



**UNIVERSIDADE DE ÉVORA**  
ESCOLA DE CIÊNCIAS SOCIAIS

**Mestrado em Economia e Gestão Aplicadas**  
*Especialização Recursos Naturais e Ambiente*

**Dissertação**  
Potencialidades da Formação Calonda no Nordeste de Angola

**Marcela Gaspar Mendes da Costa Nascimento**

**Orientador:**

Pedro Damião de Sousa Henriques

**Co-Orientador**

António André Moisés

2013



**Mestrado Economia e Gestão Aplicadas**  
*Especialização Recursos Naturais e Ambiente*

**Dissertação**  
Potencialidades da Formação Calonda no Nordeste de Angola

**Marcela Gaspar Mendes da Costa Nascimento**

**Orientador:**

Pedro Damião de Sousa Henriques

**Co-Orientador**

António André Moisés

2013

## **Agradecimentos**

Expresso o meu profundo reconhecimento, primeiramente ao meu orientador, Prof. Dr. Pedro Henriques pelo incansável apoio e constante incentivo, que tanto me ajudaram nesta etapa de minha vida.

Agradeço a Prof. Dr<sup>a</sup>. Maria Leonor Carvalho, pelo incansável incentivo, que me deu para terminar este trabalho. A sua paciência e amor demonstrado nos momentos em que pensava desistir do trabalho.

Ao Dr. André Moisés um especial agradecimento, por me ter mostrado o interesse da temática tratada neste trabalho, pelo tempo que me dispensou e pelos esclarecimentos que deu às minhas dúvidas.

É devido um agradecimento à Fátima Correia minha grande amiga e ex-colega da universidade pela paciência que teve em ler a versão preliminar do resumo e das conclusões.

Agradeço aos meus colegas de trabalho e amigos que, directa ou indirectamente contribuíram para que levasse a cabo este trabalho.

Um agradecimento particular ao meu querido marido Pedro Nascimento e aos meus filhos: Yanira e Pedro Nascimento, que durante este período foram privados da minha companhia e atenção.

Esta dissertação por vontade do autor, não segue as regras do Novo Acordo Ortográfico

# ÍNDICE

<b>RESUMO .....</b>	<b>V</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>VI</b>
<b>CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA.....	3
1.2 OBJECTIVOS.....	4
1.3 RAZÕES DA ESCOLHA DO TEMA.....	4
1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO .....	5
<b>CAPÍTULO II - A PRODUÇÃO DE DIAMANTES NA PERSPECTIVA DE RECURSO NATURAL .....</b>	<b>6</b>
2.1 OS DIAMANTES COMO RECURSO NATURAL NÃO RENOVÁVEL. ....	6
2.2 OFERTA E PROCURA MUNDIAL DE DIAMANTES.....	7
2.3 A PROCURA E A OFERTA DE DIAMANTES EM ANGOLA.....	14
2.4 A IMPORTÂNCIA SOCIOECONÓMICA DOS DIAMANTES EM ANGOLA .....	17
<b>CAPITULO III - EXPLORAÇÃO DE DIAMANTES EM ANGOLA E OS FACTORES DE ESTRANGULAMENTO.....</b>	<b>20</b>
3.1 A GEOLOGIA DOS DIAMANTES EM ANGOLA .....	20
3.2.1 <i>Génese e Características Gerais da Formação Calonda</i> .....	25
3.2.2 <i>Reservas de minério da Formação Calonda disponíveis</i> .....	26
3.4 FACTORES DE ESTRANGULAMENTO NA PRODUÇÃO DE DIAMANTES DA FORMAÇÃO CALONDA .....	33
<b>CAPITULO IV – A REMOÇÃO DO ESTÉRIL E AS ESCAVADORAS DE BALDES MULTIPLOS.....</b>	<b>36</b>
4.1 CUSTOS DE EXPLORAÇÃO NA INDÚSTRIA DIAMANTÍFERA .....	36
4.1.1 <i>Custos com o abastecimento de energia hídrica</i> .....	39
4.2 DESCRIÇÃO DA TECNOLOGIA DE EXPLORAÇÃO NA INDUSTRIA DIAMANTÍFERA .....	42
4.2.1 <i>Escavadoras hidráulicas</i> .....	42
4.3 TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS PARA A INDÚSTRIA DIAMANTÍFERA.....	45
4.3.2 <i>BWEs e sua aplicação</i> .....	46
4.3.3 <i>Características operacionais</i> .....	49
4.4 SELECÇÃO DE EQUIPAMENTOS MINÉRIOS.....	52
4.4.1 SELECÇÃO DE UMA ESCAVADORA DE BALDES MÚLTIPLOS .....	53
4.4.2 <i>Correia Transportadoras no Sistema de Mineração</i> .....	53
<b>CAPÍTULO V - CONCLUSÕES.....</b>	<b>55</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>60</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - RESERVA MUNDIAL DE DIAMANTES EM 2007 (MILHÕES DE QUILATES).....	6
TABELA 2 - PRODUÇÃO DE DIAMANTES POR EMPRESA EM 2010 E 2011.....	8
TABELA 3 - PRINCIPAIS PRODUTORES DE DIAMANTES (2009 À 2011).....	9
TABELA 4 - PRODUÇÃO MUNDIAL DE DIAMANTES NATURAIS.....	9
TABELA 5 - VALOR DA PRODUÇÃO MUNDIAL DE DIAMANTES EM 2011.....	11
TABELA 6 - IMPORTAÇÃO DE DIAMANTES EM VALOR POR PAÍSES (2008 E 2011).....	12
TABELA 7 - EXPORTAÇÃO DE DIAMANTES EM VALOR POR PAÍSES (2008 E 2011).....	13
TABELA 8 - COMPOSIÇÃO DO PIB DE ANGOLA (%).....	19
TABELA 9 - VARIAÇÃO DO TEOR E DO PREÇO DO QUILATE DA FC EM ALGUMAS ÁREAS.....	27
TABELA 10 - VARIAÇÃO EM PORCENTAGEM DOS DIFERENTES TIPOS DE CRISTAIS.....	28
TABELA 11 - PORCENTAGEM DOS DIFERENTES DEPÓSITOS EM MINERAÇÃO ATUALMENTE.....	28
TABELA 12 - CUSTO MÉDIO POR METRO CÚBICO EXPLORADO NAS MINAS EM ANGOLA.....	38
TABELA 13 - EVOLUÇÃO DOS CUSTOS E BENEFÍCIOS NO PROJECTO LUCAPA.....	38
TABELA 14 - CAPACIDADE INSTALADA DE GERADOR.....	39
TABELA 15 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS DE ALGUMAS ESCAVADORAS DE BALDES MÚLTIPLOS.....	49
TABELA 16 - NÚMERO DE ATAQUES POR MINUTO DAS ESCAVADORAS DE BALDES.....	50
TABELA 17 - VALORES ESTIMADOS DO COEFICIENTE K.....	50
TABELA 18 - CAPACIDADE PRODUTIVA DE UMA ESCAVADORA VS BWEs.....	51
TABELA 19 - SIMULAÇÃO DO CÁLCULO DO VOLUME REMOVIDO POR UMA ESCAVADORA VS. BWEs.....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURE 1 - MAIORES RESERVAS, PRODUTORES E CONSUMIDORES MUNDIAIS.....	11
FIGURE 2 - PARTICIPAÇÃO DE CADA PROJECTO NA PRODUÇÃO TOTAL EM 2010.....	15
FIGURE 3 - EXTRAÇÃO DE DIAMANTES EM ZONAS DE CONFLITO.....	16
FIGURE 4 - PARTICIPAÇÃO DO SECTOR DOS DIAMANTES NO PIB EM 2003.....	19
FIGURE 5 - QUIMBERLITO CATOCA.....	20
FIGURE 6 - DESVIO DO RIO CUANGO.....	22
FIGURE 7 - MAPA DE ANGOLA COM IDENTIFICAÇÃO DA ZONA DIAMANTÍFERA.....	24
FIGURE 8 - REMOÇÃO DO CASCALHO DIAMANTÍFERO EM 1917.....	29
FIGURE 9 - TRANSPORTE DO CASCALHO DIAMANTÍFERO EM 1922.....	30
FIGURE 10 - EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE DIAMANTES DE 1917 À 2010.....	32
FIGURE 11 - QUANTIDADE DE EMPRESAS MINEIRAS EM ACTIVIDADE (2005 À 2013).....	32
FIGURE 12 - RELAÇÃO ESTÉRIL MINÉRIO NOS DEPÓSITOS SECUNDÁRIOS DE DIAMANTES.....	35
FIGURE 13 - ESCAVADORA CATERPILLAR.....	44
FIGURE 14 - ESCAVADORA BUCKET-WHEEL EM FERROPOLIS ALEMANHA.....	47

# POTENCIALIDADES DA FORMAÇÃO CALONDA NO NORDESTE DE ANGOLA

## RESUMO

Angola é um país que possui um subsolo rico em recursos minerais onde muitos dos recursos minerais não renováveis são utilizados no comércio mundial, tais como: petróleo, diamantes, gás natural, substâncias betuminosas, ferro, cobre, ouro e rochas ornamentais etc. Depois do petróleo, os diamantes constituem o principal produto que Angola exporta. As principais reservas estão localizadas no Nordeste do país, região onde o produto ocorre em abundância.

