, possivelmente, na forma de pó para polimento de gemas de diamante e outras pedras preciosas. A broca diamantada foi inventada em 1863, pelo engenheiro francês Rodolphe Leschot e foi usada em furos para detonação na obra do túnel do Mont Cenis entre a França e a Itália (Silva et al., 2009). Mais tarde, as brocas diamantadas começaram a ser difundidas como principais ferramentas no desenvolvimento da indústria de perfuração.

A descoberta, em grandes quantidades, de diamantes inapropriados para a joalheria, em aluviões e kimberlitos do Congo Belga em 1938, projetou este país para a vanguarda do desenvolvimento tecnológico no que respeita a aplicações do diamante como mineral industrial de alta performance e peça chave de toda uma indústria de ferramentas de corte, como se pode ver a partir da Tabela 1 (Fonte: <http://www.diamant-boart.com>):

Nos anos seguintes e durante a segunda guerra mundial, o diamante industrial tornou-se um mineral estratégico, sendo essencial na produção de ferramentas de corte de metais para a indústria bélica e aeronáutica. Em 1946, Sir Ernest Oppenheimer, da De Beers, fundou a primeira empresa no mundo focada nos usos industriais do diamante natural, a Industrial Distributors Ltd, hoje a Element 6, do grupo De Beers. Rapidamente, a procura de diamante industrial para a tecnologia de corte, abrasão e polimento, à escala industrial, ultrapassou a produção de diamante industrial natural, o que impulsionou as pesquisas para produção, em larga escala, do diamante sintético.

Tabela 1 - Cronograma do desenvolvimento tecnológico do diamante industrial (<http://www.diamant-boart.com>).

1937	Criação da Diamant Boart (Bruxelas)
1938	Primeiras ferramentas diamantadas impregnadas (brocas, lâminas, etc.)
1955	Primeira apresentação de lâminas para cortadoras multiusos
1968	Primeiro fio eletrolítico diamantado para corte de mármore
1972	Primeiro fio diamantado impregnado para corte de mármore
1976	Primeiro suporte de aço de baixo ruído para discos de corte
1977	Fio diamantado para corte de blocos – exploração de mármore
1984/85	Primeiros discos soldados a laser
1985	Primeiro fio diamantado para exploração de granito
1992	Introdução de setores diamantados e segmentos gigantes de 30 mm
1994	Introdução de novo fio diamantado “long life”
1998	Fio diamantado para máquinas multi-fios

Em 1951, a empresa General Electric (GE) deu início a estudos para a síntese do diamante. Uma equipa de 9 cientistas aperfeiçoou as teorias de alta pressão e alta temperatura correntes à época. Em dois anos criaram uma super-prensa hidráulica (BELT Press), capaz de produzir condições de pressão e temperatura similares à profundidade de 256 km abaixo da superfície da terra (condições HPHT).

Em 1954, a GE realizou o primeiro processo de síntese do diamante, investindo e aperfeiçoando o processo, até que, em 15 de fevereiro de 1955, o seu laboratório de pesquisas anunciou a sua capacidade de fabricar e reproduzir diamantes. Em Outubro de 1957, torna-se o primeiro fabricante mundial de diamantes sintéticos. Todo o diamante, quer extraído das minas quer fabricado, tem a mesma dureza. Contudo, a GE descobriu ser capaz de fabricar cristais com um desempenho superior ao diamante de origem natural, fazendo sob medida ou modificando as propriedades do cristal e o seu formato para atender a aplicações específicas. Em 1959, a De Beers anunciou ter capacidade de produção de diamante HPHT, enquanto a GE já estava com a tecnologia para expandir a sua linha de produtos. O diamante sintético continuava a expandir-se como uma linha de produto.

2.2.2 O diamante em Angola

Em Angola, os diamantes foram descobertos em 1912 em Mussulala, na Lunda Norte, pelos prospectores Johnston e Mcvey, que estavam a seguir a fonte de diamantes encontrada na região do então Congo Belga. Uma empresa de prospeção, a companhia de pesquisa mineira de Angola (PEMA), criada em 1912 para comprovar os recursos.

Em 1917, surgiu a Diamang (um consórcio entre a Diamang e a diamantes de Angola), resultante duma parceria entre a De Beers, o estado português e interesses de finanças de exploração internacional. A prospeção a nível nacional foi levada a cabo pela última vez na década de 1970, pela Condiama, uma empresa que pertence à De Beers. Em 1977 já uma, Angola independente, o governo assinou um acordo de cooperação com a Mining and Technical Services Ltd. (MTS), para que se implemente junto com a De Beers veículos para a exploração de diamantes em Angola. Até 1980, A MTS aumentou a produção de diamantes de Angola para 184,5 mil quilates, avaliados em 233,9 milhões de dólares (Gordon et al., 2004).

2.3 Aplicações e mercados

Os diamantes podem ser classificados como gemas (pedras preciosas), usados em joalheria, ou industria, para aplicações tecnológicas, especialmente em perfuração, serragem e trituração.

Cerca de 80 % dos diamantes naturais extraídos no mundo são considerados inapropriados para uso como gemas. Conhecidos como “*boart*”, estes diamantes são destinados ao uso industrial. O limite entre diamantes aproveitáveis para a joalheria e para usos industriais não é bem definido, sendo flutuante, em função de variações de procura e preço dos respetivos mercados.

A principal utilização para o diamante industrial é como super-abrasivo, em ferramentas para corte, perfuração, desbaste e polimento. Em geral, são utilizados diamantes de granulometria fina que são impregnados ou incrustados em brocas, discos de serra etc. Os diamantes são ainda usados noutras aplicações mais específicas como instrumentos cirúrgicos e janelas para instalações laboratoriais de alta pressão, entre outras.

A categoria do diamante industrial, compreende as seguintes classes (Sêco, 2009): (i) *Boart*, também conhecido como *bortz* ou *bort*, são agregados microcristalinos excepcionalmente duros; (ii) Carbonados, são agregados policristalinos opacos, com densidade aparente distintamente menor do que o diamante comum (de 2,0 a 2,45 g/cm³); (iii) *Ballas*, são agregados esféricos ou em forma de gotas, compostos por cristais aciculares radiantes, ou cubos, de cor branca, cinza ou negra; (iv) *Rejection e Browns*, que com pesos inferiores a 0,25 ct que são destinados preferencialmente à indústria de corte de vidro.

Os diamantes gema são aqueles que, pelas suas características de beleza, raridade e dureza, qualidades que os tornam preciosos, são utilizados na indústria joalheira. O preço das gemas de diamantes varia muito, podendo um quilate atingir o valor de um milhão de dólares. Os principais factores que afectam o valor unitário dos diamantes em bruto (usd/ ct) são (Cardoso & Chambel, 2005):

1. o seu peso e tamanho; quanto maior for o diamante, maior é o preço unitário;
2. qualidade; fracturas ou inclusões, são prejudiciais à pureza de um diamante, diminuindo o seu valor. O impacto das imperfeições no valor do diamante depende da sua posição, sendo irrelevante quando localizada à superfície do diamante em bruto, já que serão facilmente eliminados durante o processo de polimento, e

3. fluorescência; a capacidade de certos diamantes para emitir luz quando atingido pela radiação UV (presente na luz solar natural) a qual afeta a cor das gemas, aumentando ou diminuindo o seu valor.

As principais empresas produtoras mundiais de diamantes são a Alrosa, De Beers, Rio Tinto, Dominion Diamond e Petra Diamonds. A figura 3 mostra a produção global diamantes em bruto entre 2014 e 2016, em milhões de quilates para estas e outras empresas incluindo a Sociedade Mineira do Catoca (Angola).

A Alrosa, é uma empresa russa parcialmente estatal e líder na indústria dos diamantes, representando um terço das reservas e mais de um quarto da produção do mercado mundial de diamantes em bruto; explora jazigos na Rússia e em África.

A De Beers, é um conglomerado de empresas Americana envolvida na exploração e comércio de diamantes do grupo Anglo American, que explora jazigos no Botswana, África do Sul, Canadá e Namíbia.

A Rio Tinto, é uma empresa pública Australiana, diversificada, envolvida na exploração, produção e processamento de recursos naturais. O segmento de diamantes em bruto do negócio da Rio Tinto inclui os depósitos das minas Argyle (100 % de propriedade Australiana) e Diavik (60 % de propriedade Canadiana).

A Dominion Diamond, é uma empresa Canadiana envolvida em exploração de diamantes em bruto. Esta empresa, possui uma participação de 40 % na mina Diavik (Canadá) e 89 % no depósito de diamante da mina Ekati (Canadá).

A Petra Diamonds, é uma empresa diamantífera Sul Africana que explora jazigos de diamantes em bruto na África do Sul e na Tanzânia.

A Sociedade Mineira do Catoca (SMC), é uma empresa angolana que produz diamantes em bruto no depósito do Catoca localizado na Lunda Sul.

Em 2016, o volume da produção de diamantes em bruto por estas empresas manteve-se no nível de 2015 (figura 3) e constituiu cerca de 70 % da oferta global. O grupo Alrosa, por exemplo, produziu 37,4 milhões de quilates de diamantes em bruto contra os 38,3 milhões de quilates produzidos em 2015 (figura 3), mantendo a sua posição de liderança entre as principais empresas mundiais diamantíferas, com uma participação no mercado de 29 %. Já a Petra Diamonds, a menor das empresas (entre as referidas), produziu 4,1 milhões de quilates em bruto contra os 3,2 milhões de quilates em 2015 (figura 3) (Alrosa, 2016).

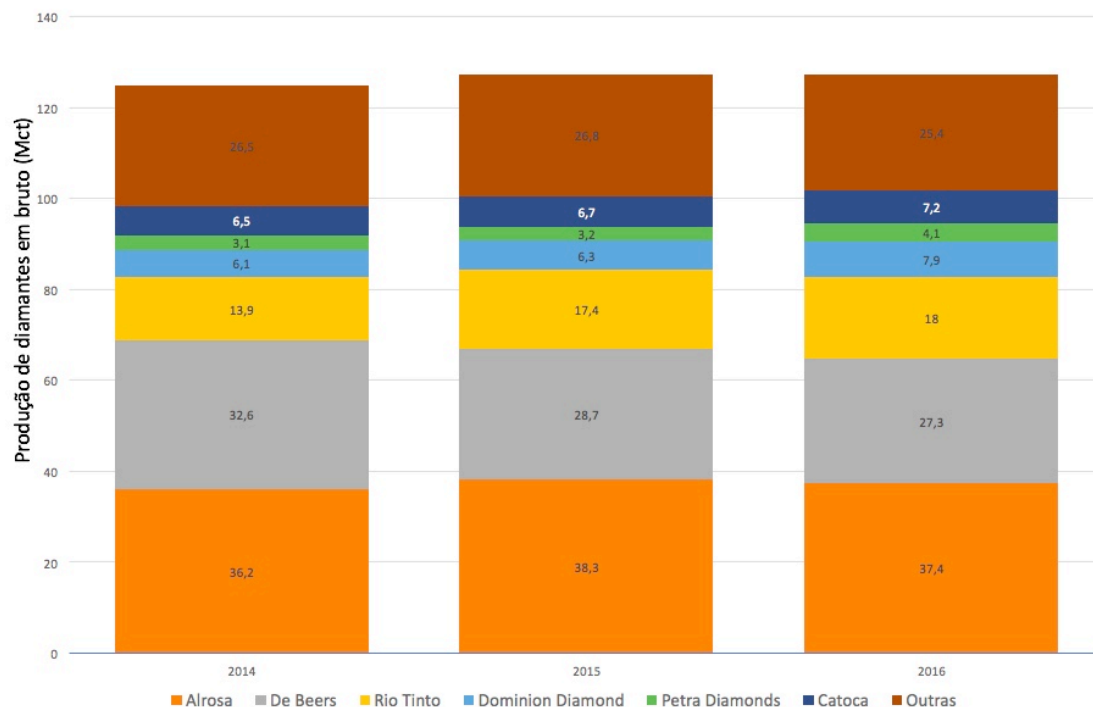


Figura 3 - Produção global de diamantes em bruto entre 2014 e 2016 em Mct (Alrosa, 2016).

A Alrosa é líder mundial na produção de diamantes brutos em termos de volume, enquanto a De Beers é líder na produção de diamantes em termos de valor. A figura 4 mostra as quotas de mercado, percentagem de mil milhões de dólares, das principais empresas de exploração de diamantes entre 2014 e 2016 (Alrosa, 2016).

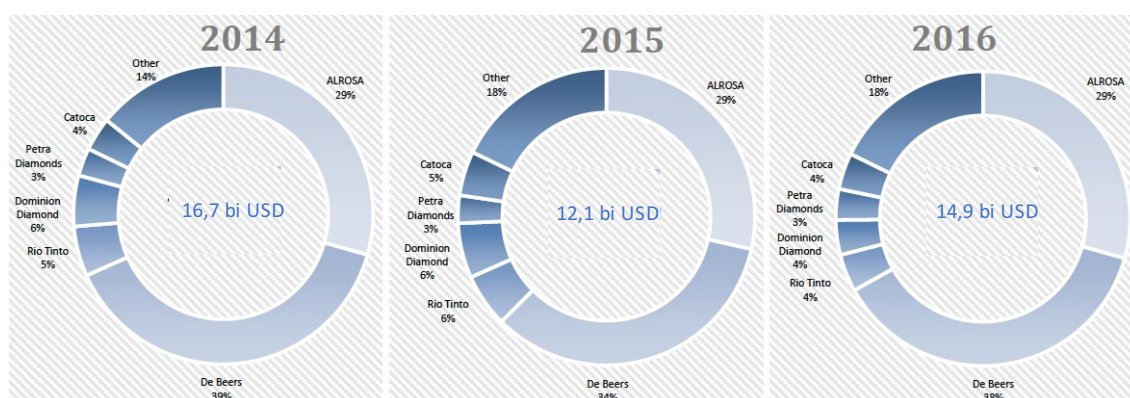


Figura 4 – Quotas de mercado das principais empresas de exploração de diamantes (Alrosa, 2016).

Os principais países consumidores de jóias com diamantes são os EUA, China e Japão, cuja participação no que respeita ao consumo mundial é de cerca 70 %, com os EUA a representarem um consumo de cerca de 50 %.

O relatório anual da Alrosa de 2016, mostra a dinâmica do mercado mundial de jóias (figura 5).

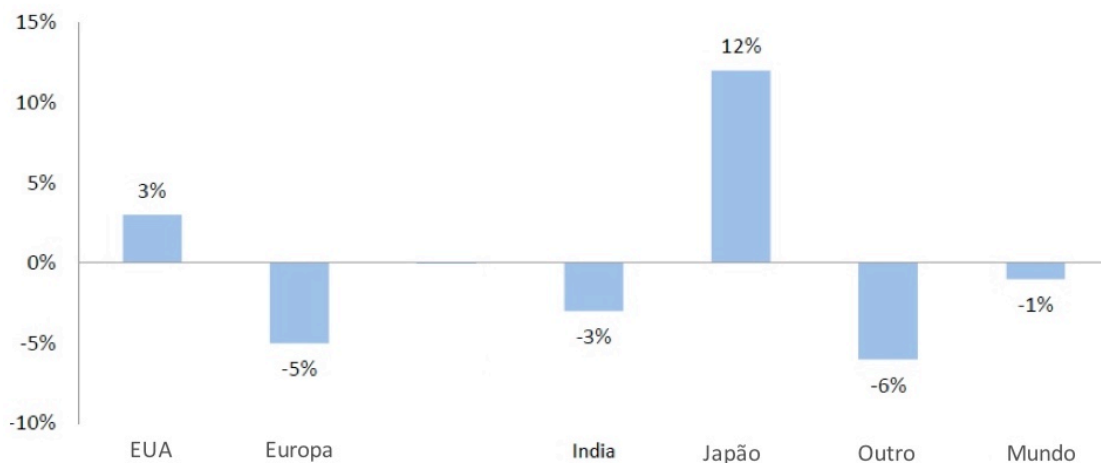


Figura 5 - Dinâmica do mercado mundial do mercado de jóias (Alrosa, 2016).

Segundo a figura 5, o Japão e os EUA foram os mercados mais importantes mostrando uma procura crescente por jóias com diamantes.

2.4 Produção

A produção mundial de diamantes tem vindo a crescer porque as empresas produtoras, têm prestado, nos últimos anos, grande atenção ao desenvolvimento, à inovação e ao uso de novas tecnologias. Estes fatores têm contribuído para a melhoria da eficiência operacional e, como consequência, para a rentabilidade do negócio.

A figura 6 mostra, em milhões de quilates, a produção da mina do Catoca (Angola) em comparação com outras minas, entre os anos 2004 a 2016. Em 2004, o volume mundial de diamantes da mina de Catoca atingiu 3,6 milhões de quilates contra 2,5 milhões de quilates das outras minas de diamantes angolanas. Mais de uma década depois, em 2016, a produção foi de 7,2 milhões de quilates contra 1,8 milhões de quilates das outras minas de diamantes angolanas.

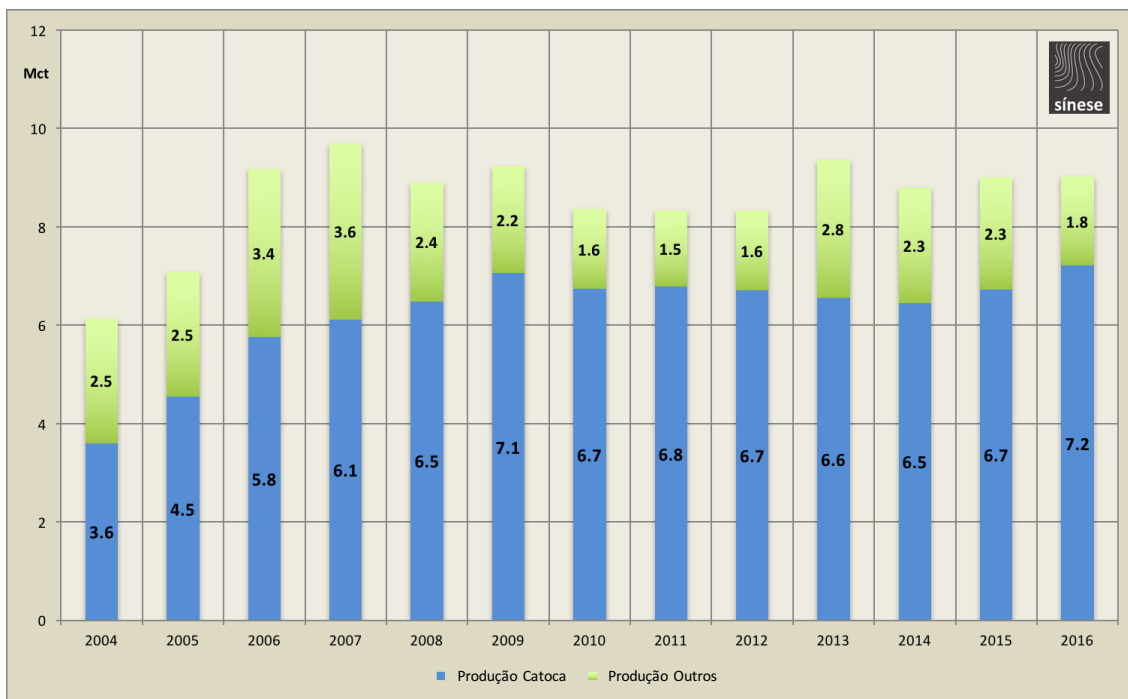


Figura 6 - Produção angolana de diamantes em Mct (Catoça e outras minas de diamantes angolanas) (Chambel et al., 2013).

Entre 2002 e 2016 (figura 7) o preço médio dos diamantes do Catoça aumentou em termos de dólares por quilates (usd/ct). Neste período, verificou-se um crescimento positivo na procura de jóias com diamantes e, por esta razão, Angola tornou-se no quinto maior produtor de diamantes do mundo com valor (Chambel et al., 2013).

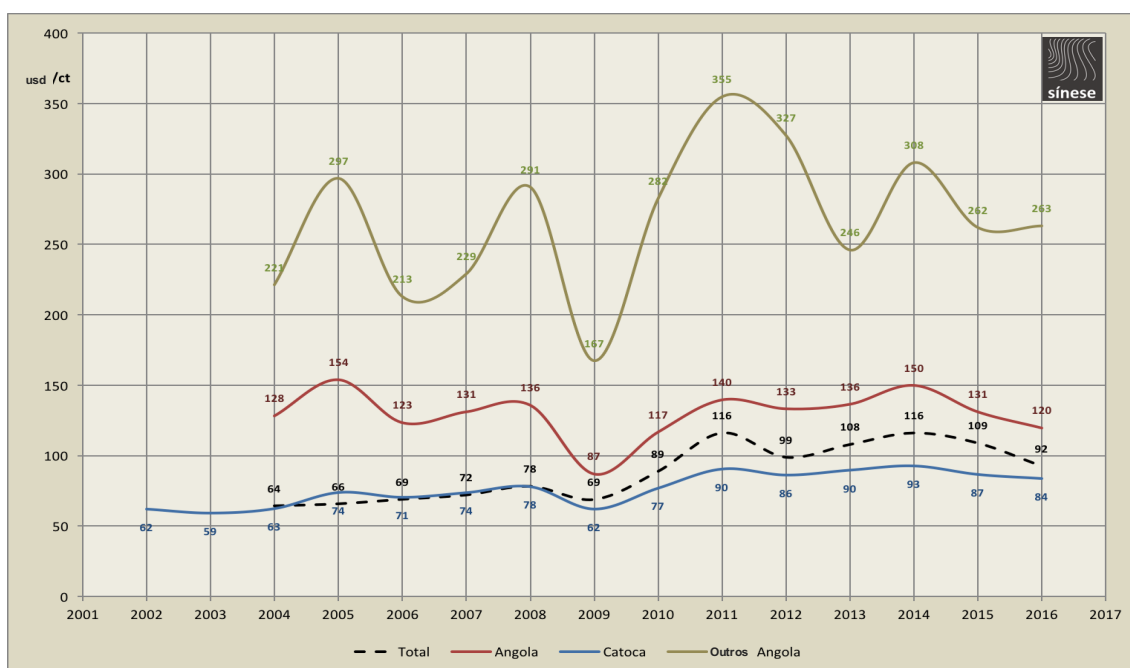


Figura 7 - Preço médio dos diamantes angolanos: total, Catoça e outros (Chambel et al., 2013).