A exploração diamantífera em Angola, teve início no século XIX. A guerra civil e o garimpo generalizado dificultaram largamente a actividade de exploração e criaram sérios obstáculos à prospecção de depósitos aluvionares. A situação dificultou a prospecção de novos depósitos primários e secundários de diamante no NE de Angola, causando um défice no aumento das reservas provadas.

Segundo Moisés (2006), a Formação Calonda é um dos tipos de formação geológica mais importante no nordeste de Angola. Trata-se de uma formação sedimentar de idade do Cretácico médio. A sedimentação é resultado do enchimento das grandes depressões dos vales limitados por falhas tectónicas. Esta formação foi definida pela primeira vez por Andrade (1953) e é de admitir a sua ocorrência noutras áreas do território angolano. A Formação Calonda é a formação geológica do Nordeste de Angola que apresenta um grande potencial diamantífero, mas devido as elevadas espessuras de estéril que as cobrem, torna difícil a sua exploração levando as empresas de mineração com direitos de concessão a abandonar estes depósitos diamantíferos, mesmo sabendo que contêm teores elevados de diamantes.

Os objectivos deste trabalho são dar uma nova visão tecnológica na exploração dos diamantes provenientes dos depósitos secundários, aumentando a produtividade e dinamizando a mineração da Formação Calonda. A utilização do BWE é uma das peças fundamentais na dinamização da produção de diamantes provenientes de depósitos secundários.

**Palavras-chave:** Angola, Calonda, Economia, Diamantes, Bucket wheel excavator, Escavadora de baldes múltiplos

# POTENCIALITIES OF THE CALONDA FORMATION ON THE NORTHEASTERN PART OF ANGOLA

## ABSTRACT

Angola is a country that has a subsoil rich in mineral resources where many of the non-renewable mineral resources are used in world trade, such as oil, diamonds, natural gas, bitumen, iron, copper, gold and ornamental rocks etc.

After oil, diamonds are the main product exported by Angola. The main reserves are located in the Northeast, the region where the product is in abundance.

In the Northeast, the Angolan diamond business dates from the early nineteenth century. The civil war and widespread mining activity largely hampered exploration and created serious obstacles to prospect for alluvial deposits. The situation hindered the exploration of new primary and secondary diamond deposits in NE Angola, causing a deficit in the increase of proved reserves.

According to Moisés (2006), Calonda Formation is a type of geological formation more important in northeastern Angola. This is an old sedimentary formation from the medium Cretaceous. Sedimentation is a result of the filling of large depressions in the valleys bounded by tectonics faults. This formation was first defined by Andrade (1953) and is to admit its occurrence in other areas of Angola.

The Calonda is the geological formation of the Northeast of Angola that diamond has great potential, but due to high thicknesses of overburden cover that makes it difficult to exploit, leading companies with concession rights to abandon these diamond deposits, even though contain high levels of diamonds.

The objectives of this dissertation are to give a new vision technology in the exploitation of diamonds from the secondary deposits, increasing productivity and improving Calonda mining. The use of BWE is the cornerstone in boosting the production of diamonds from secondary deposits.

**Key words:** Angola, Calonda, Economics, Diamonds, Bucket wheel excavator, Escavadora de baldes múltiplos





## CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

Angola é um País situado na África Austral, e faz fronteira a Norte com a República Democrática do Congo, a Sul com a República da Namíbia, a Oeste com o Oceano Atlântico e a Este com a República da Zâmbia.

Angola possui um subsolo rico em recursos naturais<sup>1</sup>, sendo muitos deles não renováveis, em particular o que iremos abordar ao longo deste trabalho, o diamante. Alguns destes recursos naturais são utilizados no mercado mundial, como por exemplo, o petróleo, o diamante, o gás natural, as substâncias betuminosas, o ferro, o cobre, o ouro e as rochas ornamentais, entre outros.

Depois do petróleo, o diamante constitui o principal produto que Angola exporta. As principais reservas, ou os recursos geologicamente identificados e considerados técnica e economicamente exploráveis, estão localizadas no Nordeste do país, região onde o diamante ocorre em maiores quantidades. Angola é um país com um potencial diamantífero distribuído ao longo de todo o território, porém as principais reservas foram identificadas no Nordeste nas Províncias da Lunda Norte e Sul.

O primeiro diamante foi encontrado em 1912 e somente em 16 de Outubro de 1917 foi criada a Companhia de Diamantes de Angola SARL (DIAMANG), com base em capitais mistos de vários grupos financeiros, nomeadamente de Portugal, Bélgica, França, EUA, Inglaterra e África do Sul.

A exploração de diamantes em Angola teve o seu início em 1917, na região das Lundas, com uma produção de 5.441,63 quilates (qlts). Ao longo dos anos e sob o domínio português, a produção de diamantes foi aumentando, sendo que em 1971, Angola atingiu 2,4 milhões de quilates, colocando o país no 4º lugar entre os maiores produtores mundiais.

---

<sup>1</sup> É um termo muito geral, englobando ao mesmo tempo os jazigos geologicamente provados assim como aquele que simplesmente se supõe a sua existência quer seja economicamente explorável ou não com as tecnologias de mineração actuais e das condições de mercado.

Em 1974, a Diamang SARL definiu, no nordeste de Angola (bacias dos rios Luachimo, Chicapa, Chiumbue Luembe e Cuango), jazigos com reservas provadas que ascendiam a alguns milhões de (qlts) de diamantes, cuja percentagem de jóia era superior a 60% (Monforte, 1988).

Todavia, a guerra pela independência na década de 60 a 70 e logo a seguir à guerra civil que o país viveu na década de 80 a 90, perturbaram gravemente a exploração deste recurso, levando Angola a ocupar o 7º lugar no ranking da produção mundial, com uma produção de 350.000 qlts/ano. Com os acordos de paz e com a entrada em produção do quimberlito de Catoca, Angola voltou a fazer parte do grupo dos cinco maiores produtores mundiais de diamantes.

Actualmente, Angola apresenta uma produção de cerca de 8 milhões de quilates, valor que tem estado em declínio, devido a factores endógenos e exógenos, tais como a crise financeira internacional de 2009, a gestão de recursos humanos, a gestão de recursos minerais, o monopólio na comercialização, a ausência de indústria de apoio ao subsector.

Os diamantes dos aluviões têm a sua origem nos quimberlitos que são a rocha mãe. Esta rocha, devido a vários ciclos de erosão natural, foi submetida a processos de desagregação, transporte e sedimentação. O resultado deste processo foi a deposição de sedimentos contendo diamantes nas grandes bacias, dando origem à conhecida Formação Calonda (FC). Esta formação é composta por detritos diamantíferos e é conhecida como a mais antiga até ao momento em Angola, e funciona como colector intermediário entre os quimberlitos e os depósitos cascalhentos ligados a rede hidrográfica atual (aluviões ou eluviões) (Monforte 1985).

Os depósitos de diamantes em Angola são caracterizados como:

- 1- Depósitos Primários:
  - Quimberlitos.

## 2- Depósitos Secundários:

- leito do rio;
- lezíria;
- terraço;
- colina;
- formação Calonda.