Em termos de milhões de quilates, entre 2004 e 2016, a produção angolana foi oscilando ao longo dos anos tendo-se mantido constante nos anos de 2015 e 2016, como se pode ver a partir da figura 8.

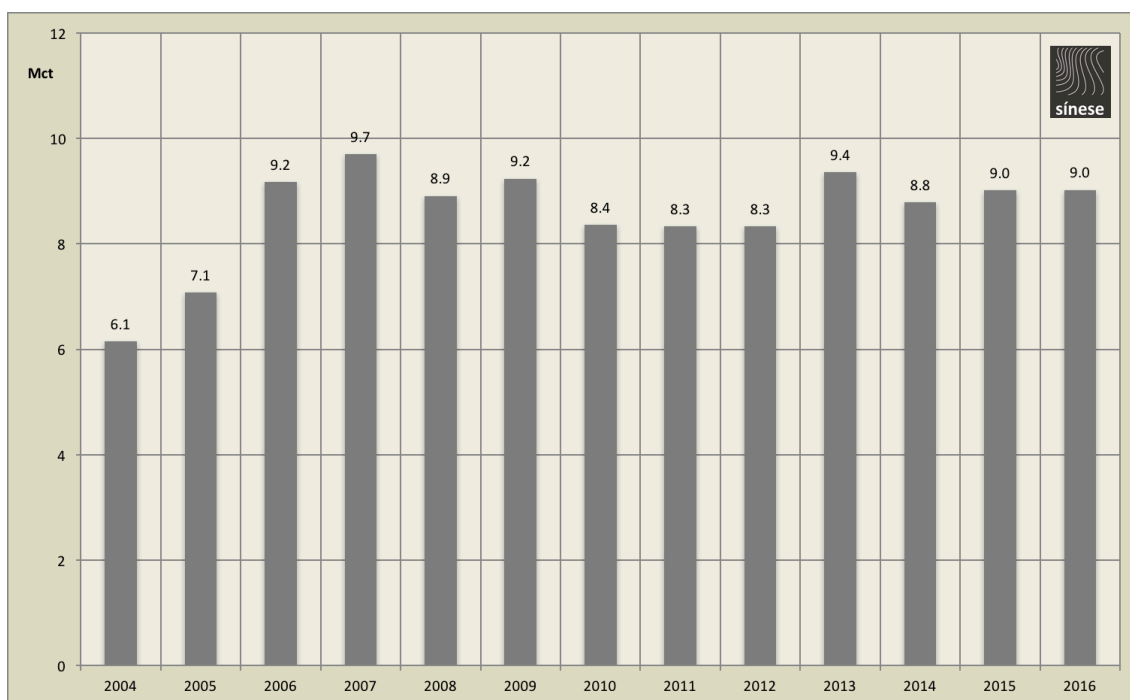


Figura 8 - Produção angolana de diamantes em Mct (Chambel et al., 2013).

Para o mesmo período, a produção, em milhões de dólares, foi oscilando, tendo-se verificado uma descida acentuada em 2009 (figura 9). Neste ano, a produção baixou atingindo valores idênticos aos de 2004.

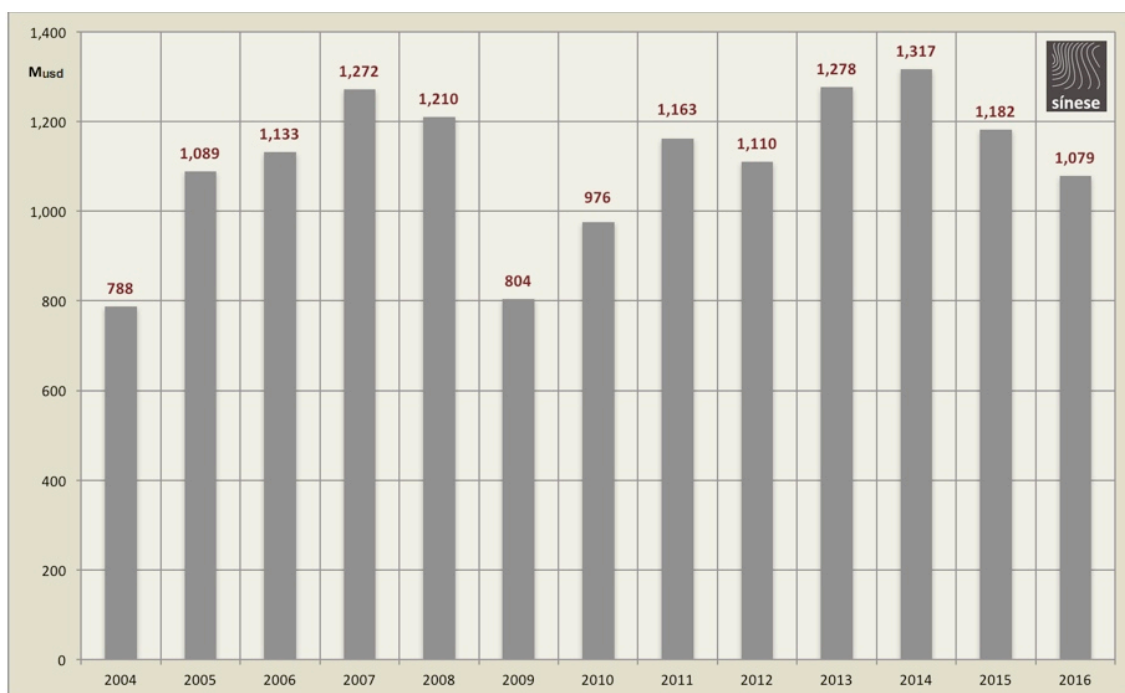


Figura 9 - Produção angolana de diamantes em Musd (Chambel et al., 2013).

As figuras 10 e 11, mostram a produção mundial de diamantes, quer em milhões de quilates quer em milhões de dólares entre 2004 e 2016. Estes dados foram apurados pelo sistema de certificação do processo de Kimberley (Kimberley Process Certification Scheme - KPCS); o KPCS actua como regulador evitando a compra e venda de diamantes de sangue. No que respeita à produção, em milhões de quilates, verificou-se uma descida abrupta em 2009 mostrando pequenas oscilações entre 2009 e 2016. A produção, em milhões de dólares, também diminuiu claramente em 2009 mas, contrariamente à produção em milhões de quilates, a partir do referido ano houve uma produção, em média, superior à ocorrida até 2009. Esta análise mostra que entre 2009 e 2016 produziram-se menos diamantes (em Mct) mas o seu valor foi mais elavado. Esta conclusão pode ser confirmada pelos dados do processo de Kimberley (tabela 2) que mostram, que neste período de tempo, o preço médio dos diamantes aumentou nos principais países produtores (Botswana, Canadá, Rússia, África do Sul e Austrália), com excepção de Angola. Isto ficou a dever-se à crise mundial que ocorreu em 2009. Para continuar a vender os diamantes foi necessário baixar a produção; o que terá provocado o aumento do seu valor.

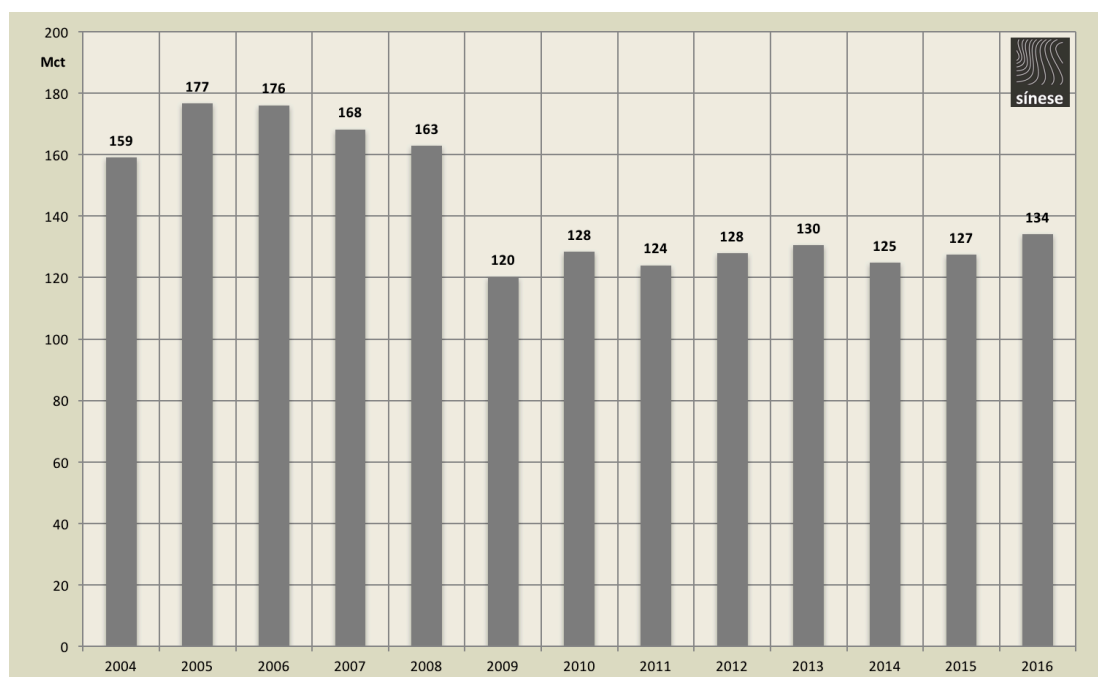


Figura 10 - Produção mundial de diamantes em Mct (Chambel et al., 2013).

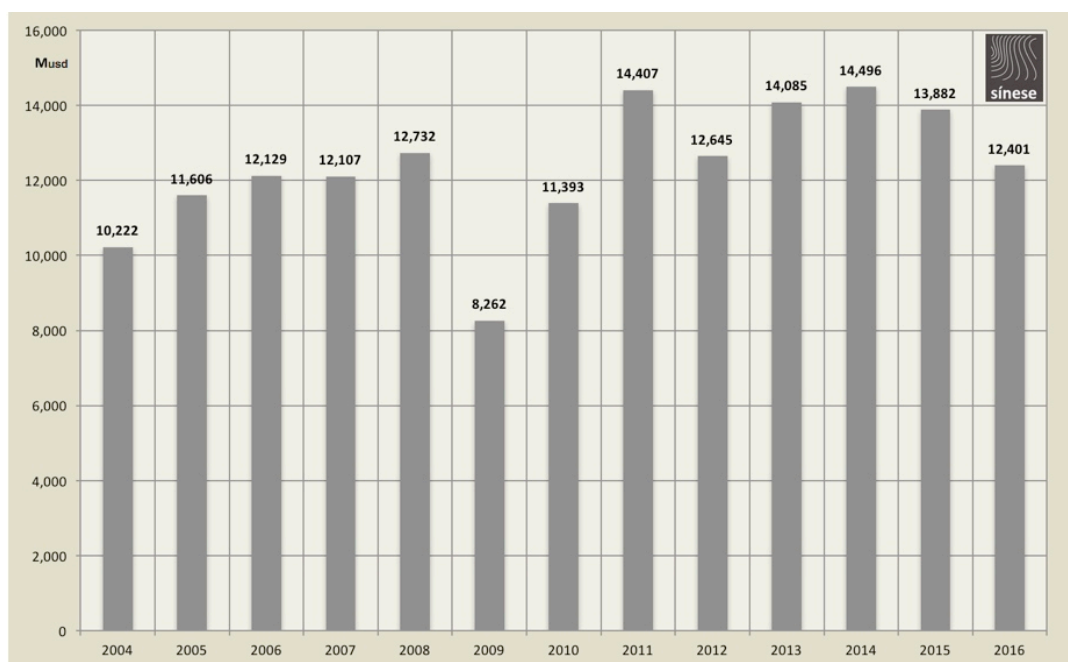


Figura 11 - Produção mundial de diamantes em MUSD (Chambel et al., 2013).

Tabela 2 – Preço dos diamantes nos países produtores (usd/ct) – dados do Processo Kimberley (Chambel et al., 2013).

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Angola	128	154	123	131	136	87	117	140	133	136	150	131
Australia	16	17	19	20	22	20	25	28	29	32	33	23
Botswana	83	90	94	88	101	81	117	170	145	156	148	144
Brazil	88	73	67	100	78	39	55	69	61	76	47	44
Camarões										231	173	222
Canada	130	118	106	97	152	135	195	236	192	181	167	144
República Africana Central	149	158	141	128	127	151	162	188	170			
China, PR	16	14	17	18	20	10	16	249	23	31		
Congo, DR	18	19	15	13	13	11	9	9	9	9	9	8
Congo, R					48	32	12	24	74	27	25	25
Costa do Marfim											104	33
Ghana		33	32	26	29	19	35	51	44	40	42	37
Guinea	59	87	84	45	17	42	75	110	163	167	151	88
Guiné	104	95	127	119	162	150	158	189	173	204	161	161
Índia	117	163	172			178	185	179	178	177	181	208
Indonésia		281	206			77						
Lesoto	952	1 236	722	723	880	1 456	1 817	1 602	629	585	990	931
Liberia				122	210	397	600	386	385	367	428	459
Namíbia	335	373	375	316	377	343	440	695	553	805	603	591
Rússia	57	67	67	69	68	67	68	76	82	82	97	101
Serra Leoa	183	212	208	235	266	196	242	348	302	303	357	309
África do Sul	76	85	91	93	96	144	135	211	145	146	165	193
Tanzânia	115	115	94	101	101	136	185	277	266	256	319	271
Togo	90	113	114	98	106	120	110	211	198	143	99	
Venezuela	40	58	55	82	138	94	109					
Zimbábue	180	141	32	45	55	21	40	56	53	52	50	50
Total	64	66	69	72	78	69	89	116	99	108	116	109

No que respeita à produção, em milhões de quilates e em milhões de dólares, por países produtores, as tabelas 3 e 4 mostram que a Rússia foi líder em termos de produção em milhões de quilates enquanto o Botswana, com excepção de 2014 e 2015 em que foi ultrapassado pela Rússia, foi líder na produção em milhões de dólares.

Tabela 3 - Produção dos países produtores de diamantes em Mct– dados do Processo Kimberley (Chambel et al., 2013).

Volume (Mct)	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Angola	6,1	7,1	9,2	9,7	8,9	9,2	8,4	8,3	8,3	9,4	8,8	9,0
Australia	20,2	32,9	29,9	18,5	14,9	15,6	10,0	7,8	9,2	11,7	9,3	13,6
Botswana	31,0	31,9	34,3	33,6	32,3	17,7	22,0	22,9	20,6	23,2	24,7	20,8
Brazil	0,3	0,3	0,1	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
Camarões	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Canada	12,7	12,3	13,3	17,0	14,8	10,9	11,8	10,8	10,5	10,6	12,0	11,7
República Africana Central	0,3	0,4	0,4	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,0	0,0	0,0
China, PR	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Congo, DR	30,0	33,1	29,0	28,5	33,4	21,3	20,2	19,2	21,5	15,7	15,7	16,0
Congo, R	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
Costa do Marfim	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ghana	0,9	1,0	1,0	0,9	0,6	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
Guinea	0,7	0,5	0,5	1,0	3,1	0,7	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
Guiné	0,5	0,3	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1
Índia	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Indonésia	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Lesoto	0,0	0,1	0,2	0,5	0,3	0,1	0,1	0,2	0,5	0,4	0,3	0,3
Liberia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
Namibia	2,0	1,9	2,4	2,3	2,4	1,2	1,7	1,3	1,6	1,7	1,9	2,1
Rússia	38,9	38,0	38,4	38,3	36,9	34,8	34,9	35,1	34,9	37,9	38,3	41,9
Serra Leoa	0,7	0,7	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,5
África do Sul	14,1	15,6	14,9	15,2	12,9	6,1	8,9	8,2	7,1	8,1	7,4	7,2
Tanzânia	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,0	0,1	0,2	0,3	0,2
Togo	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Venezuela	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zimbabwe	0,0	0,2	1,0	0,7	0,8	1,0	8,4	8,5	12,1	10,4	4,8	3,5
Total	159,1	176,7	176,0	168,2	162,9	120,2	128,3	124,0	128,0	130,5	124,8	127,4

Tabela 4 - Produção dos países produtores de diamantes em Musd – dados do Processo Kimberley (Chambel et al., 2013).

Valor (MUSD)	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Angola	788	1 089	1 133	1 272	1 210	804	976	1 163	1 110	1 278	1 317	1 182
Australia	314	547	560	365	326	313	252	221	269	381	304	308
Botswana	2 576	2 870	3 208	2 960	3 273	1 436	2 586	3 902	2 979	3 626	3 647	2 986
Brazil	26	22	6	26	6	1	1	3	3	4	3	1
Camarões	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Canada	1 645	1 454	1 410	1 657	2 255	1 475	2 305	2 551	2 007	1 907	2 003	1 676
República Africana Central	52	61	59	60	48	47	49	61	62	0	0	0
China, PR	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Congo, DR	536	615	432	365	432	226	174	180	183	139	137	133
Congo, R	0	0	0	0	5	2	5	2	4	2	1	1
Costa do Marfim	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ghana	26	34	31	23	18	7	12	15	10	7	10	6
Guinea	40	47	40	46	54	29	28	33	44	34	25	15
Guiné	47	32	44	34	31	15	7	10	8	12	16	19
Índia	9	10	2	0	0	2	3	2	5	6	7	7
Indonésia	0	5	11	5	8	1	0	0	0	0	0	0
Lesoto	25	64	167	328	223	134	198	359	301	242	343	283
Liberia	0	0	0	3	10	11	16	16	16	20	28	31
Namibia	673	697	901	715	918	409	744	873	900	1 360	1 156	1 214
Rússia	2 205	2 531	2 574	2 625	2 509	2 341	2 382	2 675	2 874	3 114	3 733	4 240
Serra Leoa	127	142	125	142	99	78	106	124	163	184	222	154
África do Sul	1 076	1 319	1 362	1 417	1 236	886	1 194	1 730	1 027	1 185	1 224	1 390
Tanzânia	35	25	26	28	24	25	13	11	34	46	81	59
Togo	11	2	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0
Venezuela	0	3	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Zimbabwe	8	35	34	31	44	20	340	476	644	538	239	175
Total	10 222	11 606	12 129	12 107	12 732	8 262	11 393	14 407	12 645	14 085	14 496	13 882

2.5 Perspetivas mundiais e em Angola

A importância da aplicação do diamante em diferentes sectores industriais é cada vez maior. As indústrias mecânicas modernas, com a utilização de ferramentas de corte e de desgaste têm apresentando um crescimento notável. A procura mundial está em crescimento. No entanto, os stocks são aproximadamente nulos e a produção a médio e a longo prazo prevê-se estável (Schwartz, 1984). Estes fatores poderão conduzir, no futuro, a que seja atribuída ao diamante uma importância ainda maior.

Em Angola, a produção tem permanecido estável em termos de milhões de quilates devido ao desenvolvimento e crescimento da mina do Catoca e ao aparecimento de vários outros projetos. Caso a reabilitação e o desenvolvimento das infraestruturas angolanas prossiga e a produtividade e mão-de-obra melhorem, a indústria angolana de diamantes poderá manter-se por mais de um século (Chambel et al., 2013).

Dois importantes fatores influenciam a procura de diamantes pelo mercado. O primeiro fator refere-se à percepção que se tem de que os diamantes são símbolo do amor eterno e o segundo à ideia de que os diamantes constituem um bom investimento, já que nunca perdem o seu valor.

Em geral, os diamantes classificados na categoria gemas representam 20 % da produção das minas, embora esse percentual constitua 80 % do valor produzido. Já os diamantes classificados nas categorias de quase-gemas e industrial, apesar de constituírem cerca de 80% da produção, significam apenas 20% do valor da produção total (Silva et al., 2009).

O comércio de diamantes tende a aumentar devido a um significativo crescimento da procura no mercado americano e nos países asiáticos. A classe média da China e Índia está a crescer rapidamente e alguns estudos de projeção indicam que, em 2020, esses potenciais consumidores serão oito vezes maiores que os mercados americanos (Schwartz, 1984). Atualmente, percebe-se uma forte procura por diamantes lapidáveis de pequenas dimensões (0,3 ct a 2,0 ct) o que resulta da procura do enorme mercado dos países asiáticos; alia-se a essa procura o fato de se haver percebido que a agregação de pequenas pedras numa jóia pode causar um efeito estético e beleza equivalente ao de uma única pedra maior e de elevado valor.

De acordo com a indústria dos diamantes os principais desafios e tendências neste sector são (De Beers, 2016):

1. Volatilidade económica; o crescimento económico global continuará a ser volátil;
2. Crescimento contínuo na procura de mercados emergentes; é possível que os crescimentos positivos da procura dos consumidores continuem a vir de consumidores asiáticos, particularmente chineses e indianos;
3. Novas preferências no consumidor; espera-se que as preferências dos consumidores mudem, com um foco maior na autoexpressão. O design e as jóias de marca continuarão a ter grande relevância;
4. Inovação das lojas; os revendedores focados em jóias de diamantes de marca diferenciarão-se de proposições genéricas;

5. Aumento da pressão nos sectores intermédios da fileira; espera-se que os desafios relativos ao financiamento persistam, impulsionados por padrões de empréstimos mais apertados e menor disponibilidade, colocando pressões adicionais, particularmente, em investidores intermediários com modelos comerciais desatualizados e não lucrativos;
6. Aumento dos custos de extração diamantífera; espera-se uma maior parte da produção provenha de minas cada vez mais profundas, que são complexas e dispendiosas para operar. Assim, para gerar produtividade, é necessário um investimento adicional por parte dos produtores;
7. Previsão da produção de diamante em bruto para os próximos 10 anos; espera-se que a produção de diamantes em bruto permaneça previsível e relativamente estável;
8. Pressão dos países produtores para maximizar o valor acrescentado: os países produtores de diamantes, em particular a África do Sul, continuarão a procurar maximizar o valor dos ativos de diamantes;
9. Aumentar a capacidade para produzir diamantes sintéticos de gema a um custo inferior; embora a procura do consumidor seja atualmente insignificante, a capacidade de produzir sintéticos para aplicações de gema continuará a expandir-se. Ao longo do tempo, o custo de produção e o valor destes diamantes devem diminuir.

Existem ainda duas incertezas adicionais em toda a cadeia de valor que, provavelmente, terão implicações significativas para a indústria diamantífera (De Beers, 2016). São elas:

- Atitude dos consumidores em relação aos diamantes; na próxima década, a procura por parte dos consumidores poderá continuar a expandir-se à medida que as lojas de joalharia de diamantes inovem e invistam para manter as jóias com diamantes relevantes para a nova demografia do consumidor. Em alternativa, os novos consumidores poderão afastar-se dos diamantes se a indústria não investir e inovar por forma a mantê-los relevantes. Outras categorias experimentais ou de luxo, podem tornar-se mais relevantes.
- O fornecimento dos diamantes; embora, durante a próxima década os níveis de produção de diamantes em bruto possam variar ligeiramente em torno de uma tendência conhecida, o fornecimento global de diamantes deve continuar a aumentar ligeiramente devido a avanços tecnológicos na exploração, no corte e no polimento, bem como uma maior oferta de diamantes reciclados.

3. Geologia dos jazigos de diamantes

3.1 Kimberlitos e lamproitos

Os jazigos diamantíferos podem ser do tipo primário ou secundário. Os jazigos primários estão associados a áreas cratônicas, principalmente cratões Precâmbrios do Arcaico – Regra de Clifford (Clifford, 1966; Jennings, 1995), uma vez que sob estas áreas existem as condições geológicas necessárias à preservação dos diamantes. Estes, são trazidos até à superfície através de episódios vulcânicos (Mitchel & Bergman, 1991), tipo kimberlítico e lamproítico que são rochas de origem magmática. Estas rochas resultam de erupções de material originado no manto terrestre; são produtos de magmatismo intraplaca. Por isso, os jazigos primários têm origem em fenómenos localizados a profundidades entre 150 e 200 km e temperatura entre 1100 e 1500 °C, em períodos iniciados há 3300 Ma (Mitchel, 1986).

Os kimberlitos são rochas muito raras (com uma abundância na crosta inferior a 1%), que ocorrem nas zonas dos cratões sob a forma de chaminés, diques e soleiras (Sêco, 2009; Fipke et al., 1995). Nem todos os kimberlitos são mineralizados; à escala global, menos de 1% destes contém diamantes suficientes para serem considerados económicos e somente cerca de quinze constituem minas de classe mundial (Fipke et al., 1995). É importante notar que o magma kimberlítico não tem qualquer relação genética com os diamantes; ele é apenas o meio de transporte, possibilitando a sua ascensão até à superfície (Mitchell, 1986).

Os kimberlitos constituem um grupo de rochas cuja mineralogia e petrologia são típicas de magmas ultrabásicos ricos em voláteis, onde predomina o CO₂ (Sêco, 2009; Kirkley et al., 1991). A sua distinção é feita através da sua textura heterogranular, que resulta da presença de macrocristais e/ou megacristais imersos numa matriz fina, composta principalmente, por olivina, mas onde também podem estar presente monticelite, flogopite, perowskite, solução sólida de espinela magnesiânica, cromite magnesiânica, magnetite, apatite e serpentina (Kirkley et al., 1991). Estes minerais são de origem primária podendo, no entanto, existir serpentina resultante da alteração de alguns minerais primários (Sêco, 2009; Kirkley et al., 1991). Os macro e megacristais, quase sempre anédricos, são de olivina, ilmenite, piropo, diópsido, flogopite, cromite e enstatite. Do ponto de vista químico, alguns desses minerais apresentam composições típicas que caracterizam o kimberlito. Assim, o diópsido tem baixo teor de Cr, sendo por vezes sub-cálcico; a ilmenite é tipicamente magnesiânica; o piropo é titanífero e com baixo teor de Cr; a cromite é pobre em Ti (Sêco, 2009; Fipke et al., 1995). Estas rochas podem conter nas suas estruturas várias rochas ultramáficas, originadas por magmas peridotíticos e piroxeníticos, onde estão presentes xenólitos e xenocristais provenientes da crosta (Sêco, 2009). Sobretudo na parte superior, podem apresentar alterações devido a processos de carbonatização e serpentinização.

Segundo Clement e Skinner (1985), os kimberlitos podem, de acordo com a sua petrologia e morfologia, ser classificados em três unidades de fácies: i) kimberlito de fácies abissal ou hipabissal; ii) kimberlito de fácies de diatrema e iii) kimberlito de fácies de cratera. Esta

classificação é determinada, principalmente, por diferenças na textura (Sêco, 2009; Clement & Skinner, 1985). Neste trabalho, apenas será feita referência aos kimberlitos de diatrema, uma vez que as minas de diamantes objeto deste estudo pertencem a este tipo de fácies. Segundo alguns autores (Hawthorne, 1975; Clement & Skinner, 1985), os kimberlitos de diatrema são idênticos a uma cenoura, isto é, são elípticos ou circulares à superfície tornando-se depois finos em profundidade (figura 12) que pode variar entre 1 a 2 Km. Este tipo de kimberlitos caracteriza-se por possuir uma agregação de xenólitos e material vulcanoclástico fragmentado de vários níveis da crosta. Segundo Sêco (2009), as fácies de diatrema kimberlíticas são designadas por tufo kimberlítico e tufo kimberlítico brechóide, devido ao seu carácter intrusivo piroclástico.

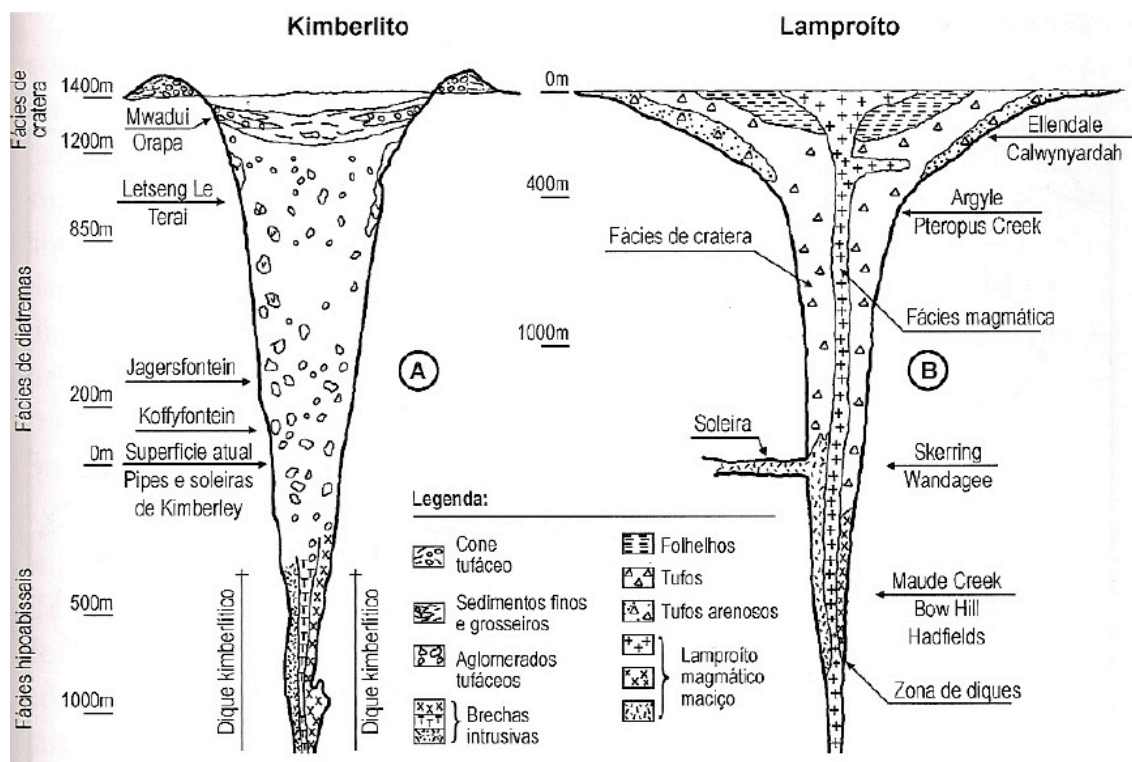


Figura 12 – Esquema idealizado da morfologia de um pipe kimberlítico e lamproítico, incluindo as três zonas ou fácies características (Chaves & Chambel, 2003).

Os lamproitos, a outra rocha a que os jazigos primários de diamantes estão associados, possuem a forma de uma taça de champagne (figura 12) (Michell, 1989; Mitchell & Bergman, 1991). Este tipo de rocha tem principalmente como produto da cristalização primária, olivinas que ocorrem tanto na matriz como em fenocristais (Mitchell & Bergman, 1991). Os principais minerais presentes são a flogopite, tetraferroflogopite, richterite (anfíbola), olivina forsterítica, diópsido, leucite e sanidina (feldspato potássico). Importa referir que estas fases minerais não têm de estar todas presentes (Mitchell, 1989). Ao contrário do magma kimberlito, o CO₂ está

praticamente ausente (Rogério, 2007). A Tabela 5 compara a mineralogia dos dois tipos de rochas.

Tabela 5 - Mineralogia das rochas kimberlíticas e lamproitos (adaptado de Sêco, 2009).

	Kimberlito	Lamproito
Olivina	x	raro
Mica	X, flogopite	X, flogopite
Espinela magneseana	Abundante Cr-Mg	raro
Monticelite	x	-----
Diópsido	-----	X, Al + Ti - pobre
Perowskite	x	raro
Apatite	x	x
Calcite	Abundante	-----
Sanidina	-----	x
Richerite-k	-----	x
Titanatos-k-Ba	Muito raro	x
Silicatos-Zr	Muito raro	x
Ilmenite-Mn	raro	Muito raro
Leucite	-----	x

(x) – presente; (-----) – não presente.

Os jazigos secundários de diamantes podem ser aluvionares, costeiros, marinhos ou eólicos. A formação destes jazigos está ligada a fenómenos de concentração mecânica natural dos resíduos provenientes das fontes diamantíferas. A sua classificação depende da sua posição em relação á hidrografia e podem ser (Chaves & Chambel, 2003):

- Depósitos em conglomerados antigos, dobrados, com fontes provavelmente erodidas;
- Depósitos em conglomerados antigos, não dobrados, encontrando-se expostos descontinuamente no alto de planaltos;
- Depósitos aluvionares, situados nas proximidades das rochas – fontes diamantíferas, tanto primárias como secundárias;
- Depósitos de terraço, em posição superior à do rio atual;
- Depósitos dos leitos de rios;
- Depósitos litorais, incluindo os sedimentos de praia e terraços litorais.

3.2 A geologia dos diamantes em Angola

Em Angola, o maior número de ocorrências kimberlíticas localiza-se nas regiões das Lundas, bacia dos rios Cocumbi, Cacuílo e Cuango, curso médio do rio Cuanza e curso superior dos rios Cunene e Queve, assinaladas na figura 13 (Coqueia, 2014).

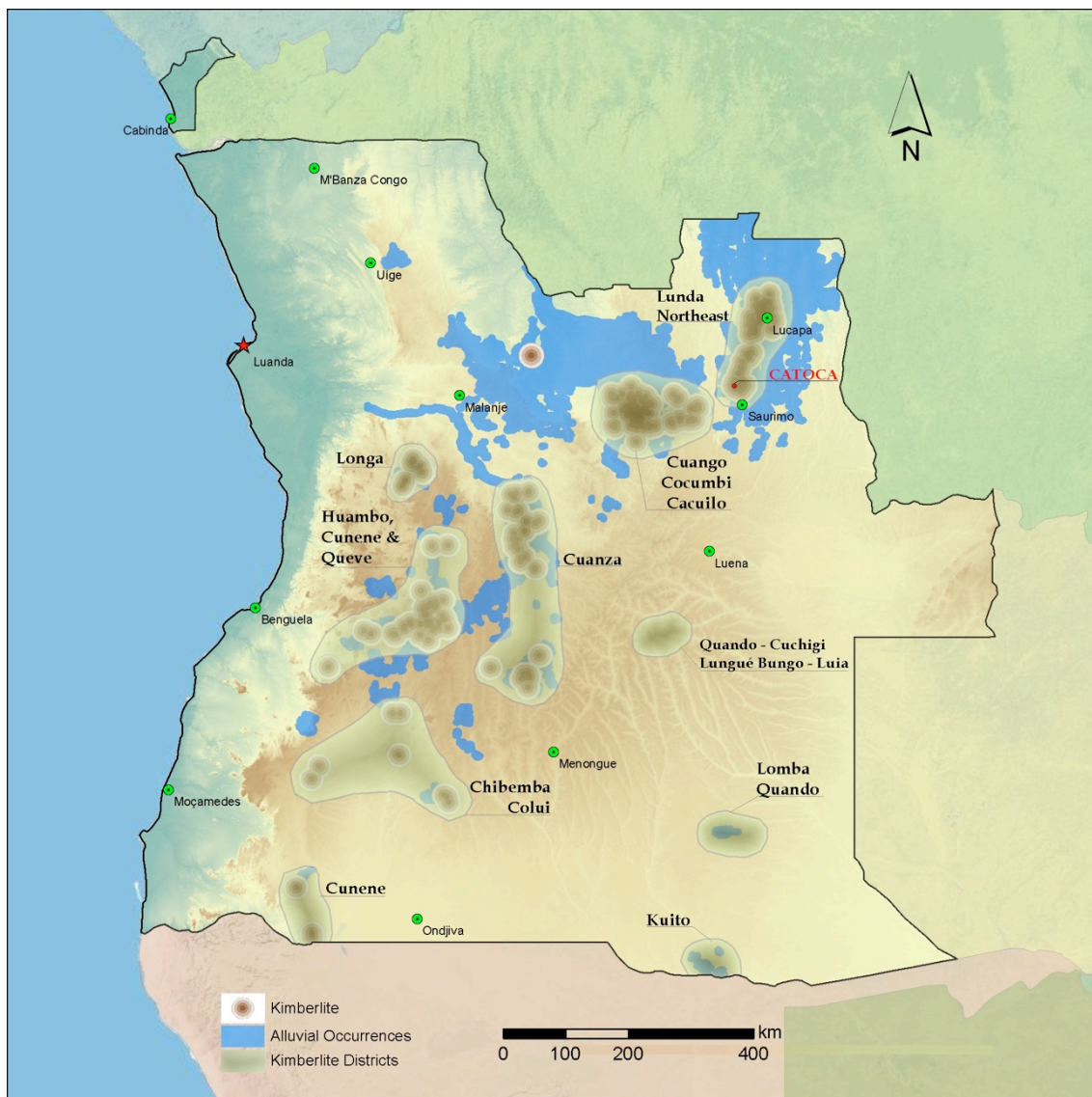


Figura 13 - Zonas de ocorrências kimberlíticas e de aluviões mineralizados em Angola (Chambel et al., 2013).

Neste trabalho será dada particular relevância à região das Lundas onde se localiza a mina alvo deste estudo. A região diamantífera das Lundas (Monforte, 1960; Pereira et al, 2003), onde se localizam mais de 900 corpos kimberlíticos, encontra-se no NE de Angola (figura 13) e está inserida numa mega-estrutura tectónica, que se estende de NE a SW do país, designada por corredor de Lucapa. Este corredor ou Cinturão Vulcânico de Angola, que é atravessado por várias falhas recentes, que são responsáveis pela ascensão das erupções kimberlíticas e outras fontes primárias de diamantes na região (Smith, 2004).

Segundo Delhal et al. (1975), a região das Lundas está situada no cratão do Congo do qual faz parte um complexo charnockítico máfico do Arcaico, composto de um modo geral, por granulitos, quartzitos, gnaisses anfibolíticos e anfibolitos. Em torno deste, existem várias séries gnaissíco-migmatíticas e granitóides paleoproterozoicos, enquanto os limites exteriores do cratão possuem faixas de rochas metasedimentares Meso ou Neoproterozoicas. Junto à

fronteira com a República Democrática do Congo existe, associado ao complexo charnockítico, o chamado Grupo Dibaya da região Kassai (Congo) formado por gnaisses, migmatitos e rochas granitóides. Alguns autores como (Monforte, 1988), consideram ainda a existência, nesta região, de um complexo Basal antigo composto por xistos anfibolíticos, gnaisses, migmatitos e rochas granitóides.

Durante o período de transição Arcaico-Proterozóico houve fragmentação da crosta, em alguns casos acompanhada da intrusão de massas máficas-ultramáficas. Nas Lundas esta fragmentação, com orientação WSW-ENE, deu lugar a zonas de subsidência onde se acumularam sequências sedimentares (geralmente siliciclásticas) que foram metamorfizadas pelas intrusões, dando origem a rochas metamórficas de médio a alto grau de metamorfismo. Estas rochas metamórficas acumularam-se no núcleo Arcaico. Nas Lundas estas rochas estão divididas em dois grupos e têm as seguintes designações: 1) Grupo Metamórfico Inferior (Grupo Lóvua/Grupo Luiza) e 2) Grupo Metamórfico Superior (Grupo Lulua). O primeiro grupo é composto por quartzitos, xistos micáceos e, em alguns lugares, por anfibolitos e gnaisses (Delhal e Ledent, 1973; André, 1993). O segundo, é composto por duas séries, uma inferior e outra superior cada uma das quais com três formações (Carvalho, 1984). A série inferior é constituída por: A1a – gnaisses e xistos anfibolíticos, xistos quartzo-feldspáticos e filitos, xistos carbonatados e filitos; A1b – quartzitos de grão fino; A1c – xistos cinzentos ou avermelhados e filitos. A série superior assenta em discordância sobre a inferior e é constituída por: A2a - filitos e xistos arenosos com intercalações de conglomerados; A2b - filitos, talcoxistos e filitos quartzosos; A2c - calcários silicificados.

Durante o Carbónico e o Pérmico o soco cratónico foi coberto pelas sequências terrígenas continentais dos chamados Grupo Intercalar Continental e Grupo Karroo (Pereira et al., 2003). Na área diamantífera da Lunda existem alguns fragmentos das sequências glacio-fluvial e lacustre-deltaico correlacionados com o Grupo Karroo (Lepersonne, 1951). Nesta região, o Grupo Intercalar Continental é visível em algumas localidades ao longo dos rios Chicapa, Luachimo e Lóvua apresentando algumas dezenas de metros (Real, 1959). Junto à margem esquerda do rio Cassamba (afluente do rio Chicapa) a sequência é composta, da base para o topo por: (i) lodos com conglomerados, brechas e argilas vermelhas com camadas alternadas de arenitos brancos e vermelhos; (ii) arcoses caulínicas brancas e arenitos vermelhos com níveis de lodos castanhos; (iii) argilas vermelhas e areias com intercalações micro-conglomeráticas (Pereira et al., 2000b).

Segundo Pereira et al. (2003), estas sequências e o respetivo soco foram fortemente segmentadas por episódios tectónicos coincidentes com a abertura do Atlântico Sul, o que deu origem a várias estruturas geológicas (grabens e semi-grabens) limitadas por falhas, com direcção aproximada WSW-ENE e NNW-SSE, que preservaram os sedimentos pré-Cretácicos. Estes alinhamentos estruturais foram de grande importância porque favoreceram a instalação dos kimberlitos e, por isso, são também, excelentes guias para a prospecção dos mesmos.

O rifting continental inicia-se no Jurássico, o que conduz à ruptura da crosta na Bacia do Congo e à ocorrência de magmatismo toleítico continental e vulcanismo, com interrupção da

sedimentação (Pereira et al., 2003). O rifting continental no Atlântico Sul e em Angola começa no Cretácico, pré-Aptiano (Brognon & Verrier, 1965; Pereira, 1971). Na Bacia do Congo, a actividade vulcânica kimberlítica e carbonatítica inicia-se depois do Albiano e está associada com o Cinturão Vulcânico de Angola (Machado, 1959). Presume-se que os kimberlitos da Lunda, e em geral, de Angola, se instalaram no período Cretácico com a abertura do Atlântico Sul (Pereira et al., 2003).

Na Lunda, existem várias fácies petrográficas kimberlíticas podendo ser do tipo porfirítico, brechas e tufo-brechas (Pereira et al., 2003). Os kimberlitos ocorrem, principalmente em diatremas, mas também são conhecidos diques e soleiras. O kimberlito do Catoca é relativamente grande e é constituído por grupos de diatremas.

Os jazigos aluvionares de diamantes do NE de Angola foram a base da produção angolana de diamantes durante várias décadas e contêm ainda boa parte dos recursos potenciais angolanos. As bacias do Cuango, do Chiumbe (incluindo o seu afluente Luana), do Luembe, do Luachimo, do Chicapa e do Cuanza são as principais fontes. Os depósitos secundários de diamantes localizados nestas bacias formaram-se em diversos ciclos, começando logo após a intrusão dos kimberlitos (no Cretácico Médio, em termos latos). Os primeiros jazigos secundários de diamantes (figura 14) correspondem aos conglomerados basais da Formação Calonda (Cretácico Superior, inicialmente Andar da Lunda e, mais recentemente, Grupo Kwango). Estes conglomerados constituem a primeira formação-armazém dos diamantes, ou seja, incluem os diamantes libertados dos kimberlitos acabados de se instalar. A erosão destes conglomerados libertou, e continua a libertar, diamantes para aluviões mais recentes (Pereira, 1995 e Chambel et al., 2013).

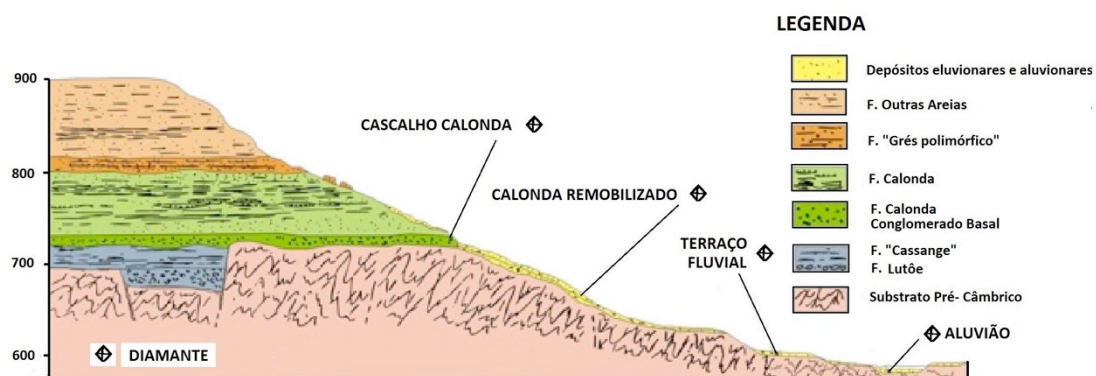


Figura 14 - Modelo conceptual dos jazigos angolanos de diamantes (Pereira, 1995).

O Grupo Kalahari, subsequente, também contém níveis conglomeráticos com diamantes embora com teores geralmente baixos e não económicos. Esta unidade não é geralmente um alvo pagante (Pereira, 1995 e Chambel et al., 2013).