Moisés (2006) caracteriza a FC como a formação geológica de maior interesse económico na mineração dos depósitos diamantíferos secundários do Nordeste de Angola.

Grande parte da produção diamantífera angolana era proveniente da exploração de depósitos secundários de diamantes, uma vez que os diamantes de depósitos primários começaram a ser explorados simplesmente no ano de 2003, através do quimberlito denominado Catoca.

O presente trabalho de pesquisa é desenvolvido sobre os diamantes da Formação Calonda, visto que os longos anos de mineração desse recurso convidam o órgão reitor do subsector dos diamantes a olhar com outra perspectiva a mineração dos depósitos secundários, dado que a mineração dos depósitos primários é ainda incipiente em Angola.

O trabalho de pesquisa incidirá na busca de soluções técnicas e económicas para a mineração da FC.

### **1.1 Identificação do Problema**

No início da exploração de diamantes em Angola, a remoção do estéril era feita manualmente com pá. À medida que o tempo foi passando, foram introduzidos alguns meios mecânicos e hidráulicos mais evoluídos, dispensando assim a utilização de grande parte dos trabalhos manuais. No ano de 1975, a remoção de estéril passou a ser toda ela efectuada por processos mecânicos aumentando drasticamente os volumes de estéril removido. Contudo, estes equipamentos, ao longo dos anos, tornaram-se

incapazes de responder às necessidades que as empresas têm para remover grandes quantidades de estéril, levando assim ao abandono de muitas áreas mineralizadas.

Hoje, com a exaustão destas zonas, o subsector dos diamantes em Angola depara-se com um grande problema:

- Fraca capacidade de remoção de estéril em zonas com elevada espessura de estéril.
- Abandono das áreas de concessão por parte das empresas operadoras.

## **1.2 Objectivos**

Com esta dissertação pretende-se mostrar o potencial diamantífero da FC, e analisar a sua viabilidade económica com a introdução de tecnologia pesada para a remoção do estéril, bem como os benefícios da sua exploração para o crescimento económico do país.

Assim, esta dissertação tem, como objectivo geral, uma nova visão tecnológica para a redução dos custos de exploração e dinamizando a mineração da FC.

Para alcançar o objectivo principal, será necessário ter os seguintes objectivos específicos:

- Releva a importância da produção diamantífera para Angola.
- Quantificar e avaliar o potencial diamantífero da FC.
- Seleccionar os novos equipamentos de remoção do estéril.

## **1.3 Razões da escolha do tema**

De forma genérica podemos dizer que, analisados os factores tecnológicos e económicos que concorrem actualmente para a mineração dos jazigos secundários no Nordeste de Angola, tendo em conta a abordagem feita na identificação do problema, o presente estudo de investigação não só é fundamental no momento actual, como pode abrir pistas que ajudarão a minimizar muitos dos problemas de que enferma o subsector dos diamantes de Angola.

Entre esses problemas pode-se referir:

- Custos operacionais elevadíssimos.
- Baixa produtividade dos equipamentos.
- Baixo rendimento das minas.
- Abandono de grandes áreas com baixo teor.

Em termos pessoais, sendo a minha área de trabalho no campo da indústria diamantífera, a realização desta investigação concorre de forma marcada com os meus interesses profissionais, aumentando a minha motivação e interesse.

#### **1.4 Organização do trabalho**

O presente trabalho foi estruturado de acordo com a seguinte divisão de capítulos:

Capítulo I – Enquadra o estudo, relewa os objectivos, salienta a importância do tema.

Capítulo II – Neste capítulo faz-se uma breve caracterização da produção de diamantes, abordando os diamantes como recurso não renovável, o mercado global dos diamantes, o mercado Angolano dos diamantes e a importância dos diamantes para a economia e a sociedade angolana.

Capítulo III – Faz um resumo sobre geologia da formação Calonda, mencionando a sua relação com os depósitos secundários assim como a sua formação e idade geológica. Aborda ainda a localização geográfica desta no país, a génese, a sua litologia e composição. Ressalta também as reservas disponíveis por área mineira. O capítulo finaliza com os principais estrangulamentos na mineração da FC.

Capítulo IV – Neste capítulo, propomos uma nova forma de extração da FC, com a finalidade de aumentar a recuperação diamantes provenientes dos jazigos secundários.

Capítulo V – Desenvolve as conclusões obtidas, tendo em conta os objectivos propostos.

## CAPÍTULO II - A PRODUÇÃO DE DIAMANTES NA PERSPECTIVA DE RECURSO NATURAL

Neste capítulo fazemos uma breve caracterização da produção de diamantes, abordando os diamantes como recurso não renovável, o mercado global dos diamantes, o mercado Angolano dos diamantes e a importância dos diamantes para a economia e a sociedade angolana.

### 2.1 Os diamantes como recurso natural não renovável.

O diamante é um recurso natural esgotável e encontra-se entre os recursos naturais mais apreciados e valorizados do mundo. A quantidade do stock deste mineral na natureza é uma função decrescente da taxa de utilização do mesmo, ou seja, não é reproduzível. No entanto, o número de jazigos em exploração pode aumentar, caso haja descobertas de novos jazigos ou, porque certos jazigos se tornam economicamente exploráveis dependendo das condições do mercado.

As reservas de diamantes disponíveis a nível mundial ainda são pouco conhecidas, em muitos casos por razões económicas e de segurança, em outros por falta de estudos geológicos apropriados para a sua quantificação. A Tabela 1 mostra os dados disponíveis dos principais países com reservas de diamantes, que são: a República Democrática do Congo, o Botswana, a Austrália e a África do Sul.

**Tabela 1 - Reserva mundial de diamantes em 2007 (Milhões de quilates)**

<b>Países</b>	<b>2007</b>	<b>% Total</b>
Brasil	103	7,6
África do Sul	150	11
Austrália	230	16,9
Botswana	230	16,9
China	20	1,5
Congo	350	25,8
Rússia	65	4,8
Outros Países	210	15,5
<b>TOTAL</b>	<b>1.358</b>	<b>100</b>

Fonte: Danese e Carlotto (2010).

Os países que possuem reservas provadas de diamantes, na sua maioria, não publicam os dados referentes a essas reservas. Como exemplo, a Rússia anunciou em Setembro 2012 possuir uma reserva gigantesca de diamantes descoberta na década de 70. Segundo a agência de notícias Russa *ITAR-TASS*, cientistas soviéticos, por volta dos anos 70, fizeram a descoberta dessa reserva na cratera de *Popigai*, que foi o resultado do choque de um enorme asteroide caído na Sibéria há 35 milhões de anos. A cratera, com mais de 100 quilómetros, teve apenas 0,3 por cento de seu total examinado. E com isso já se estabeleceu que ela possui mais de 147 bilhões de quilates de diamante. O total deve chegar a vários triliões, segundo *Nikolai Pokhilenko* do Instituto de Geologia e Mineralogia *Sobolev*. Isto significa que sozinha a cratera tem mais diamantes do que todas as outras reservas mundiais somadas. Na época em que esta reserva foi encontrada, a produção dos diamantes sintéticos na Rússia encontrava-se em alta, talvez seja o motivo pelo qual não tenha sido anunciado na altura.

A produção de diamantes sintéticos já é nos dias de hoje uma actividade económica relevante em muitos países, mas esses diamantes são essencialmente utilizados para fins industriais. Entre os maiores destaca-se a República da China e a Rússia.

Em Angola, por falta de estudos geológicos contínuos, ainda não se conhece o potencial diamantífero existente no seu subsolo. Algum conhecimento é obtido a partir de trabalhos geológicos por parte de algumas empresas que investem no subsector dos diamantes. Os trabalhos de prospecção efectuados por estas empresas é ínfimo quando comparado com a imensa extensão do território de Angola.

## **2.2 Oferta e Procura Mundial de Diamantes**

A procura e a oferta de diamante é feita para dois mercados distintos: o mercado dos diamantes para fins industriais e o mercado dos diamantes para jóias. No mercado dos diamantes para fins industriais domina a produção de diamantes sintéticos (97%), enquanto no mercado dos diamantes para jóias domina a produção de diamantes naturais.