Os diferentes tipos de jazigos secundários conhecidos no Nordeste da Lunda ocorrem (Monforte, 1993):

- Em relação direta e imediata com a atividade atual dos cursos de água:

- Cascalhos do fundo do rio (também chamados do leito vivo ou do leito ativo) depositos em pontos singulares dos cursos de água, como depressões, canais alongados e barragens rochosas.
- Cascalhos das margens e das ilhas acumulados, pelos cursos de água, em certos locais das margens e das ilhas ou amontoados, no meio do leito, em cordões alongados ultrapassando o nível da água, nos sítios em que o rio é largo e a corrente é fraca.
- Em relação com a atividade antiga dos cursos de água. As peneplanícies miocénica e plio-pleistocénica estão a ser dissecadas pela erosão atual. Os rios principais encaixam-se nelas, constituindo depósitos de vale e de terraço. Assim, surgem:
 - Nas aluviões das planícies aluviais instalando-se sobre um ou sobre os dois lados dos cursos de água. Localmente, distinguem-se depósitos de lezírias (*flats*) que se estendem sobre largas plataformas aluviais dos grandes rios e depósitos de ribeiros (*creeks*) que se estiram sobre o fundo dos vales estreitos dos afluentes de menor importância. Estes depósitos apresentam a faculdade de proporcionar, rapidamente, reservas bem calculadas.
 - Nos depósitos de terraço aparecendo, nos flancos do vale, a uma altitude de 1 a 40 m em relação ao nível da água; ou
- São independentes da rede hidrográfica atual. Nesse caso, podem ocorrer:
 - Nas eluviões das vertentes resultantes do deslizamento, ao longo do flanco das depressões, de cascalhos situados a níveis mais elevados. São formados quer a expensas diretas da Formação Calonda, quer dos cascalhos plio-pleistocénicos.
 - Nos mantos de cascalhos plio-pleistocénicos dos interflúvios menores. São o resíduo eluvial da Formação Calonda, podendo repousar (o interesse económico decresce de 1 para 3):
 1. diretamente sobre o substrato pré-Calonda;
 2. diretamente sobre o conglomerado ou lentículas conglomeráticas do nível de base da Formação Calonda;
 3. separados das camadas basais da Formação Calonda por uma espessura maior ou menor de grés.
 - Na formação Calonda. Os conglomerados basais da Formação Calonda são o horizonte diamantífero mais consequente que se conhece, representando a fonte de aprovisionamento dos diamantes diretamente libertados dos kimberlitos. Distinguem-se, nos conglomerados basais da Formação Calonda, três tipos:
 1. Tipo A - De aspecto fanglomerático, com grandes blocos angulosos e sub-angulosos do substrato e de extensão reduzida.
 2. Tipo B - Menos grosseiros que os anteriores, com predomínio de quartzitos e contínuos em grandes extensões.

3. Tipo C - De diminuta espessura, com elementos eolizados de pequeno calibre envoltos numa matriz argilosa.

O interesse económico decresce de A para C.

(Monforte, 1993) engloba na designação de jazigos secundários de diamante as formações nitidamente diamantíferas e, por isso, não considera nesta rubrica:

1. As lenticulas conglomeráticas, lateral e verticalmente muito localizadas da Formação Calonda.
2. Os cascalhos ocasionais das peneplanícies do final do Cretácico ou do Terciário Médio.
3. Os mantos de cascalho plio-pleistocénicos dos interflúvios maiores repousando diretamente sobre grés da Formação Calonda.

Qualquer que seja o mecanismo invocado, os aluviões relacionados com o regime hidrográfico atual, na sua atividade antiga ou recente, assim como o manto de cascalhos plio-pleistocénicos dos interflúvios menores, *in situ* ou concentrados sobre as vertentes, provêm, na sua maioria, direta ou indiretamente, das camadas da Formação Calonda.

Daqui resulta a importância que se deu ao estudo dos conglomerados basais desta formação, quer por critérios descritivos, quer por critérios genéticos, tendo, por finalidade, conhecer a paleogeografia dos diferentes tipos (A, B e C) e avaliar a direcção e distância de transporte do diamante, a partir de um ponto dado.

É também com base nos conglomerados basais da Formação Calonda que, segundo Polinard citado em (Monforte, 1993), se pode caminhar em direcção à origem primária dos diamantes.

4. Reservas em Angola

Quando Angola chegou à independência, em 11 de novembro de 1975, as reservas diamantíferas eram apreciáveis. Contudo, (até aquela data) as reservas conhecidas referiam-se às contidas nos kimberlitos, nos conglomerados basais da formação Calonda, nas formações aluvionares e cascalhos do fundo do leito dos rios.

O primeiro kimberlito Camafuca – Camazambo, localizado na provincia da Lunda Norte, foi descoberto em 1952. Com o desenvolvimento das metodologias de pesquisa, descobriram-se 383 corpos kimberlíticos até final de 1974, dos quais, 131 localizados na bacia hidrográfica do Lufulé. Só em 1973, a prospeção aluvionar foi responsável pela localização de 104 kimberlitos (Reis & Barros, 1981).

Entre 1972 e 1973, os geólogos que estavam ao serviço da Diamang, contribuíram para a deteção de 263 diatremas kimberlíticas. A geoquímica e a mineralometria tiveram especial preponderância nestas descobertas, pois só em 1972 e 1973 foram colhidas 68 962 e 175 504 amostras, respetivamente, para a geoquímica do níquel e do crómio e para a deteção dos minerais satélites do diamante (diópsido, ilmenite e piropo).

A Tabela 6 mostra, até 1974, a distribuição dos kimberlitos agrupados em função das suas potencialidades e o número sobre os quais ainda não tinham incidido quaisquer estudos (Reis & Barros, 1981).

Tabela 6 - Distribuição dos kimberlitos agrupados em função das suas potencialidades até 1974 (Reis & Barros, 1981).

Situação	Quantidade	%
Em condições normais de explorabilidade	6	1,57
Teor entre 0,10 e 0,40 ct/m ³	8	2,08
Teor nulo ou quase	163	42,56
Identificados/Não estudados	206	53,79
Total	383	100,00

Caso se alterem as condições de mercado (subidas de preços dos diamantes ou diminuição dos custos de produção) e tendo em conta qualidades e a granulometria dos diamantes, os kimberlitos que possuem teores entre 0,10 e 0,40 ct/m³, podem ser explorados.

Até 1974, ficaram estudados e com as reservas total ou parcialmente calculadas, os kimberlitos de Camútué, Caixepa, Camagico, Camatchia e Catoca, assim como cerca de 50 % da grande diatrema de Camafuca – Camazambo. As tabelas 7 e 8 discriminam as reservas provadas calculadas e prováveis calculadas, respetivamente, em jazigos primários, até ao final de 1974 (Reis & Barros, 1981): Os dados mostram que o kimberlito do Catoca possui as maiores reservas provadas calculadas com um teor só ultrapassado pelo do kimberlito do Camagico-Chicapa. Em relação às reservas prováveis calculadas, o Kimberlito Camafuca-Camazambo possui as maiores reservas, seguido do Catoca, mas o teor é consideravelmente mais baixo (0,13 ct/ m³ no Camafuca contra 1,08 ct/m³ no Catoca).

Tabela 7 - Reservas provadas calculadas em jazigos primários até ao final de 1974 (Reis & Barros, 1981).

Kimberlitos	Volume (m ³)	Teor (ct/m ³)
Camútué – Luachimo	4.915,000	0,27
Caixepa- Luachimo	1.214,876	0,24
Camafuca – Camazambo - Chicapa	200,000	0,33
Chibungo – Chicapa	252,120	0,72
Camagico - Chicapa	1.860,000	1,63
Camatchia – Chicapa	11.657,995	0,37
Catoca (a) - Chicapa	38.445,784	1,08
Total	58.545,775	0,87

Tabela 8 - Reservas prováveis calculadas em jazigos primários até ao final de 1974 (Reis & Barros, 1981).

Kimberlitos	Volume (m³)	Teor (ct/m³)
Camútué	2.185,000	0,32
Caixepa	1.053,792	0,10
Camafuca – Camazambo	44.399,000	0,13
Chibungo	132,079	0,66
Camagico	796,972	0,32
Catoca	35.628,290	1,08
Total	84.195,133	0,59

Segundo uma estimativa realizada na altura, as reservas na chaminé kimberlítica de Catoca, até aos 200 m de profundidade, poderiam andar à volta de 80 milhões de quilates.

A Tabela 9, mostra as reservas conhecidas referentes aos jazigos detríticos até ao final de 1974 (Reis & Barros, 1981).

Tabela 9 - Reservas conhecidas referentes aos jazigos detríticos até ao final de 1974 (Reis & Barros, 1981).

Tipo Jazigo	Reservas			
	Provasdas		Prováveis	
	Volume (m³)	Teor (ct/m³)	Volume (m³)	Teor (ct/m³)
Conglomerados basais (Formação Calonda)	2.964,455	0,78	23.313,125	0,59
Cascalhos elúvio - aluvionares	41.047,118	0,45	724,000	0,75
Cascalhos elúvio - aluvionares	17.897,877	0,22	----	----
Cascalhos fundo leito do rio	1.102,800	5,00	8.047,008	0,50
Total	63.012,250	0,48	32.084,133	0,57

No que respeita aos jazigos detríticos, as reservas provadas e prováveis referem-se às bacias hidrográficas dos rios Luembe, Chiumbe, Luachimo, Chicapa e Cuango, na área de influência das povoações Malúdi, N'zargi (Andrada), Luxilo, Cassanguidi, Dundo, Chingufo, Luarica, Lucapa, Calonda, Catoca, Cafunfo e Luzamba.

As reservas resultantes dos conglomerados basais da formação Calonda (Tabela 9) localizam-se à volta de Malúdi, Luaco, Cartúchi e Toca (Reis & Barros, 1981). No momento atual o governo angolano não tem publicados os dados referentes às reservas atuais.

5. Exploração de jazigos de diamantes

Segundo Chambel (1993), a única característica comum aos jazigos kimberlíticos e aluvionares de diamantes é o mineral útil que contêm. Estes dois tipos de jazigos não podem ser mais contrastantes no que diz respeito:

- À sua organização espacial e expressão superficial: os kimberlitos ocorrem em *clusters*, desenvolvendo-se em profundidade, aflorando com uma área de poucas dezenas de hectares; os aluviões mineralizados desenvolvem-se em área, estendendo-se ao longo dos rios por dezenas ou centenas de km.
- À geometria: um pacote sedimentar com uma espessura máxima de poucas dezenas de metros nos aluviões, no caso dos kimberlitos os restos da cratera e as raízes dum vulcão exótico, com uma forma aproximadamente troncocónica que se estende em profundidade até várias centenas de metros e uma área à superfície de poucas dezenas de ha.
- Ao tipo e características do minério, uma sucessão de camadas de areia, argila e cascalho (com diamantes), material solto, sobrepostas a uma rocha base, no caso dos aluviões e, no caso dos kimberlitos, diamantes no seio de rocha ultramáfica contendo xenólitos de natureza diversa, em grau variável de decomposição (extrema à superfície, decrescente em profundidade).

Os métodos de exploração (extração e tratamento de minérios), os custos de capital e operação da exploração dos dois tipos de jazigo são completamente diferentes (Chambel, 1993).

Na exploração de jazigos de diamantes coexistem algumas das mais sofisticadas operações mineiras mundiais com uma grande atividade de garimpo. Estão no primeiro caso a maior parte dos grandes depósitos de origem primária que, além da necessidade de evitarem fracturar os diamantes na extração e tratamento do minério têm, por vezes, de suplantar obstáculos externos complexos: longas cadeias logísticas e condições climáticas adversas (Sibéria e Canadá), por exemplo (Chambel, 1993).

Grande parte dos jazigos aluvionares são afetados pelo garimpo. Com a exceção de alguns tipos (os jazigos recobertos por uma espessa camada de estéril ou uma grande coluna de água), a exploração de jazigos aluvionares de diamantes não é um desafio tecnológico sendo possível com meios pouco sofisticados.

5.1 Jazigos primários e secundários

Os kimberlitos económicos afloram ou são cobertos por uma camada relativamente fina de sedimentos. A primeira etapa da exploração é uma operação convencional a céu aberto que se pode prolongar até várias centenas de profundidade, seguida por uma exploração subterrânea, se a economia do projeto o justificar.

Para garantir uma operação segura, a inclinação dos taludes deve ser a mais alta possível (minimizando a rocha estéril a movimentar, aumentando as reservas e diminuindo os custos operacionais (OPEX) e o investimento de capital (CAPEX) sem criar problemas de instabilidade de declive e riscos para pessoal, equipamentos e operações. Este equilíbrio ideal só pode ser alcançado através de um projeto cuidadoso com base em estudos geotécnicos e hidrológicos detalhados.

Outra questão importante na extração diz respeito à indução da fracturação do diamante. O minério é extraído com explosivos: este processo deve ser bem afinado, pois a fracturação do diamante deve ser evitada para minimizar a perda de valor.

O investimento no desenvolvimento de minas típicas em jazigos aluvionares e kimberlitos varia numa ordem de magnitude. Implementar uma mina industrial num aluvião angolano custa poucas dezenas de milhões de dólares; numa mina kimberlítico aquele valor é multiplicado por dez (Chambel, 1993).

Em vez de uma grande mina a céu-aberto com uma lavaria integrada fixa de grande capacidade (várias Mt por ano), uma operação de aluvião consiste na exploração de diversos blocos (zonas) mineralizados com lavarias móveis (com fases de tratamento fisicamente separadas). As minas kimberlíticas centram-se na capacidade e as aluvionares na flexibilidade e mobilidade.

A necessidade de flexibilidade resulta também do tipo (morfologia e posição) dos blocos explorados (figura 15): alguns estarão localizados em lezírias amplas, com a sua exploração condicionada pelo comportamento cíclico dos rios, outros estarão localizados nos leitos dos rios, outros ainda em terraços, vales estreitos ou colinas, aflorantes ou sob coberturas de sedimentos estéreis que podem ter algumas dezenas de metros de espessura. Cada caso apresenta um desafio diferente, com diferentes soluções a considerar.

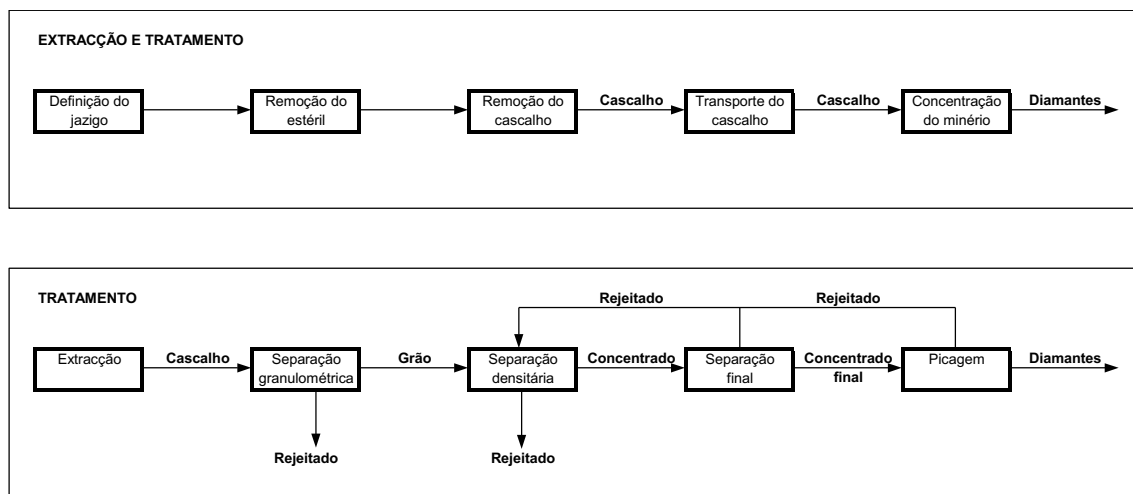


Figura 15 - Esquemas simplificados das operações de extração e tratamento de cascalhos diamantíferos (Chambel, 1993).

Os jazigos secundários de diamantes são explorados, em função da sua tipologia, de forma diferenciada.

A exploração dos jazigos dos tipos de colina e terraço é efetuada por equipas de engenhos de remoção e transporte de terras (equipas de *motoscrapers* e *pushers* para remoção do estéril e de retroescavadoras e camiões para transporte do cascalho diamantífero para as instalações de concentração).

Um outro método passível de aplicação neste caso, particularmente importante se a cobertura de estéril é muito elevada, é o do desmonte hidráulico. No entanto, apesar de ter custos operacionais reduzidos é um método com um impacto ambiental potencialmente muito elevado, pelo que a sua utilização é hoje muito menor que no passado.

No caso dos jazigos dos tipos de vale e lezíria, a exploração é feita por equipas de engenhos de remoção e transporte de terras (*draglines* + camiões para remoção do estéril e retroescavadoras + camiões para extrair e transportar o cascalho).

A exploração dos cascalhos diamantíferos existentes no leito dos rios pode ser efectuada de diversas formas, função das características morfológicas do rio e do vale onde este está encaixado. Se o rio for suficientemente largo e profundo, pode proceder-se à dragagem do material presente no seu leito. É um método de custos unitários reduzidos, utilizado, por exemplo, no rio Jequitinhonha (Minas Gerais, Brasil).

Este método de desmonte pode ser, também, aplicado nas zonas aplanadas (lezírias) vizinhas do leito do rio; neste caso, o traçado do leito do rio vai sendo modificado pelas operações de dragagem - a draga vai abrindo o canal por onde se desloca.

Uma outra variante deste método consiste em desmontar com um monitor hidráulico as elevações constituídas por sedimentos estéreis e, após esta operação, de custos unitários reduzidos mas impacto ambiental não desprezável, efetuar as operações habituais de dragagem. A principal restrição associada a este método é a de que não pode ser efetuada a dragagem de cascalhos diamantíferos com cotas muito superiores às dos cascalhos presentes no leito original do rio.

Um outro método utilizado na exploração dos cascalhos do leito dos rios consiste na realização do desvio do traçado do próprio rio, através da construção de um canal de desvio, seguido da exploração do cascalho do rio (remoção do estéril por equipas de *draglines* e camiões e do cascalho por retroescavadoras e camiões).

No caso particular dos jazigos litorais utiliza-se o método de lavra em tiras. As duas principais variantes da exploração deste tipo de jazigos em relação ao método de lavra em tiras referido são a construção de diques que impeçam a invasão das áreas exploradas pelo mar e a utilização de meios mecânicos de grandes dimensões.

A produção de diamantes a partir de jazigos submarinos é uma realidade nas costas da Namíbia e África do Sul (Namaqualand). A exploração dos jazigos situados no leito do mar, perto da dependência dos rios que transportam os diamantes, é geralmente efetuada a partir de embarcações. Existem diversas variantes desta técnica de exploração, aplicadas consoante as condições locais. Em qualquer dos casos a rentabilidade das operações está muito dependente das condições meteorológicas, determinantes do estado do mar e, portanto, do rendimento das embarcações utilizadas.

As diversas variantes de técnicas de exploração utilizadas são função da maior profundidade e consequente menor acessibilidade dos jazigos de diamantes: a sofisticação de meios, de produção e prospecção, cresce diretamente com a altura da coluna de água situada a tecto dos jazigos:

- Nos jazigos mais próximos da praia, situados na zona de rebentação, são utilizados meios relativamente rudimentares, baseados na operação de bombas de extração do cascalho orientadas manualmente.
- Nos depósitos de diamantes localizados a uma profundidade intermédia, são utilizadas pequenas embarcações (do tipo traineira, mais ou menos sofisticadas) onde são instalados equipamentos de bombagem para extração do cascalho mineralizado.

A tecnologia de produção em jazigos situados em águas profundas é apenas dominada pela De Beers; trata-se de uma operação tecnologicamente muito exigente, quer na localização dos cascalhos mineralizados quer ainda nos processos da sua extração, dificultada pelas difíceis condições do mar nas costas da Namíbia e África do Sul (Namaqualand). Estas operações são efetuadas por navios de grande porte, onde se procede ao tratamento dos minérios.

5.2 Tratamento de minérios primários

Segundo Chambel (1993), o tratamento de minérios diamantíferos de origem primária é uma tecnologia dominada por poucas empresas. O objetivo do tratamento é o de libertar os diamantes, minimizando o número de pedras fraturadas no processo de libertação. A restrição de minimização da fracturação dos diamantes adiciona uma variável complexa ao processo de cominuição, complicada pelo facto de que, apesar de ser duro, este mineral é frágil.

O tratamento dos minérios kimberlíticos tem, também, outras variáveis cuja consideração é importante. Os diamantes são concentrados e separados do minério aluvionar que os contém através de processos físico-químicos baseados nas suas propriedades particulares, que os distinguem dos outros minerais que os acompanham (Chambel, 1993):

1. Os diamantes com valor económico são partículas pequenas, de 2 a 50 mm (embora as pedras com esta dimensão sejam extremamente raras). A crivagem (separação granulométrica é geralmente o primeiro passo do processo de tratamento deste tipo de minérios. O primeiro concentrado do processo é constituído pelos grãos minerais com dimensão 2 mm e 30 mm (estes limites podem variar de jazigo para jazigo, correspondendo à faixa dos diamantes que é económico explorar num determinado jazigo).
2. Os diamantes têm um peso específico superior à da maioria dos minerais que com ele ocorrem: $3,520 \text{ kg.m}^{-3}$. Esta é a propriedade na qual se baseia a maior parte dos processos de concentração do diamante (jigas, *pans* ou hidrociclones). Os diamantes e outros minerais pesados são concentrados num produto intermédio, sendo rejeitados os minerais mais leves – DMS, *Dense Media Separation*.
3. Os diamantes (baixa susceptibilidade magnética) podem ser concentrados removendo os minerais magnéticos do produto em processamento.
4. A fase final da concentração na submissão do grão mineral a um equipamento (Sortex) que emite Raio x. A maioria dos diamantes emitem luz quando excitados por radiação X; a luz emitida por esses diamantes é captada por sensores foto-electrónicos que accionam um jacto de ar comprimido.
5. Conjugado com equipamento anterior, na fase final de concentração e dado os diamantes aderem á gordura pode-se usar também esta propriedade para otimizar a recuperação.

O concentrado final resultante do processo de concentração é frequentemente escolhido por inspecção visual em instalações seguras. Limpos, classificados e avaliados por peritos, os diamantes entram nos canais de distribuição para serem vendidos, lapidados e usados em jóias (Chambel, 1993).

5.3 Tratamento de minérios secundários

Segundo Chambel (1993), o tratamento de minérios diamantíferos de origem primária é uma tecnologia dominada por poucas empresas. O objetivo do tratamento é o de libertar os diamantes, minimizando o número de pedras fraturadas no processo de libertação. A restrição de minimização da fracturação dos diamantes adiciona uma variável complexa ao processo de cominuição, complicada pelo facto de que, apesar de ser duro, este mineral é frágil.

O tratamento dos minérios kimberlíticos tem, também, outras variáveis cuja consideração é importante. A Diamang, com os recursos financeiros quase ilimitados de que dispunha na altura, teve inúmeras dificuldades, nunca superadas, na exploração do kimberlito Camutuê por ter tentado adaptar a metodologia de tratamento dos minérios de origem secundária ao tratamento do minério proveniente daquele jazigo primário. Chegou a verificar-se um maior teor nos rejeitados provenientes do tratamento do minério daquela mina que nos concentrados. A explicação para este facto foi encontrada na “atração” que os diamantes têm pelas bolas de argila, não desfeitas no processo de tratamento (adaptado de Tomé, 1992).

Os diamantes são concentrados e separados do minério aluvionar que os contém através de processos físico-químicos baseados nas suas propriedades particulares, que os distinguem dos outros minerais que os acompanham (Chambel, 1993):

1. Dimensão. Os diamantes com valor económico são partículas pequenas, de 2 a 50 mm (embora as pedras com esta dimensão sejam extremamente raras). A crivagem (separação granulométrica é geralmente o primeiro passo do processo de tratamento deste tipo de minérios. O primeiro concentrado do processo é constituído pelos grãos minerais com dimensão 2 mm e 30 mm (estes limites podem variar de jazigo para jazigo, correspondendo à faixa dos diamantes que é económico explorar num determinado jazigo).
2. Os diamantes têm um peso específico superior à da maioria dos minerais que com ele ocorrem: $3,520 \text{ kg.m}^{-3}$. Esta é a propriedade na qual se baseia a maior parte dos processos de concentração do diamante (jigas, *pans* ou hidrociclones). Os diamantes e outros minerais pesados são concentrados num produto intermédio, sendo rejeitados os minerais mais leves – DMS, *Dense Media Separation*.
3. Baixa susceptibilidade magnética. Os diamantes podem ser concentrados removendo os minerais magnéticos do produto em processamento.
4. Fluorescência aos raios X. A fase final da concentração baseia-se normalmente em SORTEX. Este equipamento (ou outros similares) emitem raios X focados num fluxo de grão minerais. A maioria dos diamantes emitem luz quando excitados por radiação X; a luz emitida por esses diamantes é captada por sensores foto-electrónicos que accionam um jacto de ar comprimido.
5. Hidrofobia. Os diamantes aderem á gordura. Esta propriedade é também usada na fase final de concentração, frequentemente em conjugação com SORTEX para otimizar a recuperação.

O concentrado final resultante do processo de concentração é frequentemente escolhido por inspecção visual em instalações seguras. Limpos, classificados e avaliados por peritos, os diamantes entram nos canais de distribuição para serem vendidos, lapidados e usados em jóias (Chambel, 1993).

6. Análise de Competitividade

6.1 Metodologia e dados

A competitividade de uma mina de diamantes deve ser medida através do custo de produção unitário, ou seja, custo de produção, em dólares por quilate (Chambel, 2017; Comunicação pessoal). No entanto, esta forma de medir a competitividade incorpora não só os custos de produção da empresa (indústria) mas também as características do próprio jazigo, que são independentes da mesma. Por isso, é recomendável medir e comparar a competitividade desta indústria não com base no custo de produção por quilate, mas sim no custo de produção unitário por volume de minério (tonelada ou metro cúbico, conforme for conveniente ou possível) (Chambel, 2017; Comunicação pessoal).

No caso de Angola, a competitividade internacional desta indústria é medida pela sua capacidade em produzir diamantes a baixo custo, quando comparada com os custos de produção noutros países. Neste país, a informação pública disponível relativa à indústria diamantífera é muito limitada; apenas as minas cujas empresas estão cotadas em bolsa publicam informação útil para a referida análise. Entre elas estão:

- A mina do Catoca – mina em jazigo kimberlítico, localizada a norte de Saurimo.
- A mina do projeto Somilwana – mina aluvionar (rio Luana, afluente da margem direita do rio Chiumbe).
- A mina do projeto Lulo – mina em operação atualmente em jazigos aluvionares (rios Lulo e Cacuílo).

Das três, a mina do Catoca foi selecionada para análise da competitividade por ser a mais importante, uma vez que produz cerca de três quartos da produção total angolana (medida em ct), e a que possui maior quantidade de dados disponíveis ao longo do tempo.

Para analisar a competitividade internacional da mina do Catoca, foram calculados os custos de produção em outras minas em kimberlitos, de diferentes países, considerando diversos estágios de maturidade (a céu-aberto, a céu aberto e subterrâneas e subterrâneas). Nas minas internacionais também existe alguma falta de informação (embora em muito menor grau que no caso angolano) ao longo do tempo e, por isso, não foi possível criar séries cronológicas longas de dados para os custos unitários de produção das diversas minas, o que limitou a análise realizada.

As minas para as quais foram recolhidos e analisados dados são as seguintes:

- Angola: Catoca (Céu – aberto) – Sociedade Mineira do Catoca.
- Botswana: Karowe (Céu – aberto) – Lucara Diamonds.
- Canadá: Ekati e Diavik (Subterrâneas), ambas da Dominion Diamond.
- África do Sul: Cullinan, Finsch, Koffiefontein (Subterrâneas), todas da Petra Diamonds.
- Austrália: Argyle (Subterrânea) – Rio Tinto.
- Rússia: Lomonosov (Céu – aberto) e Aikhal (Subterrânea), ambas da Alrosa.
- Tanzânia: Williamson (Céu – aberto) – Petra Diamonds.

Os dados utilizados foram recolhidos, maioritariamente, nos balanços e contas (demonstrações de resultados) publicados pelas várias empresas exploradoras, cujos elementos contabilísticos relativos às minas (e às empresas que as exploram) são incluídos neste capítulo (por vezes de forma sumária) de modo a evidenciar os dados, ilustrar a actividade das empresas e o nível de investimento necessário para o desenvolvimento destas operações.

Uma das dificuldades da análise realizada é também evidenciada pelas tabelas e figuras representativas dos balanços e demonstrações de resultados; mesmo seguindo regras internacionais comuns, sendo publicadas por diversas empresas em jurisdições com regras contabilísticas diferentes, as contas das empresas têm formatos e detalhes muito diferenciados, pelo que a comparação entre elas e a construção de índices simplificados (como são os custos unitários de produção) enfrentam dificuldades e implicam a introdução de pressupostos de difícil verificação.

6.2 Balanços e demonstrações de resultados

No que respeita às empresas, a diferença entre o valor dos ativos e dos passivos traduz a situação líquida da empresa. No ativo não corrente estão incluídas as imobilizações corpóreas que dão a informação sobre os bens que a empresa possui, mas que não pertencem à sua atividade, ou seja, bens que não são vendidos ou transformados. O ativo corrente refere-se a todos os bens que a empresa detém e que podem ser convertidos em dinheiro num futuro próximo. Este inclui categorias como as existências, as contas a receber, e outros ativos correntes.

As existências são produtos que a empresa tem em stock e que ainda não vendeu ou que ainda não transformou para vendas posteriores. No que diz respeito às dívidas de terceiros, estas são dívidas de médio, longo e ainda de curto prazo. Representam os valores que as outras empresas devem, sendo que a diferença está nos prazos. No médio e longo prazo, entram as dívidas cuja liquidação é maior do que um ano, já no curto prazo entram as que têm de ser liquidadas em menos de um ano.

Do outro lado do ativo, considera-se o capital próprio e o passivo. O capital próprio divide-se em alguns componentes, importando realçar que neste item entram os valores com que os sócios ou acionistas entraram na empresa e as alterações que ocorreram posteriormente. Dentro dos capitais próprios são ainda consideradas as reservas, que incluem os valores que são provenientes dos lucros ou do capital e que não entram nos investimentos, e o resultado líquido do exercício que, no caso, inclui o lucro ou prejuízo que a empresa gerou no exercício. O passivo mostra quais as dívidas que a empresa detém, tanto a médio como a longo e curto prazo. As características são idênticas às do ativo, a única diferença é que no passivo são apresentados os valores que a empresa deve a outras.

Cada empresa faz o seu balanço no final do ano, o que permite classificar os bens que a empresa tem e a forma como financiou a compra desses bens; se foi através capital próprio (por exemplo o Catoca em 2016, investiu 193 milhões de dólares) ou através de capital alheio (financiamento bancário ou *project financing*, por exemplo).

Os ativos incluem o dinheiro que a empresa gastou para adquirir os bens, mas isso não explica como é que a empresa funciona por completo; a informação complementar é dada pela demonstração de resultados (DR).

Aquele instrumento (DR) explica ano a ano como a empresa funcionou, ou seja, quanto é que a empresa vendeu, o que é que vendeu e quais foram as suas despesas.

As vendas são reconhecidas no momento em que a transação ocorre, ou seja, quando a propriedade dos diamantes é transferida para o comprador. Por se tratar de um produto específico, cuja comercialização normalmente ocorre uma vez por mês, as vendas são valorizadas com base no valor apresentado na fatura de venda, que corresponde ao preço negociado com o comprador mediante as avaliações efetuadas por peritos independentes contratados, tanto pelo vendedor como pelo comprador. As despesas, que incluem trabalhos realizados para a própria empresa, são os rendimentos relacionados com a geração ou construção de ativos fixos tangíveis pela própria empresa, deduzidos dos respetivos gastos inerentes à produção. No que diz respeito aos custos com o pessoal, entram gastos com salários, despesas com refeições dos colaboradores, prémios e outros encargos diretamente relacionados com a força de trabalho.

Se a empresa empresta dinheiro, recebe juros e o resultado financeiro é positivo, se a empresa pede emprestado dinheiro, paga juros e tem um resultado negativo nos resultados financeiros, e depois tem outros resultados não operacionais onde constam as perdas extraordinárias.

Somando aos resultados operacionais que é a diferença entre as vendas e os custos operacionais (OPEX na gíria financeira), os resultados financeiros (positivos ou negativos), e os resultados extraordinários, obtêm-se os resultados antes de impostos. Calculado o imposto sobre o rendimento da empresa (25 % no caso angolano) e subtraído aos resultados antes de imposto, obtêm-se os resultados líquidos das suas atividades, ou seja, o lucro.

6.3 A Mina do Catoca (Angola)

A mina do Catoca é explorada pela Sociedade Mineira do Catoca (SMC), uma empresa angolana de prospeção, exploração, recuperação e comercialização de diamantes, erguida por iniciativa do governo angolano para explorar o kimberlito do Catoca. É uma empresa de direito angolano e capital misto. A figura 16 apresenta-se os acionistas que formam da SMC.

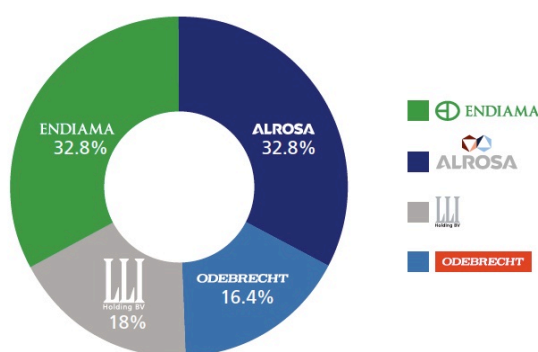


Figura 16 - Estrutura dos acionistas da Sociedade Mineira de Catoca (Catoca, 2016).

A mina de Catoca está localizada na província angolana da Lunda Sul, a cerca de 35 km da cidade de Saurimo (figura 17) cujas coordenadas são: 20°15'00" a 20°24'15" de longitudes este, e 9°18'00" a 9°29'20" de latitude sul.

A exploração do kimberlito do Catoca é feita a céu aberto e teve início a 11 de fevereiro de 1997. O tempo de vida da mina e a profundidade máxima a atingir foi estimado em 40 anos e 400 m, respectivamente. No que respeita às reservas não existem dados publicados.

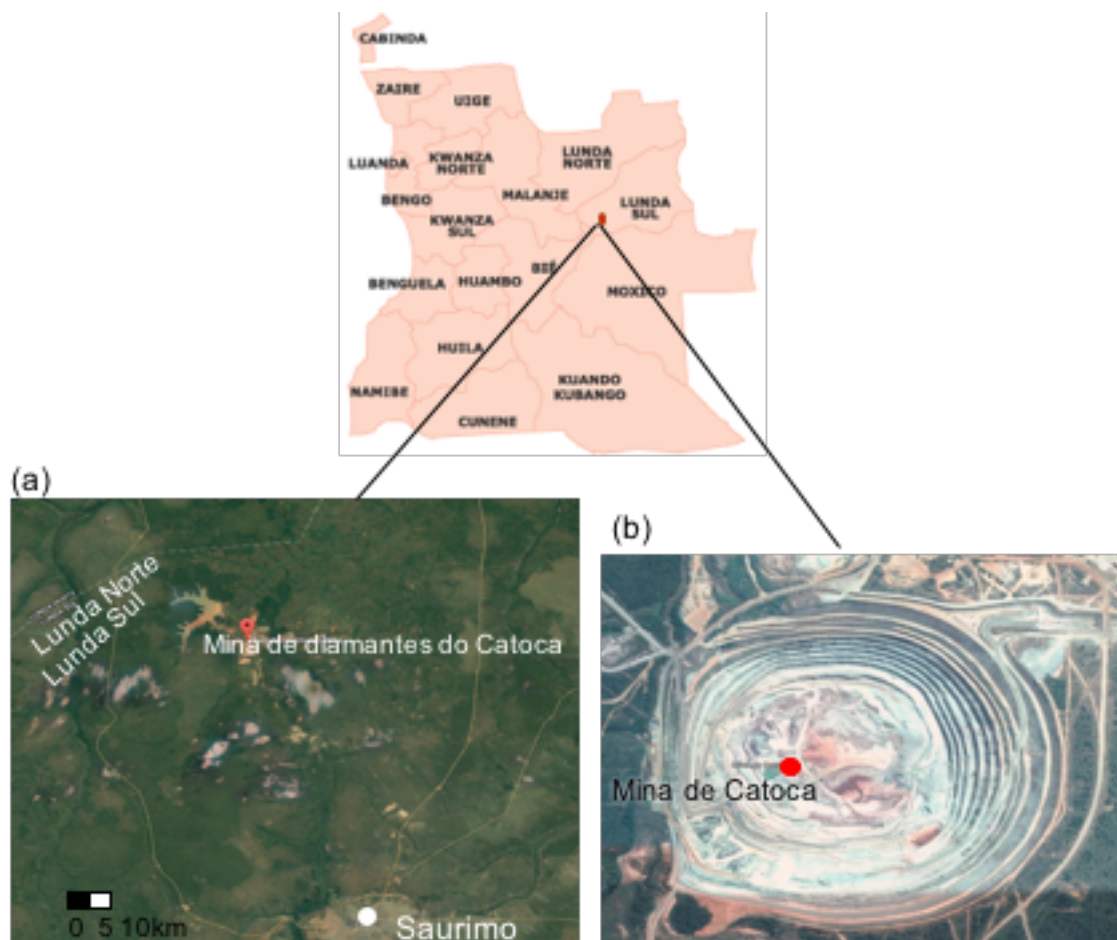


Figura 17 - Localização esquemática da mina de Catoca (Google Maps).

A Sociedade Mineira do Catoca é a maior empresa no subsector diamantífero em Angola, sendo responsável pela extração de mais de 75 % dos diamantes angolanos. A empresa possui duas centrais de tratamento e recuperação de diamantes, com uma capacidade para tratar mais de 10 milhões de toneladas de minério/ano.

As Tabelas 10 e 11 mostram o balanço e a demonstração de resultados, respectivamente, da SMC entre 2011 e 2016, as quais contêm informação económica e financeira da empresa bem como os detalhes dos rendimentos e os gastos para esse período de tempo.

Tabela 10 – Balanços da Sociedade Mineira do Catoca entre 2011 e 2016 (relatórios anuais e de auditoria da Sociedade Mineira do Catoca).

Balanço	1000 USD					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
ACTIVO	377 056	365 580	360 863	472 478	472 001	445 993
Activo não Corrente	157 031	206 663	213 138	204 880	223 235	233 736
imobilizações corpóreas	155 073	201 614	207 656	199 103	217 108	224 564
imobilizações incorpóreas	0	0	0	0	0	0
investimentos em Subsidiárias	64	64	64	64	0	0
contas a receber	1 894	4 985	5 418	5 713	6 127	9 172
Activo Corrente	220 025	158 917	147 725	267 598	248 766	212 257
existências	65 313	74 906	71 299	70 618	64 689	72 295
contas a receber	96 774	35 412	63 375	46 316	35 898	83 346
disponibilidades	57 525	46 274	10 638	149 100	145 603	53 392
outros Activos correntes	413	2 325	2 413	1 564	2 576	3 224
CAPITAL PRÓPRIO E PASSIVO	377 056	365 580	360 863	472 479	472 001	445 993
Capital Próprio	200 370	190 520	158 793	185 266	175 078	193 358
capital social	29 268	29 268	29 268	29 268	29 268	29 268
reserva de capital						
reserva legal	16 828	16 828	16 828	16 828	16 828	16 828
reserva com fins especiais	12 693	12 693	12 693	12 693	12 693	12 693
resultados do exercício	141 581	131 731	100 004	126 477	116 289	134 569
Passivo não corrente	14 799	36 391	70 576	69 648	40 469	15 083
contas a pagar	1 510					
empréstimos de médio e longo prazo	10 720	33 822	68 007	67 079	40 469	15 083
provisões para outros riscos	2 569	2 569	2 569	2 569		
Passivo Corrente	161 887	138 669	131 494	217 565	256 454	237 552
contas a pagar	140 888	126 275	115 933	194 237	220 104	203 594
empréstimos de curto prazo	1 693					
parte corrente dos empréstimos de médio e longo prazo	15 162	8 184	10 700	18 782	30 970	28 214
outros passivos correntes	4 144	4 210	4 861	4 546	5 380	5 744

Tabela 11 – Demonstrações de Resultados da Sociedade Mineira do Catoca entre 2011 e 2016 (relatórios anuais e de auditoria da Sociedade Mineira do Catoca).

Demonstração de resultados	1000 USD					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
VENDAS	622 016	584 920	602 460	608 131	594 191	616 012
vendas de produtos	611 306	579 354	594 353	602 940	582 016	593 617
prestações de serviços						
outros proveitos operacionais	10 710	5 566	8 107	5 191	12 175	22 395
DESPESAS	379 335	398 871	443 788	419 087	401 727	421 094
variações nos produtos acabados	8 124	-6 064	-4 016	4 221	1 839	166
trabalhos para a própria empresa	-121	-102	-92		-1 072	-2 286
custo das existências consumidas	95 418	101 320	120 271	106 553	93 763	104 206
custo com pessoal	109 218	121 020	130 450	123 669	130 453	139 726
amortizações	53 440	62 154	70 534	61 443	62 006	60 783
outros custos e perdas operacionais	113 256	120 543	126 641	123 201	114 738	118 499
Resultados operacionais	242 681	186 049	158 672	189 044	192 464	194 918
resultados financeiros	598	3 660	-2 126	1 932	10 750	8 838
resultados não operacionais	-6 931	-14 052	-23 196	-22 313	-26 275	-21 246
Resultados líquidos das actividades	236 348	175 657	133 350	168 663	176 939	182 510
Imposto sobre o rendimento	94 767	43 926	33 346	42 186	60 650	47 941
40%		25%	25%	25%	34%	26%
Resultados líquidos do exercício	141 581	131 731	100 004	126 477	116 289	134 569

Angola mantém uma posição de destaque no enquadramento mundial, como um dos maiores produtores de diamantes. Internamente (considerando-se o total de produção industrial), a mina do Catoca é líder (Catoca annual reports, 2006 a 2016). Entre 2006 e 2016 verificou-se uma recuperação satisfatória na quantidade de quilates recuperados (figura 18). Em 2013, o volume de estéril extraído, em m³, foi mais elevado relativamente aos outros anos (figura 19). Ao longo desses anos, o volume de minério extraído, em m³, manteve-se praticamente constante enquanto que o volume de minério tratado, em toneladas, foi oscilando (figuras 20 e 21). Como se pode ver a partir da figura 22, em 2009, atingiu-se o teor máximo, de 0,72 ct/t. Os quilates vendidos ascenderam a 7.024.046 milhões de dólares no ano de 2016 (figura 23).

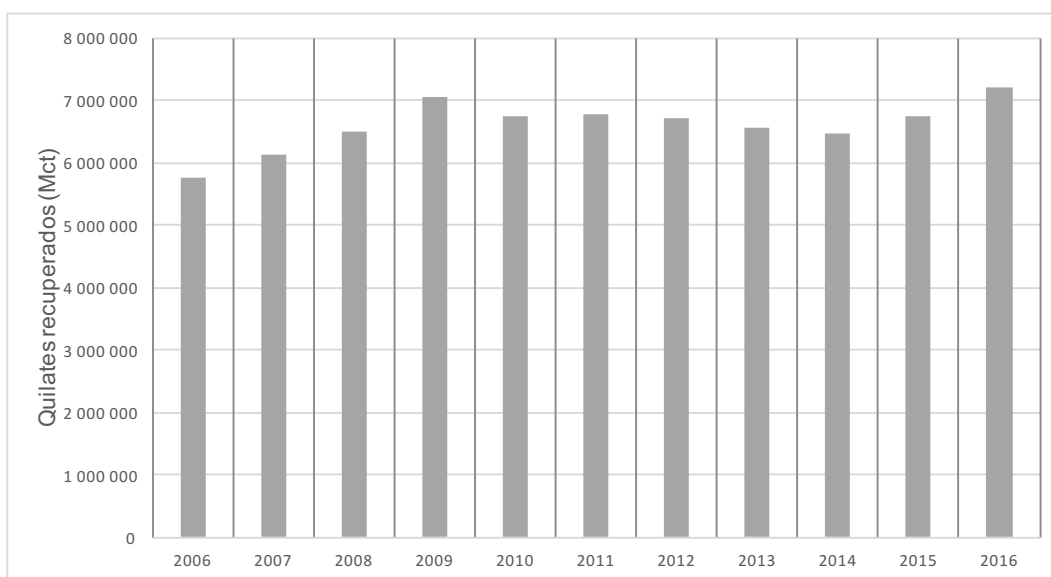


Figura 18 - Quilates recuperados da mina do Catoca entre 2006 e 2016 (Catoca, 2017).