O valor dos diamantes naturais varia com a sua pureza, cor e lapidação (proporção entre ângulos e facetas). Na valorização do diamante há que ter em conta os cinco c, as regras que no mercado devem ser exigidas a um diamante: quilate que determina o peso; cor que varia entre rosa, amarelo, rubi, azul ou transparente; claridade que atesta a pureza; corte que consiste na lapidação e polimento; e o certificado de origem que deve ser exigido por todo o comprador.

O mercado dos diamantes naturais é dominado por um conjunto de grandes empresas das quais se destacam as empresas ALROSA, BHP, Rio Tinto e De Beers, que produzem e comercializam a grande maioria dos diamantes no mundo. Estas empresas actuam como líderes de mercado, existindo no entanto, muitos outros pequenos produtores que actuam como seguidoras das decisões de preço destas empresas maiores.

Nesta perspectiva, o mercado dos diamantes é um oligopólio em que 5 empresas controlam cerca de 90% do mercado, sendo que duas delas, a De Beers e Alrosa, controlam 86% do mercado. Como podemos ver através da Tabela 2, a empresa De Beers foi dominante, com cerca de 45% do mercado em valor no ano de 2011. Globalmente o mercado entre 2010 e 2011 embora tenha diminuído a produção em quantidade em cerca de 3% , o seu valor aumentou em cerca de 26%.

**Tabela 2 - Produção de diamantes por empresa em 2010 e 2011**

Empresas	Produção 2010			Produção 2011			2011 Participação Valor %	2010 -2011		
	USD *1000	Qlt* 1000	USD/qlt	USD *1000	Qlt* 1000	USD/qlt		USD (%)	qlt (%)	USD/qlt (%)
DeBeers	5 082	33	154	6 473	31	207	45	27	-5	34
Alrosa	2 895	34	84	4 461	35	129	31	54	1	53
BHP	945	3	326	940	2	455	7	-1	-29	40
RioTinto	682	14	49	727	12	62	5	7	-15	25
ZMDC	322	8	40	407	8	50	3	26	1	25
Outras	1 474	36	41	1 392	36	38	10	-6	0	-6
<b>Total</b>	<b>11 400</b>	<b>128</b>	<b>89</b>	<b>14 400</b>	<b>124</b>	<b>116</b>	<b>100</b>	<b>26</b>	<b>-3</b>	<b>31</b>

Fonte: Rapaport (2013)

Os dados sobre a produção, consumo, importação e exportação de diamantes variam muitas vezes com as fontes utilizadas e no que diz respeito à produção se essas fontes contabilizam a produção artesanal dos diferentes países. Vamos referir duas fontes: os dados do processo de Kimberly que incluem a produção artesanal e os dados do US Geological Survey 2013.

Com base nos dados do processo de Kimberley, Tabela 3, verificamos que os maiores produtores em volume são a Rússia, RD Congo, Botswana, Canada, Zimbábwe e

Angola. A posição de cada um dos países varia de ano para ano, consoante as condições de exploração e do mercado mundial.

**Tabela 3 - Principais produtores de diamantes (2009 à 2011)**

Países	2009	%	Países	2010	%	Países	2011	%
	Quilates*1000			Quilates*1000			Quilates*1000	
Rússia	34 759	28,9	Rússia	34 859	27,1	Rússia	35 139	28,6
R D do Congo	21 298	17,7	Botswana	22 098	17,2	Botswana	22 905	18,6
Botswana	17 734	14,8	R D do Congo	20 188	15,7	R D do Congo	19 249	15,7
Austrália	15 605	13,0	Canada	11 804	9,2	Canada	10 795	8,8
Canada	10 946	9,1	Austrália	9 976	7,8	Zimbabwe	8 503	6,9
<b>Angola</b>	9 238	7,7	Africa do Sul	8 863	6,9	<b>Angola</b>	8 329	6,8
Africa do Sul	6 135	5,1	Zimbabwe	8 435	6,6	Austrália	7 830	6,4
		0,0	<b>Angola</b>	8 362	6,5	Africa do Sul	7 045	5,7
Outros	4 502	3,7	Outros	3 834	3,0	Outros	3 035	2,5
<b>Total</b>	<b>120 217</b>	<b>100,0</b>	<b>Total</b>	<b>128 419,00</b>	<b>100,0</b>	<b>Total</b>	<b>122 828</b>	<b>100,0</b>

Fonte: <https://kimberleyprocessstatistics.org>

Com base na estatística da U.S. Geological Survey (2013), Tabela 4, o maior produtor mundial de diamante é a Botswana com 24 milhões de quilates, seguido da Rússia com 18,5, o Canada com 10,5, Angola com 7,2, a República Democrática do Congo, com 3, a África do Sul com 2,8 e Namíbia com 1,4.

**Tabela 4 - Produção mundial de diamantes naturais**

Países	2011		2012	
	Quilates*1000	% Total	Quilates*1000	% Total
Botswana	22 900	32,7	24 000	33,7
Rússia	17 800	25,5	18 500	26
Canada	10 800	15,4	10 500	14,7
<b>Angola</b>	<b>7 500</b>	<b>10,7</b>	<b>7 200</b>	<b>10,1</b>
R D do Congo (Kinshasa)	3 900	5,6	3 900	5,5
África do Sul	2 800	4	2 800	3,9
Namíbia	1 130	1,6	1 400	2
Lesoto	450	0,6	450	0,6
Serra Leoa	280	0,4	300	0,4
República Centro Africana	240	0,3	200	0,3
Gana	240	0,3	180	0,3
Guiné Conackri	230	0,3	200	0,3
China	100	0,1	100	0,1
Austrália	86	0,1	70	0,1
Tanzânia	51	0,1	51	0,1
Guiana	50	0,1	50	0,1
Brasil	25	0,04	25	0,04
Outros países	1 350	1,9	1 350	1,9
<b>Total</b>	<b>69 932</b>	<b>100</b>	<b>71 276</b>	<b>100</b>

Fonte: US Geological Survey (2013).

Actualmente, cerca de metade da produção global de diamantes vem de África, sendo que o maior consumidor é os Estados Unidos da América que absorve 48% da produção deste precioso mineral (Figura 1). Em África, a oferta de diamantes brutos ronda os 158 mil milhões de dólares por ano, resultantes de cerca de 1,9 mil milhões de quilates, o que equivale a 75 % da produção mundial, salientou Manuel Africano em 2006.

No ranking dos maiores produtores, Angola ocupou em 2009 o sexto lugar correspondente a 7,7% da produção mundial em volume e, em 2010, devido à baixa de produção e à redução do preço do diamante no mercado mundial, causado pela crise internacional, Angola passou a ocupar o oitavo lugar, correspondente a 6,5% da produção mundial de diamantes em volume, voltando a readquirir a sexta posição em 2011 com 6,7% (Tabela 3).

Os diamantes produzidos em Angola apresentam uma melhor qualidade e têm uma melhor cotação no mercado, quando comparados com os diamantes produzidos na República Democrática do Congo. Em 2011, Angola arrecadou com a venda de 8 329 milhões de quilates, cerca de 1 162 milhões de USD, enquanto a República Democrática do Congo arrecadou 179,6 milhões de USD com uma produção de 19 249 milhões de quilates (Tabelas 3 e 5).

Os maiores produtores mundiais em valor são o Botswana, Rússia, Canadá, África do Sul e Angola (Tabela 5). No entanto, o valor unitário dos diamantes é maior para o Canadá, África do Sul, Botswana, Angola e Rússia. A rubrica outros apresenta um valor elevado, 497,5 USD/Quilate, por incluir os diamantes de países com uma produção reduzida mas de alto valor comercial, como o Lesoto (1 602 USD/Quilate), a Namíbia (695 USD/Quilate), a Libéria (386 USD/Quilate) e a Serra Leoa (348 USD/Quilate).

Tabela 5 - Valor da produção mundial de diamantes em 2011

Países	USD*1000	% Total	USD/Quilate
Botswana	3 902 116	27,7	170,4
Rússia	2 674 714	19	76,1
Canada	2 550 875	18,1	236,3
África do Sul	1 388 679	9,9	197,1
<b>Angola</b>	<b>1 162 625</b>	<b>8,3</b>	<b>139,6</b>
Zimbabwe	476 219	3,4	56
Austrália	220 720	1,6	28,2
R D do Congo	179 609	1,3	9,3
Outros	1 509 690	10,7	497,5
<b>Total</b>	<b>14 065 247</b>	<b>100</b>	<b>114,5</b>

Fonte: <https://kimberleyprocessstatistics.org>

A Figura 1 mostra-nos claramente que a produção de diamantes está localizada nos países que apresentam níveis de desenvolvimento mais baixo e mais pobres, muitas vezes em áreas de conflitos, causando guerras civis e conflitos intermináveis. O destino principal dos diamantes extraídos vai para os países mais desenvolvidos ou mais ricos. A procura de diamantes está concentrada nos EUA com 48%, e na Europa, Ásia, Japão e Médio Oriente com 10% cada.