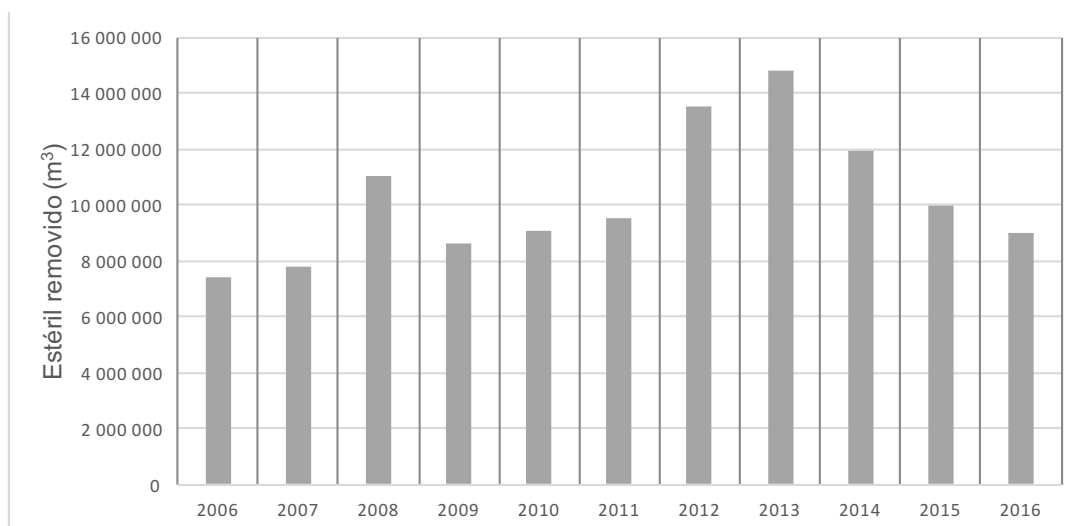


Figura 19 - Estéril removido em m³ da mina do Catoca entre 2006 e 2016 (Catoca, 2017).

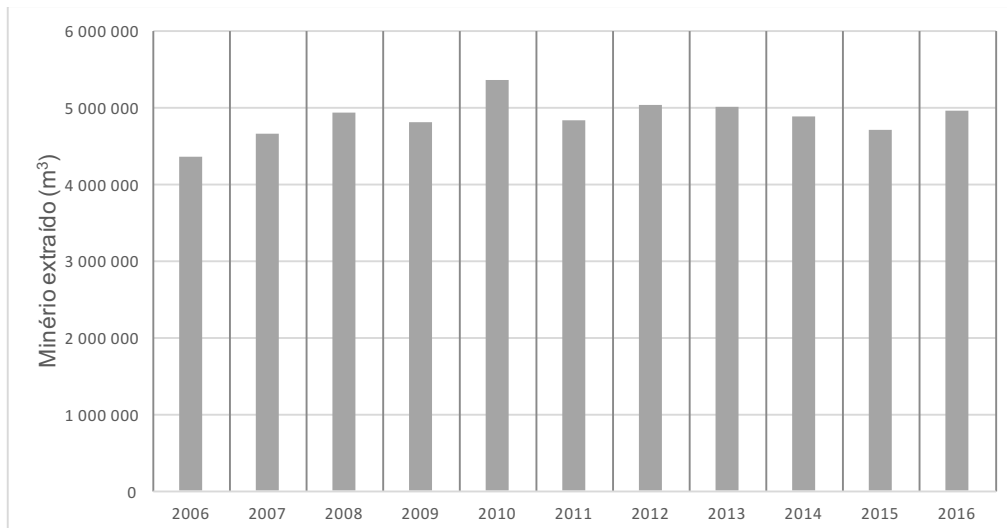


Figura 20 - Minério extraído em m³ da mina do Catoca entre 2006 e 2016 (Catoca, 2017).

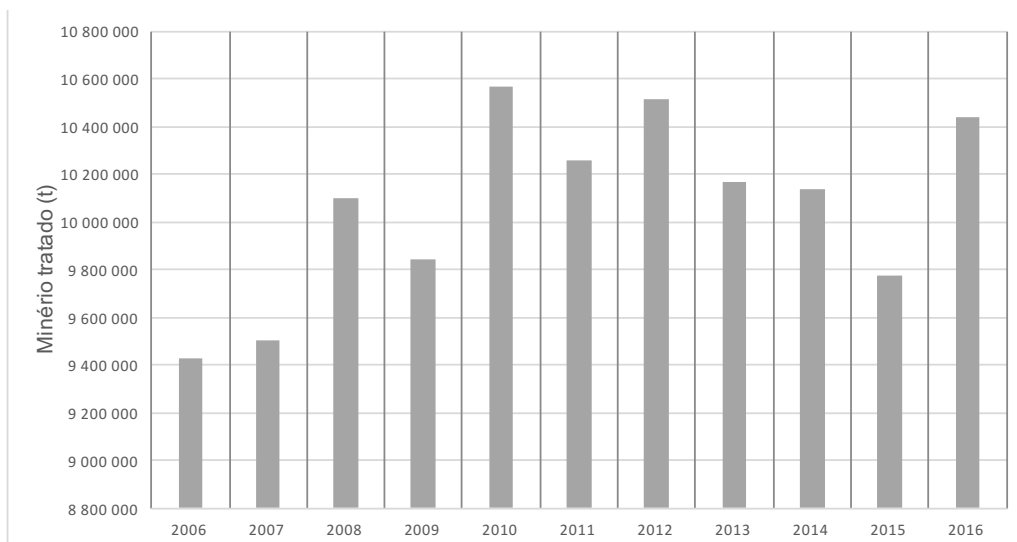


Figura 21 - Minério tratado em t da mina do Catoca entre 2006 e 2016 (Catoca, 2017).

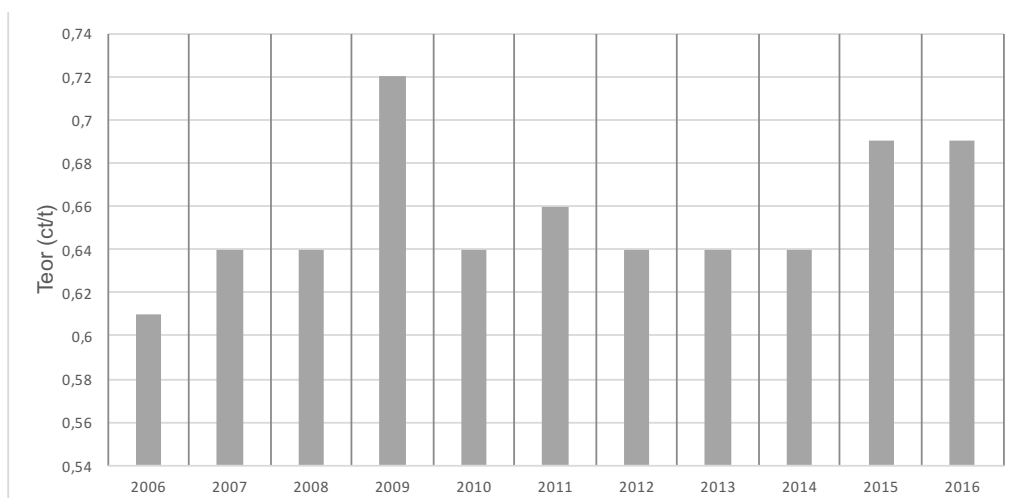


Figura 22 – Teor em ct/t da mina do Catoca entre 2006 e 2016 (Catoca, 2017)

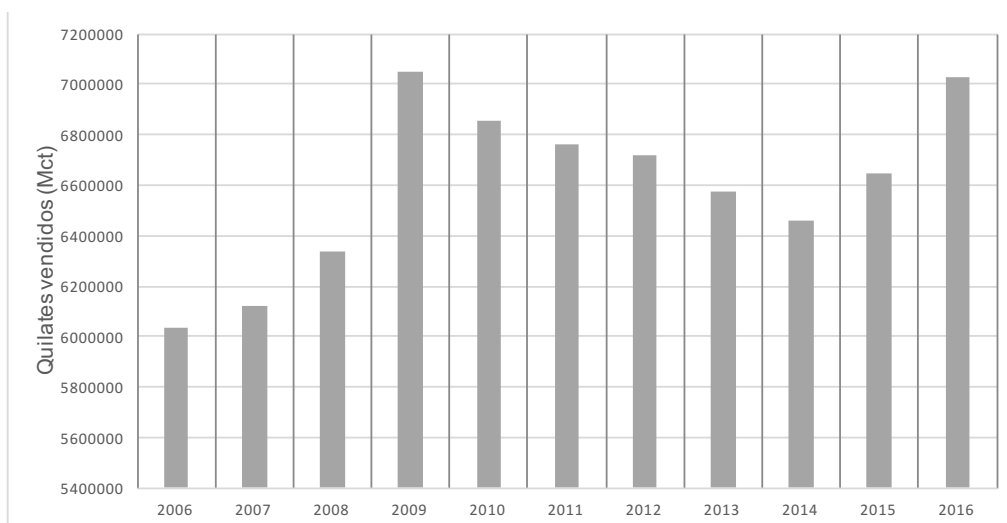


Figura 23 – Quilates vendidos em Mct da mina do Catoca entre 2006 e 2016 (Catoca, 2017).

6.4 Outras minas de diamantes em kimberlitos

A produção mundial de diamantes tem hoje origem, principalmente, em grandes minas em kimberlitos sendo a mina do Catoca uma dessas minas. Outras importantes minas kimberlíticas de diamantes (figura 24) são as minas de Ekati e Diavik (Canadá), Karowe (Botswana), Cullinan, Finsch e Koffiefontein (África do Sul), Williamson (Tanzânia), Aikhal e Lomonosov (Rússia), e Argyle (Austrália).

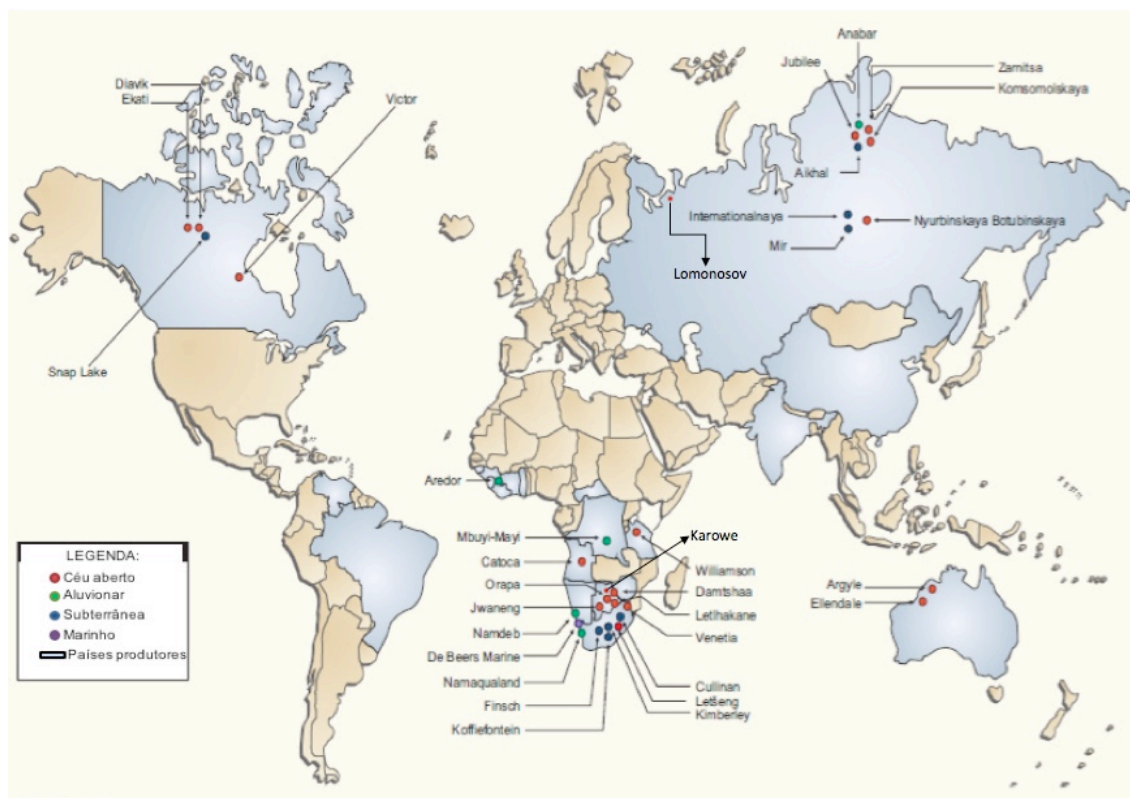


Figura 24 - Localização esquemática de outras minas de diamantes de kimberlitos.

6.4.1 Minas DIAVIK e Ekati (Canadá)

A mina de diamantes Diavik (figura 24) está localizada a nordeste da Yellowknife, a capital dos territórios do Noroeste do Canadá.

A mina está em operação contínua desde 2003 com um plano da mina atual que se estende até 2023. Até 2010, a mina foi explorada a céu aberto, altura em que se iniciou a produção subterrânea, tornando-se totalmente subterrânea no final de 2012. (fonte: <http://www.mining-technology.com/projects/diavikdiamondmine>).

Segundo os dados publicados em março de 2015, as reservas de minério estão avaliadas em 18,1 milhões de toneladas, com um teor médio de 2,9 ct/t. Até esta data, a mina produziu aproximadamente 6,89 milhões de quilates a partir de 2,10 milhões de toneladas de minério processado (fonte: <http://www.mining-technology.com/projects/diavikdiamondmine>).

A mina está dentro das rochas pré-câmblicas da província geológica Slave, na qual se localizam também vários outros jazigos de ouro, cobre, zinco e diamantes.

A mina de diamante Ekati é a primeira mina de diamante a céu aberto e subterrânea do Canadá. Está localizada a nordeste de Yellowknife (figura 24) nos territórios do Nordeste, Canadá (Dominion Diamond, 2013). A mina encontra-se dentro da bacia hidrográfica do lago de Gras, nas cabeceiras de drenagem do rio Coppermine, que flui para o norte até ao Oceano Ártico.

As chaminés kimberlíticas da mina Ekati fazem parte do *cluster* de kimberlitos do *Lac de Gras* que é semelhante aos da África do Sul e da Rússia, com todas as chaminés kimberlíticas cobertas por pequenos lagos (fonte: <http://www.mining-technology.com/projects/ekati>). Estas chaminés estendem-se a profundidades entre 400 e 600 m abaixo da superfície terrestre. Zonas de falhas, interseções de falhas e vários diques controlam a distribuição dos kimberlitos. Segundo dados publicados em julho de 2016, as reservas prováveis da mina Ekati, foram estimadas em 70 milhões de toneladas contendo 109,6 milhões de quilates com 1,6 quilates por tonelada (fonte: <http://www.mining-technology.com/projects/ekati>).

A Dominion Diamond, empresa que explora as duas minas, possui um sólido balanço, com recursos de caixa de 136,2 milhões de dólares em 2017 contra 320 milhões de dólares em 2016 (Tabela 12).

No inventário e suplementos, o estoque de diamante bruto é registado ao menor custo e valor realizável líquido. O custo é determinado com base no custo médio ponderado, incluindo custos de produção e atividade de processamento de valor agregado. A exploração de minério é contabilizada quando incorrida, os custos de exploração e avaliação só são capitalizados quando a atividade se relaciona com reservas provadas e prováveis.

A tabela 13 apresenta a demonstração de resultados da mina Diavik entre 2014 e 2017. A partir destes resultados é possível concluir que entre 2016 e 2017, as vendas aumentaram 19,981 milhões de dólares, passando de 255,719 milhões de dólares no ano de 2016 para 275,700 milhões de dólares no ano de 2017. O aumento de quilates vendidos deve-se, principalmente, à decisão tomada no ano anterior de manter o estoque com preços mais baixos do que a média devido às condições do mercado. Para o mesmo período, registou-se uma

diminuição das vendas na mina Ekati. Estas diminuíram em 170 milhões de dólares, passando de 465 milhões de dólares no ano de 2016 para 295 milhões de dólares no ano 2017 (Tabela 14). Essa diminuição das vendas reflete uma redução no valor dos diamantes vendidos durante o ano como resultado do incêndio na mina, bem como a interrupção na atividade comercial normal após a desvalorização da rupia indiana em novembro de 2016.

Tabela 12 - Balanços das minas Diavik e Ekati entre 2014 e 2017 (Dominion Diamond, 2014 a 2017).

Balanço	1000 USD			
Ativos	2014	2015	2016	2017
caixa e equivalentes de caixa	224,778	457,934	320,038	136,168
contas a receber	20,879	13,717	11,528	13,946
inventário e suprimentos	440,853	469,641	416,146	412,227
outros ativos correntes	27,156	31,071	21,584	29,765
propriedade, instalações industriais e equipamento	1,469,557	1,393,918	1,305,143	1,295,584
dinheiro restrito	113,612	34,607	63,312	65,742
outros ativos não circulantes	4,737	20,47	22,752	21,362
ativos de imposto de renda diferido	3,078	6	4,327	11,362
total de ativos	2,304,650	2,427,358	2,164,830	2,003,876
Passivo e Patrimônio Líquido				
comércio e outras contas a pagar	103,653	99,242	114,589	108,866
planos de benefícios para funcionários	3,643	4,237	3,142	1,192
imposto de renda a pagar	33,442	105,199	51,195	54,71
contas a pagar (corrente)	794	11,308	21,849	10,556
empréstimos e empréstimos	3,504	33,985	—	11,992
passivo de imposto de renda diferido	242,563	229,287	209,826	155,38
planos de benefícios para funcionários	14,12	13,715	14,219	15,911
provisões	430,968	452,477	344,658	328,356
responsabilidades totais	832,687	949,45	771,5	674,971
Capital próprio				
capital social	508,523	508,573	509,506	478,526
excedente de contribuição	23,033	25,855	29,02	31,667
lucros acumulados	775,419	836,201	752,028	718,298
acumulado outra perda abrangente	-2,447	-6,957	-10,027	-9,622
aquisição total de acionistas	1,304,528	1,363,672	1,280,527	1,218,869
interesse sem controle	167,435	114,236	112,803	110,036
patrimônio total	1,471,963	1,477,908	1,393,330	1,328,905
total de passivos e patrimônio líquido	2,304,650	2,427,358	2,164,830	2,003,876

Tabela 13 - Demonstrações de Resultados da Diavik entre 2014 e 2017 (Dominion Diamond, 2014 a 2017).

Demonstração de resultados (Diavik)	1000 USD			
	2014	2015	2016	2017
Vendas	352,307	351,574	255,719	275,700
custo das vendas	257,924	249,668	196,517	200,400
margem bruta	94,383	101,906	59,202	75,300
margem bruta (%)	26,800	29,000	23,200	27,300
vendas, despesas gerais e administrativas	4,763	4,140	3,120	3,200
lucro da operação	89,620	97,766	56,082	72,100
depreciação e amortização	82,993	88,182	67,671	72,500
EBITDA	172,613	177,403	117,741	149,988
despesas financeiras	-19,690	-2,700	-2,800	6,100
custos de exploração	-4,469	205,000	122,000	244,000
finanças e outros rendimentos	2,741	-1,065	2,801	—
ganho (perda) cambial	3,373	8,341	5,889	-3,998
lucro (prejuízo) segmentado antes do imposto de renda	71,575	44,005	18,870	—
despesas de capital	-26,581	21,469	43,390	—
outros itens não monetários significativos:				
despesa de imposto de renda diferido (recuperação)	650,000	46,281	28,399	20,212
Diavik custo de produção em dinheiro	162,648	148,552	120,986	119,568
royalties (privado)	6,217	6,560	4,017	6,435
outros custos de caixa	3,988	3,639	2,179	1,560
custo total de produção em dinheiro	172,853	158,751	127,182	127,563
custo total de produção	257,741	245,551	198,715	198,165
ajustado para movimentos de estoque	181,000	4,117	-2,198	1,448
Custo total das vendas	257,922	249,668	196,517	200,413

Tabela 14 - Demonstrações de Resultados da Ekati entre 2014 e 2017(Dominion Diamond, 2014 a 2017).

Demonstração de resultados (Ekati)	1000 USD			
	2014	2015	2016	2017
Vendas	399,636	564,179	464,849	295,200
custo das vendas	392,948	432,971	472,404	344,000
margem bruta	6,688	131,208	-7,555	-48,800
margem bruta (%)	1,700	23,300	1,600	-16,600
vendas, despesas gerais e administrativas	2,678	3,590	6,056	2,700
lucro da operação	4,010	127,618	-13,611	-97,000
depreciação e amortização	55,572	128,224	122,800	135,400
EBITDA	59,582	216,611	105,433	18,343
despesas financeiras	-7,662	-10,400	-7,100	8,500
custos de exploração	-10,081	25,155	6,904	-6,800
finanças e outros rendimentos	412,000	8,874	6,941	—
ganho (perda) cambial	-12,252	-12,599	3,118	-13,700
lucro (prejuízo) segmentado antes do imposto de renda	-25,575	48,780	24,300	-125,600
despesas de capital	-95,697	146,752	196,529	—
outros itens não monetários significativos:				
despesa de imposto de renda diferido (recuperação)	-5,544	57,404	7,985	-46,362
Ekati custo de produção em dinheiro	303,902	349,063	315,695	198,514
outros custos de caixa	167,794	4,201	6,341	3,727
custo total de produção em dinheiro	471,696	353,264	322,036	202,241
custo total de produção	559,463	481,488	461,624	350,306
ajustado para movimentos de estoque	-166,515	-48,517	-9,058	-32,286
Custo total das vendas	392,948	432,971	472,404	344,037

6.4.2 Mina Karowe (Botswana)

A mina de Karowe (da Lucara Diamonds) está localizada a região da mina de Orapa (uma das mais importantes minas de diamantes do mundo, operada pela De Beers) no centro-norte do Botswana (figura 24) e é uma mina a céu aberto. (fonte: <http://www.mining-technology.com/projects/karowe-diamond-mine/>).