Figure 1 - Maiores reservas, produtores e consumidores mundiais



Fonte: [www.leonardobrum.com.br](http://www.leonardobrum.com.br)

Legenda: Azul - Maiores Produtores (% da produção mundial); Amarelo - Maiores Consumidores (% do consumo mundial); Vermelho - Países com reservas de diamantes.

Os principais países importadores de diamantes naturais que, estão em primeiro plano com mais de 10% das importações totais, são a comunidade europeia, a Índia e Israel e num segundo plano os Emirados Árabes Unidos, China, Suíça e Estados Unidos da América (Tabela 6).

**Tabela 6 - Importação de diamantes em valor por Países (2008 e 2011)**

2008			2011		
País	USD* 1000	% Total	País	USD* 1000	% Total
União Europeia	14 507 531	37,50	União Europeia	18 562 656	36,30
Índia	9 591 556	24,80	Índia	14 279 716	28,00
Israel	5 357 613	13,90	Israel	5 324 885	10,40
China	2 331 180	6,00	Emirados Árabes Unido	3 750 099	7,30
Emirados Árabes Unido	2 155 663	5,60	China	3 156 796	6,20
Suíça	1 560 438	4,00	Suíça	2 173 326	4,30
Outros	3 171 797	8,20	Estados Unidos América	836 046	1,60
<b>Total</b>	<b>38 675 778</b>	<b>100,00</b>	Botswana	735 603	1,40
			Outros	2 257 994	4,40
			<b>Total</b>	<b>51 077 121</b>	<b>100,00</b>

Fonte: <https://kimberleyprocessstatistics.org>

Relativamente às exportações, os dados da Tabela 6 para o ano de 2008 incluem somente os países que fizeram parte do relatório do processo de Kimberley, ao passo que para 2011 são incluídos todos os países. Para este último ano, as exportações são dominadas pela União Europeia, Emirados Árabes Unidos, Botswana, Israel Rússia e Canadá.

**Tabela 7 - Exportação de diamantes em valor por Países (2008 e 2011)**

2008			2011		
Países	USD*1000	%Total	Países	USD*1000	%Total
Angola	995408,42	53,8	Comunidade Europeia	1854248,95	35,5
RD Congo	551879,60	29,8	Emirados Árabes Unidos	5911225,18	11,3
Serra Leoa	98772,17	5,3	Botswana	4792509,81	9,2
Guiné	66705,27	3,6	Israel	4418942,87	8,5
Líbano	48775,33	2,6	Rússia	3811238,48	7,3
Guiana	31790,62	1,7	Canadá	2679460,36	5,1
Zimbabué	26693,39	1,4	Suíça	2636461,16	5,0
Gana	19959,30	1,1	Índia	1799359,86	3,4
Líbia	9871,03	0,5	África Sul	1870450,02	2,6
RD Congo	1019,71	0,1	Angola	1449702,85	2,2
<b>Total</b>	<b>184974,84</b>	<b>100,0</b>	Estados Unidos América	557665,64	1,1
			Zimbabwe	422926,51	0,8
			Congo	334822,83	0,6
			Austrália	237746,99	0,5
			China	144079,69	0,3
			Outros	376101,33	6,6
			<b>Total</b>	<b>52284942,52</b>	<b>100,0</b>

Fonte: <https://kimberleyprocessstatistics.org>

Segundo Bain & Company, 2011 foi o ano que o mercado mundial dos diamantes retomou o seu brilho. Os grandes produtores de diamantes como a ALROSA, BHP, Rio Tinto, De Beers e outras companhias produziram um total de 124 milhões de quilates correspondente a 15 bilhões USD de diamantes em bruto. Estes correspondem a 24 bilhões USD em diamantes lapidados, que por sua vez são incrustados em jóias, resultando 71 bilhões USD em jóias com diamantes.

Após uma queda considerável na produção de diamantes em 2008 e 2009, devido à crise mundial, a De Beers, uma das maiores empresas diamantíferas a nível do mundo, foi forçada a cancelar algumas das suas minas e teve de recorrer a empréstimos na ordem dos 1 bilhão de USD aos seus principais accionistas, afirma Varda Shine da *Diamond trading Company*.

Apesar das persistentes preocupações sobre a economia global, a indústria de diamantes foi surpreendentemente resistente em 2011. Apesar de parecer que a recessão iria atrasar as vendas de jóias com diamantes, a procura global continuou a crescer. Essa procura está relacionada com o mercado de luxo mais amplo, que desafiou ventos contrários à economia para bater um recorde histórico em vendas em 2011.

O grande crescimento económico da China e da Índia foi responsável pelo crescimento da procura mundial em diamantes. A economia da China cresceu 9% de 2009 a 2011, um crescimento bastante lento comparando com 14% antes da crise mundial, mas ainda assim é mais rápido do que qualquer outra economia. A Índia, por sua vez, cresce a uma taxa de 7%, continuando o seu rápido crescimento. Com o aumento da riqueza destes dois países, a procura de diamantes cresceu drasticamente no mundo.

A Índia é o terceiro maior mercado de jóias com diamantes, com um crescimento de 17%, seguido da China com 18%, sendo que o maior mercado de jóias é os EUA com uma procura superior a 48% (BC e AWDC 2011).

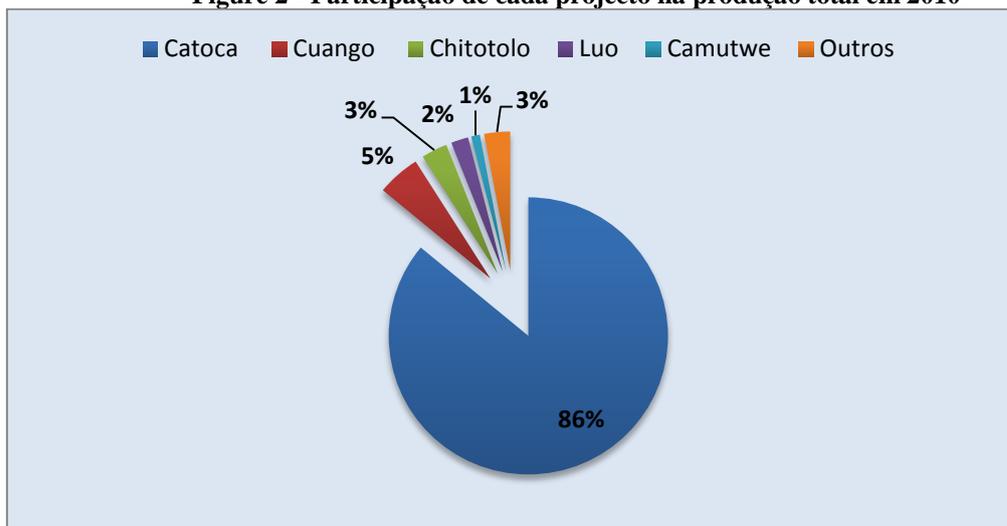
Segundo os especialistas da Bain & Company and Antwerp World Diamond Centre, a procura de diamante irá crescer a uma taxa média anual de 5,9% até 2020, nesta altura a Índia e a China serão responsáveis por 50% da procura mundial. A oferta do diamante em bruto irá crescer a uma taxa média anual de 2,7% até 2020.

### **2.3 A procura e a oferta de Diamantes em Angola**

Os maiores níveis da produção diamantífera em Angola, são provenientes da mineração dos jazigos primários, com 88% da produção total, enquanto os jazigos secundários representam apenas 12% da produção (Figura 2).

Em 2010, o projeto Catoca representou 86% da produção total de diamantes do país e cerca de 65% do volume de negócios do mercado de diamantes, conforme consta do relatório anual da Sociedade Mineira do Catoca e do perfil do sector privado do país (SMC 2010; ADB 2012).

**Figure 2 - Participação de cada projecto na produção total em 2010**



Fonte: SMC (2010)

A produção dos diamantes angolanos ao ano de 2006 era exportada em bruto na totalidade. A partir desta data, com a criação da fábrica de lapidação, aproximadamente 10% dos diamantes produzidos são lapidados em território nacional.

A venda de diamantes produzidos e lapidados em Angola é feita a partir de uma única Empresa, a Sodiam- Sociedade de Comercialização de Diamantes de Angola, SARL. Na sequência da constituição da Sodiam, foi determinada como a única empresa nacional autorizada para venda de diamantes e escolher os compradores preferenciais que neste caso são fixos.

Os principais países de destino dos diamantes brutos são: Israel, Bélgica, Dubai e China.

Não é conhecida a quantidade de diamantes lapidados, portanto torna-se difícil quantificar o consumo de diamantes para joias no mercado nacional, que *a priori* se sabe existir ainda para um grupo social bem restrito.

Quanto ao diamante industrial, o mercado Angolano já consome uma grande quantidade, mas ainda é todo importado como produto acabado, nas ferramentas de corte, máquinas industriais etc..

O subsector do diamante em Angola, está a passar por um período bastante delicado uma vez que as maiores produtoras fecharam as suas actividades mineiras devido à crise financeira mundial. Porém, na sua estratégia de reavivar o subsector, a Endiama E. P. identificou novas áreas para implementação da actividade de Investigação Geológico Mineiro (IGM) em todo o território nacional, com o objetivo de aumentar quantitativa e qualitativamente o grau de conhecimento das ocorrências minerais.

Perspectivam-se ainda acções que visam o aumento dos níveis de produção e de receitas, com relançamento da produção nas minas paralisadas, melhoria da capacidade de gestão das minas e redução dos custos operacionais a curto prazo, (www.endiama.ao).

Segundo estimativas, prevê-se um aumento da produção actual de 8 milhões de quilates para 12,8 milhões de quilates em 2014 e uma receita de 179,2 milhões de kwanzas. (www.angola embassy.org.il/documents/37anosPT.pdf).

Angola faz parte do grupo de países com reservas substanciais de diamantes e que viveu um longo período crítico com guerra civil intensa principalmente nas zonas diamantíferas. A Figura 3 ilustra o garimpo a que as áreas de concessões de diamantes foram submetidas durante o período de guerra civil.



Fonte :<http://comunidade.sol.pt/photos/antoniorbtavares>

Embora a produção de diamantes em Angola esteja em declínio devido a vários factores, já anteriormente mencionados, Charles Skinner, presidente executivo de operações de prospecção da multinacional De Beers, no âmbito do Fórum Internacional de Investimentos Mineiros em 2009, demonstrou convicção de que Angola tem potencial para ser o maior produtor de diamantes do mundo. (revista Angola Minas, 2012).

#### **2.4 A importância socioeconómica dos diamantes em Angola**

Terminada a guerra civil em 2002, abriram-se as possibilidades de aumentar a exploração de diamantes em Angola, atraindo investimentos de empresas como a De Beers e a russa Alrosa.

Angola, sendo uma das maiores potências mundiais de diamantes, possui enormes depósitos aluvionares e centenas de chaminés de quimberlitos. Os quimberlitos em exploração situam-se em Catoca, em Luô (Camatchia) e Lucapa (Camutuê). A erosão das principais intrusões quimberlíticas, devida ao curso das águas dos rios que atravessam o território, criou extensos depósitos aluviais.

A empresa estatal de diamantes, Empresa Nacional de Diamantes de Angola E.P. (ENDIAMA), no âmbito da Lei dos Diamantes nº16/94 detém o “direito exclusivo de prospectar, pesquisar, reconhecer, explorar, tratar e comercializar diamantes em todo o território”, sendo responsável pelo desenvolvimento de parcerias com empresas internacionais na área da prospeção de diamantes e parceira em todos os empreendimentos diamantíferos no país.

As subsidiárias da Endiama incluem a Sociedade de Comercialização de Diamantes de Angola (SODIAM), responsável pelo marketing, venda e comercialização de todos os diamantes produzidos em Angola; a Endiama Prospecção e Produção S.A.R.L., responsável por todas as participações da Endiama nas áreas de exploração e prospecção; e a Enditrade, responsável por todo o transporte e logística.

A Sociedade Mineira de Catoca Lda (SMC), fundada em 1995, é a produtora líder de diamantes em Angola, situada na província de Lunda-Sul. A SMC é uma *joint-venture* entre a Endiama (32,8%), a sociedade anónima Almazy Rossii-Sakha (ALROSA) da

Rússia (32,8%), a Odebrecht Mining Inc. do Brasil (18,4%) e o Grupo Leviev de Israel (16%). Esta é uma mina quimberlítica e é a quarta maior mina de diamantes do mundo. Existem outras empresas produtoras de diamantes em Angola, com volumes de negócios inferior aos da SMC, que são as empresas aluvionares.

Parte destes depósitos aluvionares são explorados por mineradores artesanais. Estes são alvo de uma cláusula simbólica na Lei dos Diamantes de 1994 – só é permitido aos garimpeiros trabalharem legalmente se conseguirem uma licença e apenas nas áreas especificamente designadas para a exploração artesanal. Em 2000, eram 300.000 os garimpeiros estimados pelas várias regiões de Angola que produziam à volta de 1,3 milhões de quilates. Já em 2006, essa produção baixava para 1,18 milhões de quilates, ou seja menos 17% que em 2000, e para 736.000 quilates em 2008, devido não só às fortes medidas de controlo do garimpo implementadas após a cessação do conflito armado, mas também à queda dos preços (Revista anual da indústria de diamantes, 2007 e 2009). No sector oficial, a redução da produção não tem sido tão grande, tendo-se obtido uma produção de 8,18 milhões de quilates em 2008, correspondendo a uma quebra de 5%.

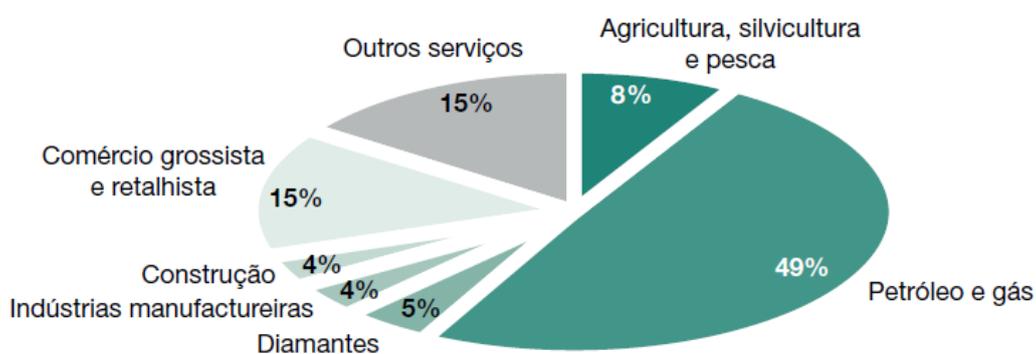
De acordo com Rodrigues e Tavares (2012), após o fim do conflito armado em 2002 houve um crescimento nas áreas de produção de diamantes. Hoje em dia, a indústria mineira do diamante é constituída por operações mineiras de larga escala e por escavações não oficiais feitas por pequenos grupos de garimpeiros em locais fora do controle do estado e das companhias mineiras. Os empregos registaram uma expansão nas minas formais e actividades associadas, sendo este crescimento bem mais discreto nas actividades de garimpo.

Ainda segundo a mesma fonte, as Lundas estão altamente dependentes do investimento em infraestruturas das companhias mineiras. As grandes minas do sector oficial atraem migração. Já no que toca ao garimpo informal, a principal fonte de mão-de-obra destas minas artesanais é local ou de outras províncias angolanas, bem como dos países vizinhos e do oeste de África.

As minas de diamantes são a segunda maior fonte de receitas de exportação (cerca de 10% do total) (BAD e OCDE 2005). A economia Angolana depende fortemente das suas exportações de recursos naturais, importando a maioria dos bens de consumo.