A Tabela 15 mostra o balanço da empresa Lucara Diamond refletindo maioritariamente os resultados da operação da mina de Karowe. A Lucara Diamond é uma das empresas que apresenta nos seus relatórios o balanço global e não específico de cada mina que a empresa possui.

Na Tabela 16 pode ver-se a demonstração dos resultados da mina de Karowe, mostrando as receitas e produção em quilates, os itens mais importantes para avaliação da actividade da mina.

Tabela 15 - Balanços da Lucara Diamond entre 2015 e 2016 (Lucara Diamond, 2015 a 2016).

Balanços	1000 USD	
	2015	2016
Ativos		
atual		
caixa e equivalentes de caixa	2,239,830	769,359
Investimentos de curto prazo	68,357	316,796
contas recebíveis	333,09	46,917
pré-pago e depósitos	45,455	53,682
ativos correntes totais	3,402,714	3,029,446
empréstimos a receber	3,116,384	872,039
depósito a prazo	250	—
investimentos em risco de capital	7,360,406	1,367,481
propriedade e equipamento	70,224	57,456
garantias de empréstimo	491,55	624,447
regime de subvenção reembolsável	97,217	105,256
dinheiro restrito	224,016	19,604
ativos totais	15,012,511	6,812,321
Passivos e ativos líquidos não restrito		
atual		
contas a pagar e passivos acumulados	557,837	379,305
receita diferida	74,293	15
passivos correntes totais	686,844	513,504
ativos líquidos irrestritos	14,325,667	6,298,817
passivos totais e ativos líquidos não restrito	15,012,511	6,812,321

Tabela 16 - Demonstrações de Resultados de Karowe entre 2012 e 2016 (Lucura Diamond, 2012 a 2016).

Demonstração de resultados (Karowe)	1000 USD				
	2012	2013	2014	2015	2016
Receitas	41,8	180,5	265,5	223,8	295,5
Produção (ct)	152 724	438 717	412 136	377 136	358 806
Pedras excepcionais (ct)		2 971	4 176	3 114	2 624
Outras pedras (ct)		435 746	407 960	374 022	356 182
Despesas operacionais	14,0	43,8	47,2	50,1	56,1
Despesas de royalties	4,2	18,1	26,6	22,4	29,5
Ganhos operacionais	23,6	118,6	191,7	151,3	209,9
Gastos de exploração	12,8	0,0	0,0	1,0	4,1
Cuidado e manutenção	0	1,3	1,2	0,6	0,1
Administração	9,5	11,4	12,8	13	14,8
Ganha venda de diamantes do programa de exploração	0	0,5	0,0	0,0	
Vendas e Marketing	1,5	3,5	4,3	2,8	5,5
EBITDA (2)	-0,2	102,9	173,4	133,9	185,4
Esgotamento, amortização e acréscimo	5,9	15,0	14,6	15,0	15,9
Receita financeira (despesas)	-3,1	-3,8	0,8	1,0	-1,5
Ganho (perda) cambial	1,7	-3,9	-19,4	15,5	-11,0
Despesa de imposto de renda atual	0,0	0,0	41,6	44,7	85,6
Despesa de imposto de renda diferido	0,0	15,0	31,7	12,9	-0,5
Mudança em dinheiro durante o ano	-35,3	36,1	51,5	33,9	-81,5
Dinheiro na mão	13,3	49,4	100,8	134,8	53,3
Ganhos por ação (básico)	0,0	0,17	0,13	0,21	0,19
Lucro por ação (diluído)	0,0	0,17	0,13	0,20	0,18
Preço de venda (USD / ct)	274	411	644	593	824
Pedras excepcionais (USD / ct)		24 290	32 471	31 597	34 301
Outras pedras (USD / ct)		249	318	335	400
Despesas operacionais	92	100	115	133	156
Grau médio (quilates por cem toneladas)	25,4	18,7	17,7	16,3	13,7
Produção (M toneladas)	0,60	2,35	2,33	2,31	2,72
Custo de caixa operacional (USD / tonelada)	23,3	18,7	20,3	21,7	20,6
(EBITDA + Exploração) / tonelada	21,0	43,9	74,5	58,3	69,6

6.4.3 Minas Cullinan, Finsch e Koffiefontein (África do Sul)

A mina Cullinan é uma mina subterrânea de diamantes, localizada na cidade Gauteng (figura 24) caracterizada por ser a principal fonte mundial de diamantes azuis raros. Possui uma chaminé kimberlítica, considerada a maior chaminé kimberlítica da região. À superfície, a mina possui uma área de 32 hectares, diminuindo para 21 a 500 m abaixo do solo. A profundidade atual da mina é de 190 m. A maior gema de diamante em bruto de 3106 quilates foi produzida nesta mina (fonte: <http://www.mining-technology.com/projects/cullinan-diamond-mine-gauteng/>). A mina Finsch é uma mina subterrânea de diamantes, localizada perto de Lime Acres, a 160 km a noroeste de Kimberley (figura 24). A mina tem uma chaminé kimberlítica, com uma expressão superficial de cerca de 19ha. (fonte: <http://www.mining-technology.com/projects/finsch/>).

A mina de Koffiefontein é uma mina subterrânea e está situada na província do estado livre, a cerca de 80 quilômetros de Kimberley (figura 24). A chaminé, com várias outras chaminé e diques kimberlíticos, forma um cluster (fonte: <http://www.mining-technology.com/projects/koffiefontein-mine/>).

A mina Koffiefontein é um depósito de baixo teor, contrariado pelo preço muito alto da sua produção de diamantes. A mina produz pedras brancas de qualidade excecional, com uma proporção regular de entre 5 a 30 quilates e diamantes cor de rosa extravagantes ocasionais (fonte: <https://www.petradiamonds.com/our-operations/our-mines/koffiefontein/>).

A Tabela 17 mostra o balanço da empresa Petra Diamonds refletindo os resultados da operação das minas de Cullinan, Finsch, Koffiefontein e Williamson.

Os diamantes produzidos nas minas Cullinan, Finsch e Koffiefontein aumentaram (em quilates) em 2015 para 2016 (Tabela 18). As receitas de Cullinan diminuíram de 2015 para 2016, e as receitas de Finsch e Koffiefontein aumentaram.

Tabela 17 - Balanços da Petra Diamonds entre 2014 e 2017 (Petra Diamonds, 2014 a 2017).

Balanço	1000 USD			
	2014	2015	2016	2017
Ativos				
Ativos não circulantes				
movimento líquido no activo mobilizado	839,1	968,8	1,079,3	1,441,3
ativo fiscal diferido	3	6,3	7,1	5,9
empréstimos e recebíveis de abelhas	89,2	29,6	28,8	35
total de ativos não circulantes	931,3	1,004,7	1,117,9	1,500,0
contas comerciais e outros recebíveis	87,5	87,9	115,9	75,5
os inventários	46,1	48,7	57,9	75,6
caixa e equivalentes de caixa (incluindo valores restritos)	34	166,6	48,7	203,7
total do ativo circulante	167,6	303,2	222,5	354,8
total de ativos	1,098,9	1,307,9	1,359,2	1,854,8
Patrimônio Líquido e Responsabilidades				
Capital próprio				
capital social	86,7	87,6	88,6	89,6
compartilhar conta premium	657,8	664	665,2	666
reserva de conversão de moeda estrangeira	-178,8	-250,7	-372,1	-303,4
reserva de pagamento baseada em ações	18,3	21,7	14,4	12,8
hedge e outras reservas	2,3	-0,8	-0,8	-0,8
lucros acumulados	9,8	61,3	109,1	129,5
atribuível aos detentores de capital próprio da empresa	596,1	583,1	504,4	593,7
interesses não controladores	35,8	39,4	42,4	52,7
patrimônio total	631,9	622,5	546,8	646,4
Responsabilidades				
Passivo não circulante				
empréstimos e empréstimos	125,1	298,2	317,2	598,5
empréstimos de abono a pagar	64,2	94	84,6	99,5
provisões	75,4	72	59,7	72
passivos por impostos diferidos	96,4	113	106	143,1
total de passivos não circulantes	361,1	577,2	567,5	913,1
Passivo circulante				
empréstimos e empréstimos	33,8	28,9	107,3	158,6
comércio e outras contas a pagar	72,1	79,3	125,4	136,7
total do passivo circulante	105,9	108,2	232,7	295,3
responsabilidades totais	467	685,4	812,4	1,208,4
patrimônio líquido e passivo total	1,098,9	1,307,9	1,359,2	1,854,8

Tabela 18 - Demonstrações de Resultados da Cullinan, Finsch e Koffiefontein entre 2015 e 2016 (Petra Diamonds, 2015 a 2016).

Demonstração de resultados		1000 USD					
	Unidade	Cullinan		Finsch		Koffiefontein	
		2015	2016	2015	2016	2015	2016
Vendas							
receita	US\$m	122,2	83,3	185,4	186,4	17,8	25,7
diamantes vendidos	ct	700 896	663 175	2 067 933	2 085 123	46 033	55 500
preço médio por quilate	US\$	174,3	125,6	89,7	89,4	386,7	463,1
toneladas tratadas	t	2 513 004	2 302 892	3 016 385	3 547 798	341 783	681 344
diamantes produzidos	ct	611 993	643 724	1 298 914	1 572 725	27 756	50 825
grau	Cpht	24	28	43	44	8,1	7,5
toneladas tratadas	t	2 458 306	886 289	2 656 471	2 295 918	524 244	446 854
diamantes produzidos	ct	117 503	37 089	766 960	641 339	17 628	11 365
teor	Cpht	4,8	4,2	28,9	27,9	3,4	2,5
Toneladas tratadas	t	4 971 310	3 189 181	5 672 856	5 843 716	866 027	1 128 198
diamantes produzidos	ct	729 496	680 813	2 065 875	2 214 064	45 384	62 190
custo de caixa na mina por tonelada tratada	ZAR	154	257	164	183	303	317
custo de caixa na mina por tonelada tratada	USD	12	17	13	12	24	22
capex de Expansão	US\$m	105	156	65	57	23,1	24,6
capex Sustentável	US\$m	8,8	7,3	16,1	6,7	3,7	2,9
custos de empréstimos capitalizados	US\$m	7,9	15,9	6,8	10,6	—	—
capex total	US\$m	122	179	88	74	26,8	27,5

6.4.4 Minas Aikhal e Lomonosov (Rússia)

A mina Aikhal, localizada na parte nordeste do país, na República Sakha (figura 24), é uma mina a céu aberto que começou a ser explorada em 2005. Em 2012, a mina atingiu a sua capacidade de projeto de 5 000 mil toneladas de minério por ano e produziu em 2016 2,6 Mct. A mina tem reservas estimadas de 40,7 milhões de quilates de diamantes e uma capacidade de produção anual de 1,3 milhões de quilates (fonte: <http://eng.alrosa.ru/corporate-structure/aikhal-mining-and-processing-division/>).

A mina Lomonosov está localizada na parte noroeste do país no Oblast de Arkhangelsk e é uma mina a céu aberto (figura 24).

O cratão da sibéria na Rússia hospeda muitas das minas de diamantes, o Escudo Báltico. Ao contrário de muitas minas de diamantes na África do Sul, no Canadá e na Sibéria, o depósito desta mina não está em configuração geológica estável. Como a mina Argyle na Austrália, Lomonosov está numa região orogénica mais nova (fonte: <https://www.gia.edu/gems-gemology/summer-2017-lomonosov-deposit>).

A mina produz poucos diamantes muito grandes. O maior diamante que a mina produziu, foi um diamante industrial de 106ct, com cor cinza o diamante foi encontrado em 2011 (fonte: <https://www.gia.edu/gia-news-research/russia-lomonosov-diamond-project-shows-fancy-colors>). As reservas da mina estão estimadas em 220 milhões de quilates e a capacidade de produção anual de 2 milhões de quilates.

Alrosa, empresa que explora as minas de diamantes Russa, não introduz informações sobre as demonstrações de resultados das minas que possui, mas publica o balanço geral da empresa que é apresentado na tabela 19.

Os dados usados neste trabalho relativos às minas da Alrosa foram retirados dum estudo de avaliação das minas da empresa.

Tabela 19 - Balanços da Alrosa entre 2014 e 2017 (Alrosa, 2014 a 2017).

Balanços	1000 USD		
	2014	2015	2016
Ativos			
Ativos não circulantes			
boa vontade	1,439	1,439	1,439
movimento líquido no activo mobilizado	271,618	283,963	288,874
investimentos em empresas associadas e joint ventures	6,219	6,891	4,061
ativos fiscais diferidos	1,912	1,919	1,967
investimentos disponíveis para venda	379	711	1,424
contas a longo prazo a receber	2,489	3,453	2,093
total de ativos não circulantes	284,156	298,376	299,868
Ativos correntes			
os inventários	63,488	94,296	98,576
imposto de renda pré-pago	3,716	6,258	121
contas comerciais e outros recebíveis	15,196	15,632	15,179
caixa e equivalentes de caixa	21,693	20,503	30,41
total do ativo circulante	104,093	136,689	172,856
total de ativos	388,249	435,065	472,714
Capital próprio			
capital social	12,473	12,473	12,473
compartilhar premium	10,431	10,431	10,431
compartilhamento de tesouraria	—	-15	—
lucros acumulados e outras reservas	114,147	128,853	234,298
equidade atribuível aos proprietários de PJSC ALROSA	137,051	151,742	257,202
participação não controladora em subsidiárias	123	-257	-232
patrimônio total	137,174	151,485	256,97
Responsabilidades			
Passivo não circulante			
dívida de longo prazo	176,358	197,467	141,669
provisão para obrigações de pensão	5,793	10,556	19,954
outras provisões	4,347	5,841	6,691
passivos por impostos diferidos	11,301	13,966	11,018
total de passivos não circulantes	197,799	227,83	179,332
Passivo circulante			
empréstimos de curto prazo e parcela atual da dívida de longo prazo	20,802	25,692	666
comércio e outras contas a pagar	24,003	23,047	25,488
imposto de Renda a pagar	2,716	921	2,368
outros impostos a pagar	5,287	6,001	7,804
dividendos pagáveis	468	89	86
total do passivo circulante	53,276	55,75	36,412
responsabilidades totais	251,075	283,58	215,744
patrimônio líquido e passivo total	388,249	435,065	472,714

6.4.5 Mina Williamson (Tanzânia)

A mina está localizada a 23 km a nordeste de Shinyanga, na Tanzânia (figura 24). É uma mina a céu aberto atualmente com cerca de 90 metros de profundidade.

A chaminé kimberlítica em que a mina está localizada tem 1,46 km² de área ao nível da superfície, sendo a maior chaminé vulcânica de diamantes economicamente explorável no mundo. (fonte: http://midexgold.com/properties/williamson_diamond_mine.html).

Esta mina é caracterizada por um baixo teor de minério. Hoje, os níveis de produção de diamante desta mina são de aproximadamente 300 mil quilates por ano. Os diamantes produzidos em quilates na mina Williamson aumentaram de 2015 para 2016 (tabela 20). A receita de Williamson também aumentou de 2015 para 2016.

Tabela 20 - Demonstrações de Resultados da Williamson entre 2015 e 2016 (Petra Diamonds, 2015 a 2016).

Demonstração de resultados		1000 USD	
	Unidade	2015	2016
Vendas			
receita	US\$m	62,1	78,9
diamantes vendidos	ct	208 351	205 548
preço médio por quilate	US\$	298,1	383,9
toneladas tratadas	t	4 056 638	4 003 180
diamantes produzidos	Carats	194 048	199 796
grau	Cpht	4,8	5,0
toneladas tratadas	t	369 406	417 452
diamantes produzidos	ct	8 216	13 073
teor	Cpht	2,2	3,1
toneladas tratadas	t	4 426 044	4 420 632
diamantes produzidos	ct	202 265	212 869
custo de caixa na mina por tonelada tratada	USD	12	11
capex de Expansão	US\$m	8,3	23,0
capex Sustentável	US\$m	7,9	1,4
capex total	US\$m	16,2	24,4

6.4.6 Mina Argyle (Austrália)

A mina está localizada na região leste de Kimberley, no território norte da Austrália Ocidental (figura 24). A mina foi convertida de céu aberto para mina subterrânea em 2013. Apesar da mina estar implantada numa chaminé lamproítica, também foram explorados jazigos aluvionares diretamente derivados da erosão dos níveis superiores dos lamproito. A mina de Argyle é a principal fonte de diamantes rosa e vermelhos, produzindo mais de 90% do total mundial deste tipo de diamantes.

No final de 2016, o total de recursos medidos, indicados e inferidos remanescentes na chaminé era de 15Mt com um teor de 3,2ct/t (fonte: <http://www.mining-technology.com/projects/argyle/>).

A Tabela 21 mostra o balanço da empresa Rio Tinto proprietária e operadora da mina Argyle. Esta é também uma das empresas que não publica as informações das demonstrações de resultados das suas minas, mas apresenta os seus custos de produção (tabela 22).

Tabela 21 - Balanços da Rio Tinto entre 2014 e 2017 (Rio Tinto, 2014 a 2017).

Balanços	1000 USD			
	2014	2015	2016	2017
Ativos não circulantes				
boa vontade	1,228	892	951	1
ativos intangíveis	5,88	3,336	3,279	2,987
movimento líquido no activo mobilizado	68,693	61,057	58,855	60,324
investimentos em unidades contabilizadas no capital próprio	4,868	4,941	5,019	4,714
os inventários	397	253	143	162
ativos fiscais diferidos	3,54	3,309	3,728	3,759
contas comerciais e outros recebíveis	1,304	1,356	1,342	1,562
imposto recuperável	70	78	38	18
outros ativos financeiros (incluindo empréstimos a unidades de equivalência patrimonial	722	788	822	776
Ativos correntes				
os inventários	4,35	3,168	2,937	3,331
Contas comerciais e outros recebíveis	3,623	2,386	3,46	2,901
imposto recuperável	146	118	98	74
outros ativos financeiros (incluindo empréstimos a unidades de equivalência patrimonial	271	223	359	353
Caixa e equivalentes de caixa	12,423	9,366	8,201	7,746
ativos de grupos de disposição mantidos para venda	312	293	31	1,144
Total de ativos	107,827	91,564	89,263	90,851
Passivo circulante				
empréstimos e outros passivos financeiros	-2,684	-2,484	-922	-742
comércio e outras contas a pagar	-7,437	-6,237	-6,361	-5,964
imposto a pagar	-800	-135	-764	-1,267
provisões, incluindo benefícios pós-aposentadoria	-1,299	-1,19	-1,315	-1,133
Passivo não circulante				
empréstimos e outros passivos financeiros	-22,535	-21,14	-17,47	-15,106
comércio e outras contas a pagar	-871	-682	-789	-877
imposto a pagar	-370	-295	-274	-273
passivos por impostos diferidos	-3,574	-3,286	-3,121	-3,165
provisões, incluindo benefícios pós-aposentadoria	-13,303	-11,876	-12,479	-12,634
passivos de grupos de alienação detidos para venda	-360	-111	-38	-865
responsabilidades totais	-53,233	-47,436	-43,533	-42,026
ativos líquidos	54,594	44,128	45,73	48,825
Capital e reservas				
Capital social				
Rio tinto plc	230	224	224	223
Rio tinto limitado	4,535	3,95	3,915	4,158
compartilhar conta premium	4,288	4,3	4,304	4,305
outras reservas	11,122	9,139	9,216	11,24
lucros acumulados	26,11	19,736	21,631	22,365
equidade atribuível aos proprietários de rio tinto	46,285	37,349	39,29	42,291
atribuível a interesses não controladores	8,309	6,779	6,44	6,534
patrimônio total	54,594	44,128	45,73	48,825

Tabela 22 - Custos de produção da mina de Argyle entre 2010 e 2015 (Rio Tinto, 2010 a 2015).

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Custos	410,7	600,7	680	591,5	425,1	331,6
Salários	64	70	82	90	85	87
Materiais, bens e serviços	330	516	583	483	320	224
Valor das exportações	194	139	205	257	340	351
Royalties	12,5	9,8	10,6	12,9	15,5	15,1
Segurança Social	4,2	4,9	4,4	5,6	4,6	5,5
produção						
Ton tratadas	7,3	6,4	7,3	7,4	3	4,8
Teor (ct/ton)	1,3	1,2	1,2	1,2	3,1	2,8
Diamantes produzidos (Mct)	9,8	7,4	9	11,6	9,2	13,5
Análise						
AUD/ton	56,26	93,86	93,15	79,93	141,7	69,08
AUD/USD	0,92	1,03	1,04	0,97	0,90	0,75
USD/ton	61,17	90,79	89,92	82,58	157	91,85

6.5 Análise comparada da competitividade

Na figura 25 apresenta-se um balanço dos custos unitários de produção de minério extraído em toneladas das minas analisadas, com base nos custos de produção das minas retirados ou calculados (custo operacional/tonelada tratada) a partir dos relatórios anuais de cada empresa ou mina. Os dados disponíveis para as diferentes minas são irregulares no tempo, para algumas minas existem séries relativamente longas, como é o caso do Catoca, para outras (como é o caso das minas da Alrosa e da Dominion Diamond), dispõe-se apenas de dados relativos a um ano.

Apesar das limitações dos dados disponíveis, a análise comparada da competitividade das minas em questão, permite qualificar, mesmo se de forma simplificada, a competitividade internacional da mina do Catoca e com ela avaliar a capacidade da economia angolana em atrair investimento internacional para a prospecção e exploração dos seus grandes recursos (potenciais ou conhecidos) de diamantes em jazigos kimberlíticos.

Analisando o custo de produção de cada mina, conclui-se que um jazigo que é explorável no Botswana (por exemplo a mina de Karowe), Rússia (mina Aikhal) e outros países pode não ser explorável em Angola (figura 25).

Os custos de produção unitários analisados nas diversas minas têm valores muito diferenciados: há uma tendência evidente para os custos de produção serem mais elevados nas minas subterrâneas que nas minas a céu-aberto (figura 25) e para as minas com maior escala de produção terem custos mais baixos (o que é natural, já que repartem os seus custos fixos por uma maior base de produção).

Em 2015 e 2016, a mina Williamson da Tanzânia, gastou por minério extraído 11 e 12 usd (tabela 23), nesse caso um quarto da mina do Catoca. O custo de produção de outras minas é metade dos custos do Catoca, que, no entanto, não é o produtor de custos mais elevados.

Todos os produtores com custos unitários mais elevados que os do Catoca correspondem a minas subterrâneas, o que é revelador da baixa competitividade da mina do Catoca. A mina do Catoca tem custos unitários (pelo menos) duplos dos das outras minas analisadas neste estudo (com exceção das minas subterrâneas).

Tabela 23 - Custos unitários de minério extraído (usd/t) das minas analisadas.

Empresa	Mina	País	Tipo	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Lucara Diamond	Karowe	Botswana	Céu - aberto			23	19	20	22	21	
Petra Diamonds	Cullinan	África do Sul	Subterrânea						12	17	
Petra Diamonds	Finsch	África do Sul	Subterrânea						13	12	
Petra Diamonds	Koffiefontein	África do Sul	Subterrânea						24	22	
Petra Diamonds	Williamson	Tanzânia	Céu - aberto						12	11	
Alrosa	Aikhal	Rússia	Subterrânea						134		
Alrosa	Lomonosov	Rússia	Céu - aberto						17		
SMC	Catoca	Angola	Céu - aberto		38	38	44	41	41	40	
Argyle	Argyle	Austrália	Subterrânea	24,7	22	15	13	12	12		
Dominion Diamond	Diavik	Canadá									80
Dominion Diamond	EKATI	Canadá									70

Importa referir que não se está a comparar o custo de produção por quilate, por ser enganador, uma vez que depende do jazigo, não está dependente da gestão, engenharia ou de outros itens controláveis pela empresa ou do contexto do país em que a mina se localiza.

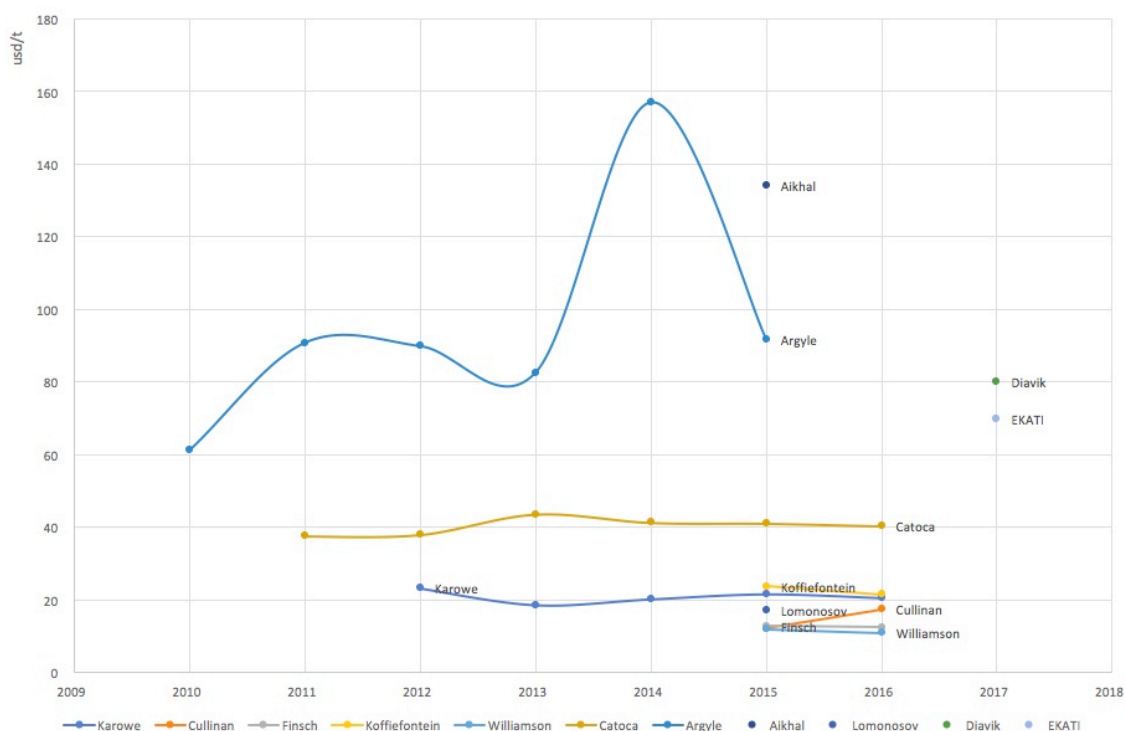


Figura 25 - Custos de produção das minas analisadas (usd/t).

Os custos de produção também podem ser influenciados pela tecnologia usada e pela cultura de empresa, pelo que é expectável que diferentes empresas tenham custos de produção diversos. Por exemplo, a Alrosa parece evidenciar alguma tendência para ser um produtor com

custos mais elevados, menos competitivo. A confirmação desta possibilidade exigiria uma análise mais aprofundada, que vai para lá do âmbito deste trabalho.

Finalmente, o contexto social, económico, legislativo e fiscal e a qualidade das infraestruturas do país onde a mina se localiza tem impacto nos custos de operação. Angola tem desafios logísticos, fiscais e de política de comercialização de diamantes a enfrentar (alguns mais óbvios que outros; alguns mais importante para os investidores internacionais).

Os factores que encarecem a produção de diamantes em Angola e que podem explicar a baixa competitividade da mina do Catoca são:

- Os custos das existências consumidas (gasóleo, peças), que no Catoca em 2016 representaram 25 % dos custos totais,
- Os custos de contexto em Angola são muito elevados (estradas em mau estado, ineficiências várias – burocracias, irregularidade no abastecimento de combustível às províncias, dificuldade de importação de peças) e
- Os custos com o pessoal (produtividade), que, em 2015, representaram 32,5 % dos custos totais (figura 26).

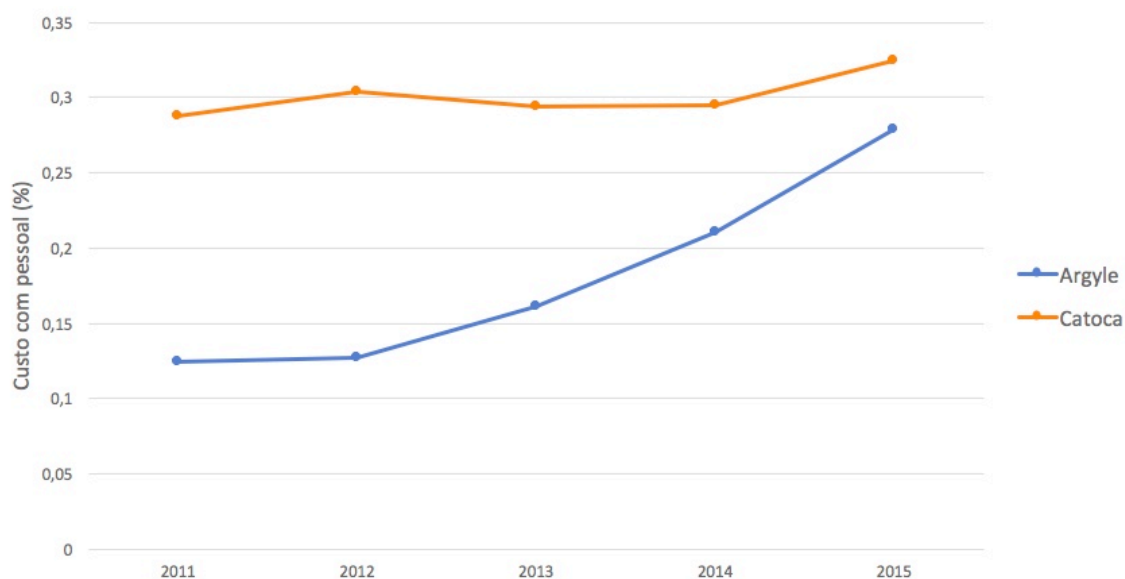


Figura 26 - Custos com pessoal das minas Argyle e Catoca (Rio Tinto e SMC, 2011 – 2015).

Comparando com a mina de Argyle, cujos custos também têm vindo a aumentar, o Catoca possui os custos mais elevados (figura 26).

6.6 Perspetivas futuras

- O trabalho desenvolvido evidenciou a necessidade de uma clara melhoria de competitividade da indústria diamantífera angolana;
- Angola é um dos líderes mundiais na produção de diamantes; o seu potencial metalogénico, mesmo após um século de actividade extractiva, permanece enorme quer nos jazigos de tipo secundário quer nos do tipo primário
- aquele potencial de desenvolvimento ficará, contudo, muito além do seu limite se não forem implementadas medidas que diminuam os custos de produção em Angola
- Este trabalho contribuiu para o reconhecimento da falta de competitividade (elevados custos unitários) da principal mina de diamantes em Angola (um facto até agora ignorado – ou, pelo menos, não discutido)

Minas kimberlíticas internacionais subterrâneas

Mina do Catoca (a **menos competitiva das minas a céu-aberto analisadas)**



Outras minas kimberlíticas internacionais a céu-aberto

- as razões na origem dessa falta de competitividade podem incluir custos salariais e ou de gestão (baixa produtividade), custos energéticos ou custos de contexto (evolução cambial, transporte, importação, ineficiências) elevados
- para poder identificar e quantificar a importância das causas concretas e, actuando (a empresa e/ou Estado) sobre elas é necessário, no futuro:
 - Detalhar a análise dos dados disponíveis sobre a operação e rentabilidade da mina do Catoca e das outras minas incluídas neste trabalho
 - Expandir e manter actualizada a base de dados sobre a exploração de jazigos primários e secundários de diamantes em Angola e no mundo
- Sem uma análise aprofundada, detalhada e permanente, não é possível identificar as causas; sem aquela identificação não é possível corrigi-las, hipotecando o futuro da indústria em Angola e não capturando o potencial geológico extraordinário do país, fundamental para o seu desenvolvimento e para o bem-estar da população.

7. Conclusões

Os resultados obtidos, apesar das limitações dos dados disponíveis em Angola e de alguma ambiguidade e discricionariedade na adopção de critérios contabilísticos dos custos, indicam que a mina do kimberlito Catoca tem custos de produção muito elevados (entre 38 e 44 usd/t de minério extraído e tratado) face a boa parte dos seus concorrentes internacionais que praticam exploração a céu aberto. Entre as minas analisadas, a Williamson (Tanzânia), Karowe (Botswana) e Lomonosov (Rússia) têm custos unitários inferiores ou cerca de metade do Catoca, como é o caso da mina Karowe. Outras minas com custos unitários comparáveis ou mais elevados que os do Catoca, são os casos de minas subterrâneas como as mina de Argyle (Austrália), Diavik e Ekati (Canadá) e Aikhal (Rússia). Em resumo, a mina do Catoca é, entre as minas a céu-aberto em kimberlito, um produtor com custos elevados (como tendencialmente são as minas da Alrosa).

Além da possibilidade da exploração pela Alrosa poder explicar parte dos custos operacionais mais elevados do Catoca, Angola tem um contexto logístico, de infraestruturas e económico que tem certamente um impacto negativo nos custos da exploração da mina e que o Governo Angolano deve corrigir para poder dar ao País uma competitividade que atraia os investidores internacionais.

Do ponto de vista internacional, a mina do Catoca poderia ser substancialmente mais rentável, se tivesse metade dos custos de produção. Nesta mina, a maior despesa está no custo com o pessoal, cuja importância nos custos totais tem vindo aumentar ao longo dos anos. Apesar de existirem, provavelmente, problemas de baixa produtividade, relacionados sobretudo com a ineficiência dos recursos humanos, a mina é rentável devido aos elevados teores que explora. No entanto, há ainda muito a ser alcançado, e outros desafios a serem enfrentados. A indústria de diamantes do país e todo o sector mineral beneficiará se as informações geológicas e metalogénicas básicas estiverem disponíveis ao público em formato digital. O Brasil e o Canadá são exemplos em que as políticas de ampla disponibilidade pública de dados geológicos produzem resultados. O mesmo princípio também deve ser aplicado à disponibilidade de informações públicas sobre os projetos de exploração. É importante saber, principalmente, quem produz o quê e qual o volume, teor, custos e receitas, por forma a que estes dados possam servir de referência a outros projetos, permitindo melhores decisões de gestão e investimento de instituições públicas e empresas privadas.

Os factores identificados que encarecem a produção de diamantes em Angola e que podem explicar a baixa competitividade da mina do Catoca são: i) os custos das existências consumidas (gasóleo, peças), ii) os elevados custos de contexto em Angola (estradas em mau estado, ineficiências várias como burocracias, irregularidade no abastecimento de combustível às províncias, dificuldade de importação de peças) e, iii) os custos com o pessoal (produtividade).

Bibliografia

- André, L. (1993). Age Rb/Sr Proterozoïque inférieur du magmatisme continental du Groupe de La Lulua (Kassai, Zaïre): ses implications géodynamiques. *Annales de la Soc. Géol. De Belgique*, 116 (1): 1-12.
- Brognon & Verrier (1965). Tectonic et sédimentation dans le Bassin du Cuanza (Angola). *Bol. Serv. Geol. Minas de Angola*, 11: 5-90.
- Cardoso, M., & Chambel, L. (2005). A valuation model for cut diamonds. *International Transactions in Operational Research*, p. 35-70.
- Carvalho, H. (1984). Estratigrafia do Precâmbrio de Angola, 1.^a aproximação. Centro de Geologia do Instituto de Investigação Científica Tropical. Garcia da Orta, Série Geologia, Lisboa, p. 1-66.
- Chambel, L. (1993). Estudo da Atractividade do Investimento na Produção de Diamantes de Origem Aluvionar. Tese de Mestrado em Gestão de Empresas, Faculdade de Economia, Universidade Nova de Lisboa, p. 14-85.
- Chambel, L.; Caetano, L.; Reis, M. (2013). One-century-of-angolan-diamonds. p. 18-98.
- Chaves M. & Chambel L. (2003). Diamante: a pedra, a gema, a lenda. Oficina de textos. São Paulo, Oficina de Textos, p. 231.
- Clement, C.; Skinner, E. (1985). A textural-genetic classification of kimberlites. *Transactions of the Geological Society of South Africa*, 38: 403-409.
- Clifford, T. (1966). Tectono-metallogenic units and metallogenic provinces of Africa. *Earth Planet Sci. Lett*, 1: 421-434.
- Coqueia, S. (2014). Metodologia para o controlo geoambiental da bacia de contenção de rejeitados da Sociedade Mineira de Catoca em Angola. Tese de Mestrado em Engenharia de Minas e Geoambiente, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, p. 43-62.
- Dechandt, S. (2005). Caracterização de Filmes Duros de Carbono Amorfo DLC Depositados em Polietileno de Peso Molecular Ultra-Alto Empregado em Próteses Ortopédicas. Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná, p. 12-27.
- Delhal, J.; Ledent, D. (1973). L'âge du complexe métasédimentaire de Luiza, région de Kasai, Zaïre. *Ann. Soc. Géol. Belg*, 94: 289-300.
- Delhal, J.; Ledent, D.; Pastels, P. (1975). L'âge du complexe granitique et migmatitique de Dibaya (région de Kasai, Zaïre) par les méthodes Rb/Sr et U/Pb. *Ann. Soc. Géol. Belg*, 99: 141-154.
- Evans T. & Harris J. (1986). Nitrogen aggregation, inclusion equilibration temperatures and the age of diamonds. *Proceedings of the Fourth Kimberlite Conference, Perth, Western Australia*, p. 200-340.
- Fipke C.; Gurney J.; Moore R. (1995). Diamond Exploration Techniques Emphasising Indicator Mineral Geochemistry and Canadian Examples. *Geological Survey of Canada*, 423.
- Gordon, C.; Ahmimed, C.; Ngolo, D.; Smillie, I. (2004). Revista Annual da Indústria dos Diamantes. O Projecto sobre os Diamantes e a Segurança Humana, p. 2-11.

- Gurney J. (1986). Diamonds. Proceedings of the Fourth International Kimberlite Conference, Extended Abstracts, Perth, Western Australia, p. 360-700.
- Haggerty S. (1986). Diamond genesis in a multiply-constrained model. *Nature*, 320: 34-38.
- Hawthorne J. (1975). Modelo of a kimberlite pipe. *Physics and Chemistry of the Earth* 9: 1-15.
- Dawson J. (1967). Departamento de Geologia da Universidade de St. Andrew Five - Scotland. "The genesis of kimberlites", p. 100-200.
- Jennings, C. (1995). The exploration context for diamonds. *Journal of Geochemical Exploration*, 53: 113-124.
- Kirkley, M.; Gurney, J.; Richard R. (1991). Jwaneng framites: Carbon isotopes and intergrowth compositions. In: Meyer H.O.A and Leonards O.H. Editions, proceedings of the 5th International Kimberlite Conference, p. 300-560.
- Lepersonne, J. (1951). Les subdivisions du Système du Karroo au Kwango (Congo Belge). *Ann. Soc. Géologique de Belgique*, 1: 250-430.
- Machado, F. (1959). The volcanic belt of Angola and its carbonatites. Leopoldville Meetings, C. C. T.A./A. S .G .A, p. 120-350.
- Mitchell, R. & Bergman, S. (1991). Petrology of lamproite. Plenum Press, New York., p. 40-100.
- Mitchell, R. (1986). Kimberlites - Mineralogy, Geochemistry, and Petrology. Plenum Press, New York, p. 55-80.
- Mitchell, R. (1989). Aspects of the petrology of kimberlite and lamproite: some definition and distinction. In *Kimberlites and Related Rocks*, J. Ross (ed), Geological Society of Australia, p. 7-45.
- Moisés, A. (2003). Geologia e Técnicas de Prospeção dos Depósitos Diamantíferos do Nordeste de Angola, Editor: António André Moisés "Natrusky", p. 140.
- Monforte A. (1960). Síntese Geral da Geologia do Nordeste da Lunda, Inédito. Companhia de Diamantes de Angola. Direção Geral na Lunda, p. 1-163.
- Monforte, A. (1988). O diamante em Angola nas rochas quimberlíticas e nos jazigos secundários. *Geologia Geral*. Lisboa: Sociedade Portuguesa de Empreendimentos, p. 101
- Monforte, A. (1993). Os jazigos de diamante em Angola, a problemática da sua prospecção: evolução e perspectivas. Sociedade Portuguesa de Empreendimentos (Policopiado), p. 30.
- Pereira, E. (1971). Nota sobre o Complexo ígneo ante-Apciano do Cuanza-Sul (Angola). *Buletim Serviços de Geologia e Minas de Angola*, p. 51-80.
- Pereira, E. (1995). Posição dos trabalhos de prospecção. Relatório Inédito da Endiama, Angola.
- Pereira, E.; Rodrigues, J.; Reis, B. (2003). Synopsis of Lunda geology, NE Angola: Implications for Diamond exploration. *Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro*, p. 10-30.
- Pereira, E.; Rodrigues, J.; Reis, B. (2000b). Evolution of Congo Central Basin and the continental diamantiferous units in Angola. Apresentação em Poster, 31.º Congresso Internacional de Geologia, Brasil.
- Real, F. (1959). Intrusões Kimberlíticas da Lunda. Contribuição para o conhecimento do Karoo de Angola. *Memórias dos Serviços Geológicos de Portugal*, 5: 118.

- Reis, M. (2009). Diamantes: História e Técnica, p. 8-20.
- Reis, B. & Aires Barros L. (1981). Sur quelques kimberlites de Angola. *Seviços Geológicos de Portugal*. 67 (1).
- Rogério, S. (2007). Cráton do São Francisco, Kimberlitos e Diamantes. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, p. 55-117.
- Schwartz, D. (1984). As limitações do diamante: suas propriedades e a sua identificação. *Revista Escola de Minas*, 32 (1) 29-41.
- Sêco, S. (2009). Sobre a Prospecção de Diamantes Em Angola: Formações de Kimberlitos e de Depósitos Secundários, Tese de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, p. 30-82
- Silva, H.; Lima, M.; Pisani, J.; Stricht, J.; Freitas, M.; Pereira, R.; Bizzi, L. (2009). Relatório Técnico 50. Perfil do Diamante: Gema e Diamante Industrial, p. 14-103.
- Skinner, E. & Clement, C. (1979). Mineralogical classification of souther African kimberlites, in Boyd, F. & Meyer, H., eds., *Kimberlites diatremes, and diamonds: Their geology, petrology, and geochemistry*: Washington, American Geophysical Union, p. 129-130.
- Smith, M. (2004). Report on the Prospectivity of Concession C9, Lunda Sul Province, Angola. Angola Resources Limited, Perth, Western Austrália, p. 15-30.
- Universidade Católica de Angola. (2015). Relatório Económico de Angola.

Webgrafia

- Alrosa (2014 – 2017). Annual and Auditor Reports. <http://eng.alrosa.ru/documents/annual-reports/>. Acedido em (22/06/2017).
- Dominion Diamond (2014 – 2017). Annual and Auditor Report. <http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=65233&p=irol-reportsannual>. Acedido em (22/06/2017).
- De Beers (2016). Annual Report. <http://www.debeersgroup.com/en/reports.html>. Acedido em (22/06/2017).
- Lucara Diamonds (2015 e 2016). Annual and Auditor Report. <https://www.lucaradiamond.com/investor-info/financial/financial-reports-and-aif>. Acedido em (22/06/2017).
- Petra Diamonds (2014 – 2017). Annual and Auditor Report. <https://www.petradiamonds.com/investors/results-reports/>. Acedido em (22/06/2017).
- Rio Tinto (2010 – 2017). Annual and Auditor Report. <http://www.riotinto.com/investors/results-and-reports-2146.aspx>. Acedido em (22/06/2017).
- Catoca (2011 – 2016). Annual and Auditor Report. <http://www.catoca.com/>. Acedido em (22/06/2017).
- <https://www.gia.edu/>
- <http://www.theenergylibrary.com>
- <http://eng.alrosa.ru/corporate-structure/aikhal-mining-and-processing-division/>
- http://midexgold.com/properties williamson_diamond_mine.html
- <http://www.catoca.com>

<http://www.diamant-boart.com>
<http://www.mining-technology.com/projects/argyle/>
<http://www.mining-technology.com/projects/cullinan-diamond-mine-gauteng/>
<http://www.mining-technology.com/projects/diavikdiamondmine>
<http://www.mining-technology.com/projects/ekati>
<http://www.mining-technology.com/projects/finsch/>
<http://www.mining-technology.com/projects/karowe-diamond-mine/>
<http://www.mining-technology.com/projects/koffiefontein-mine/>
http://www.redeangola.info/wp-content/uploads/2015/03/Catoca1_DR-620x384.jpg
<http://www.gia.edu/gems-gemology/summer-2017-lomonosov-deposit>
<https://www.gia.edu/gia-news-research/russia-lomonosov-diamond-project-shows-fancy-colors>
<https://www.petradiamonds.com/our-operations/our-mines/koffiefontein/>