O sector dos diamantes contribuiu em 2003 com 5% para o PIB (Figura 4). Mas esta contribuição para a riqueza do país tem vindo a diminuir como consequência do relançamento da actividade económica dos outros sectores de actividade com destaque para a agricultura, construção e serviços. No final da década, podemos ver que os diamantes contribuem somente com menos de 1% do PIB (Tabela 8). Todos os dados apontam para que a produção de diamantes cresça no futuro, fruto da descoberta de novos jazigos primários e da exploração dos jazigos secundários com a utilização novas tecnologias de remoção.

Figure 4 - Participação do sector dos diamantes no PIB em 2003



Fonte: adaptado de BAD/OCDE, 2005

Tabela 8 - Composição do PIB de Angola (%)

Sectores Produção	2009	2010	2011	2012
Agricultura, Silvicultura e Pesca	10,4	10,1	10,2	12,2
Petróleo e Gás	45,6	45,6	46,6	38,8
<b>Diamantes</b>	0,9	1	0,8	0,9
Indústria	6,2	6,3	6,5	7,3
Electricidade	0,1	0,1	0,1	0,2
Construção	7,7	8,1	7,9	8,9
Serviços	21,2	21	20,4	23,3
Outros	7,8	7,4	7,4	8,1

Fonte: ADB 2012

## **CAPITULO III - EXPLORAÇÃO DE DIAMANTES EM ANGOLA E OS FACTORES DE ESTRANGULAMENTO**

Neste capítulo abordar-se-á, sucintamente, a geologia dos diamantes em Angola, aludindo às várias teorias sobre a génese da Formação Calonda, para de seguida caracterizarmos esta Formação no que respeita à sua génese e reservas. Referiremos também a exploração de diamantes de origem aluvionar. O capítulo termina com os factores de estrangulamento na produção de diamantes da Formação Calonda, evidenciando o problema da fraca capacidade técnica na remoção do estéril, e importância da introdução de uma nova tecnologia para o efeito.

### **3.1 A Geologia dos Diamantes em Angola**

O quimberlito é a rocha hospedeira do diamante. Trata-se de uma rocha da família dos peridotitos micáceos, contendo nódulos do tipo das rochas ultrabásicas e apresenta na sua composição minerais de alta pressão, evidenciando a sua formação a profundidades de 200 a 300 Km da crosta terrestre. Os principais constituintes destas rochas são a olivina, a flogopite e as serpentinas, apresentando inclusões de xenólitos, nódulos ultramáficos e, em alguns casos diamantes.

É unânime por parte dos cientistas, afirmar-se que os diamantes se formaram a elevadas profundidades da crosta terrestre e foram posteriormente transportados até a superfície pelos quimberlitos durante a sua erupção magmática. A figura 5 mostra-nos o quimberlito Catoca

**Figure 5 - Quimberlito Catoca**



Fonte: [www.catoca.com](http://www.catoca.com)

Monforte (1985) afirma que os quimberlitos, em Angola, datam do Cretácico médio, embora existam no Continente Africano quimberlitos pré-câmbricos.

A erosão dos quimberlitos por intemperismos naturais, libertou os diamantes, e estes foram depositados nos conglomerados da FC.

Gouveia *et al.* (1993) designaram a FC como um conjunto de depósitos englobados no ciclo cretácico cuja importância prática é grande, pois constituem as camadas diamantíferas mais antigas, até agora conhecidas. Os mesmos autores discutem as várias teorias sobre a génese da FC, mais especificamente, em relação à área de distribuição dos seus conglomerados basais, entre elas:

- 1- Teoria do Conglomerado-Base – defende que a FC é um conglomerado de extensão generalizada, tendo invadido toda a região da Lunda. Na sua progressão contínua e difusa, distribuiu os diamantes fornecidos pelas rochas-mãe, a maior parte delas muito longínquas.
- 2- Teoria do Run ou do Delta – o conglomerado basal da FC é mal classificado, de extensão linear ou triangular, mas também com grande área de dispersão, depositado por uma corrente intermitente que correu de Sul para Norte e terminando em forma de delta.
- 3- Teoria Lucapa – defende que a extensão dos conglomerados basais é muito reduzida, não se tendo depositado a mais de 5 km das fontes primárias donde provieram os seus diamantes.

Monforte (1985) assume que os depósitos secundários detríticos podem encontrar-se directamente relacionados com a rede hidrográfica actual ou dela ser independente. Estes depósitos independentes localizam-se no primeiro colector detrítico de diamantes, isto é, nos conglomerados basais da Formação Calonda, que é a formação detrítica contendo diamantes mais antiga existente em Angola. Esta formação, quando se encontra à superfície, pode originar eventualmente depósitos aluvionares de vertente.

Monforte (1985) classifica os jazigos relacionados com a rede hidrográfica actual como:

- Depósitos de terraço.
- Depósitos do fundo dos rios.
- Depósitos de planícies aluviais.

- Depósitos das margens e ilhas.
- Depósitos do leito dos cursos de água.
- Depósitos de vertentes.
- Mantos de cascalhos plio-pleistocénicos.
- Formação Calonda.

Estes depósitos são, na sua maioria, constituídos por blocos de quartzitos Luana, elementos evóides, ou elipsoidais de quartzo, ágatas zonares e certos calhaus de conformação eólica, com excepção do manto de cascalho pliocénio não entra na sua composição blocos de quartzitos Luana.

Dada a multiplicidade de jazigos minerais, impõe-se proceder a sua classificação, de modo a definirem-se tipos ou categorias que sejam facilmente referenciados e identificados. A figura 6 mostra o desvio do rio Cuango Preparado para a exploração.

**Figure 6 - Desvio do rio Cuango**



Fonte: Relatório anual projecto Cuango (2000)

A classificação está relacionada com as características intrínsecas dos referidos depósitos, entre elas:

- O teor – este diminui, quando o diamante passa do colector principal (formação Calonda) para as eluviões e depois as aluviões e, mais acentuada se torna esta diminuição do teor quando passa das aluviões antigas para as mais recentes.
- A regularidade na distribuição das concentrações diamantíferas.
- A extensibilidade – Os depósitos de maior extensão em Angola são os que se relacionam directamente com a Formação Calonda. Os depósitos ligados aos

plio-pleistocénicos e os depósitos de planícies aluviais muitas vezes apresentam vastas extensões. Os outros tipos de depósitos têm comparativamente menor área de representação.

A classificação dos depósitos minerais dá-nos um conhecimento adequado dos mesmos permitindo traçar planos de trabalhos essenciais à elaboração de estratégias de exploração e à avaliação de jazigos.

Já Moisés (2003) classifica os depósitos secundários como:

- Depósitos de colina.
- Depósitos de vertente.
- Depósitos de terraço.
- Depósitos de Lezíria.
- Depósitos de rio.

A FC nas Lundas aflora em relação aos cursos de todos os rios da região Lunda, de modo imediato, directo ou nos antigos cursos dos rios, embora na maioria dos casos elas se apresentem independentes à rede hidrográfica actual, (Moisés, 2003).

Vários autores, entre eles Monforte e Moisés, concordam que a deposição da FC tenha ocorrido em grandes extensões, cobrindo a maior parte da região da Lunda. Esta deposição está relacionada com o estreitamento e caracterização de múltiplos factores em jogo, entre eles fisiológicos, climáticos e tectónicos. A FC foi depositada devido a uma série de movimentos diferenciados de fracturação acompanhados de vulcanismo.

Pereira *et al* (1980) mencionam as unidades sedimentares portadoras de diamante, com especial destaque para a FC do Grupo Cuango, Grupo Kalahari e depósitos eluvio-aluviais do Quaternário que, em fases sucessivas, colectam e redistribuem o diamante. Faz ainda um balanço crítico e realça as consequências económicas que impendem sobre os jazigos de diamante de Angola, primários e secundários, nas vertentes da sua potencialidade e perspectivas para o futuro.

### **3.2 Formação Calonda, Geologia e Reservas**

Os depósitos secundários estão relacionados com a F C, constituída por um conjunto de depósitos gressosos e conglomeráticos, com intercalações de argilitos, diamantíferos,

formando os seus sedimentos as camadas detríticas diamantíferas mais antigas, até agora conhecidas.

Os principais jazigos secundários de diamantes em Angola encontram-se localizados a NE, na província da Lunda Norte (Fig.7). Estes encontram-se subdivididos da seguinte forma:

1- Os relacionados com a actividade antiga dos cursos de água:

- Depósitos de terraço.
- Depósitos de planícies aluvionares.

2- Relacionados com a actividade atual dos cursos de água:

- Depósitos das margens e ilhas.
- Depósitos do leito do rio.

Os diamantes de aluviões são frequentemente encontrados nos depósitos secundários de FC que é a formação geológica que aloja os diamantes provenientes da erosão dos quimberlitos. Em Angola, FC é a formação geológica que apresenta um enorme potencial diamantífero, mas devido as elevadas espessuras de estéril que as cobrem, torna difícil a sua exploração levando muitas vezes as empresas de mineração a abandonar estes depósitos diamantíferos, mesmo sabendo que contêm teores elevados de diamantes.

**Figure 7 - Mapa de Angola com identificação da zona diamantífera**



©1992 Magellan Geographix, Santa Barbara CA (800) 929-4627

Fonte: Magellan Geographix, 1992

A deposição das camadas da FC, segundo Monforte (1985), deve ter ocorrido em grandes extensões, cobrindo a maior parte da região da Lunda. Esta formação foi claramente localizada e identificada, nos interflúvios de todos os rios da província da Lunda e também na bacia do Cuango nos rios Uamba, Lucula, Lulo, Cacolo, etc. Esta aflora em relação aos cursos de todos os rios da região, de modo imediato, directo ou nos antigos cursos dos rios, embora na maioria dos casos elas se apresentem independentes à rede hidrográfica actual.

### **3.2.1 Génese e Características Gerais da Formação Calonda**

#### Génese

As condições genéticas da Formação Calonda explicam-se pelo estreitamento e caracterização de múltiplos factores em jogo, entre eles fisiológicos, climáticos e principalmente tectónicos, (Boletim dos Serviços de Geologia e Minas, 1971).

Uma série de movimentos diferenciados de fracturação acompanhados de vulcanismo (injeções de quimberlitos), representaria, no conjunto uma fase de sobrelevação com a formação de arqueamentos, falhas radiais, *horts* e *grabens*.

Com esta fase de sobrelevação se relaciona a deposição da Formação Calonda, em planícies em descarregamentos tumultuosos e intermitentes do material aluvionário, num clima semi-árido a árido.

#### Composição

Esta formação é composta por material de origem diversa, sendo os mais grosseiros arrastados pelos movimentos torrenciais responsáveis pela génese da formação e os mais finos provêm da usura sofrida pelas margens. Portanto, litologicamente esta formação apresenta a seguinte composição:

- Conglomerados na base, que são de idade Cretácica e foram depositados numa enorme peneplanície, com ondulações importantes e bruscas em relação com um clima caracterizado por chuvas raras e concentradas.
- Camadas vermelhas gresso argilosa.

- Grés de cor variadas.
- Intercalações de argelitos vermelhas ou acastanhados.
- Horizontes conglomeráticos.
- Grés violetas e rochas silicificadas no topo.

A FC apresenta uma continuidade de aspectos sedimentativos, com uma constância de fácies sobre enormes extensões, indicando que os processos de sedimentação das fácies foram idênticos. No entanto, o conjunto conglomerático e o conjunto gressoso não se depuseram em todo o lado ao mesmo tempo.

Independentemente da FC apresentar diferentes unidades, é considerada uma única unidade geológica, porque nem a existência de dastrofismo, que modifica as condições físicas do depósito, nem argumentos de ordem paleontológica como a fauna e flora e nem discordâncias angulares visíveis permitem definir contactos entre corpos distintos.

As características sedimentológicas desta formação estão relacionadas com os vários ciclos de erosão operados pelos movimentos torrenciais e outros factores locais.

### **3.2.2 Reservas de minério da Formação Calonda disponíveis**

A expressão “Reserva Mineral” implica que algum tipo de medição física do teor e da quantidade de concentração mineral tenha sido feito no local e que a extração seja viável e realizada com lucro hoje ou num futuro próximo.

Uma reserva é a parte dos recursos conhecidos que podem, no momento, ser legal e economicamente explorados. O conceito de reserva é um conceito dinâmico porque, para além das propriedades intrínsecas da mineralização e da própria jazida, tem ainda em conta outros factores de natureza tecnológica, económica (ex. a cotação em mercado das substâncias é um dos factores mais determinantes) e política para que esse depósito possa ser considerado um jazigo e dar lugar a uma exploração mineira (Zwartendyk, 1972).

Tendo em conta as condições de exploração de um jazigo, deve-se estipular o teor limite de exploração a partir do qual a exploração é viável. A classificação de jazigos economicamente viável, de acordo com Machado (1989), depende dos seguintes factores:

- Desenvolvimento tecnológico que aumenta o rendimento e favorece o desenvolvimento técnico.
- Mudanças das condições económicas.

Uma vez que o desenvolvimento tecnológico e as condições económicas influenciam a decisão de explorabilidade de um jazigo, é fundamental que se reavaliem as reservas mineiras à medida que estes factores se desenvolvem.

A modificação das técnicas de extração, o aumento da procura e as alterações do mercado originando aumento do preço, poderão tornar exploráveis jazigos de pequenas dimensões e baixo teor.

De acordo com Moisés (2006), a FC está identificada em todas áreas mineiras, onde actualmente se desenvolve a mineração industrial. Em todas as áreas em que foi identificada, apresenta-se mineralizada e a variação dos indicadores técnicos económicos, obedece à distribuição por área (Tabela 9).

Verifica-se, a partir da análise da Tabela 9, que a área mineira do Lucapa apresenta maior tamanho de pedra. Consequentemente, o preço por quilate vendido chega atingir valores na ordem dos 350 USD. O tamanho da pedra, em média, na área do Cuango, é muito pequeno o que torna o preço por cada quilate vendido mais baixo em relação as outras duas áreas de mineração (Lucapa e Nzage).

**Tabela 9 - Variação do teor e do preço do quilate da FC em algumas áreas**

Área Mineração	Variação Teor q/t/m <sup>3</sup>	Variação % +14	Variação Tamanho Pedra (q/t/pedra)	Variação Preço Médio USD/q/t	Observações
Lucapa	0,15-0,40	45-65	0,50-0,80	120-350	Lucapa, Luarica, Calonda
Cuango	0,12-0,25	30-41	0,20-0,40	70-230	Luzamba, Cafunfo e Luremo
Nzage	0,15-0,35	40-60	0,30-0,65	60-300	Chitotolo, Maludi, Fucauma e Chimbongo

Fonte: Relatórios de produção dos Projetos Mineiros, 2005

A qualidade dos cristais de diamantes nas três áreas é quase uniforme e varia de acordo com a tabela 10. Da sua análise, verificamos que entre 65 a 80% dos diamantes, que contém a FC, são cristais do tipo jóias, e somente 10 a 25% são diamantes industriais. Estes diamantes apresentam maior valor comercial, em relação às semi-jóias e aos industriais. O seu preço pode chegar a atingir os 350 USD por cada quilate vendido.

**Tabela 10 - Variação em percentagem dos diferentes tipos de cristais**

<b>Tipos de cristais</b>	<b>Variação (%)</b>
Jóias	65 -80
Semi Jóias	20 – 30
Industriais	10 – 25

Fonte: Relatórios de produção dos Projetos Mineiros (2005)

**Tabela 11 - Percentagem dos diferentes depósitos em mineração atualmente**

<b>Depósitos</b>	<b>Lucapa (%)</b>	<b>Cuango (%)</b>	<b>Nzage (%)</b>
Formação Calonda	15	10	30
Colina	10	20	25
Terraço	25	10	25
Desvio de rio	30	45	10
Lezíria	20	15	10

Fonte: Relatórios de produção dos Projetos Mineiros (2005)

Embora os indicadores económicos analisados, da FC, serem viáveis, a percentagem explorada atualmente nas diferentes áreas mineiras é bastante reduzida, comparada com a percentagem de minério explorado nos diferentes depósitos (Tabela 11). Tal facto deve-se a condicionamentos de ordem tecnológica que as empresas locais de mineração enfrentam, pois a FC apresenta-se coberta por uma espessura de estéril entre 20 à 50m.

### **3.3 Exploração de Diamantes de Origem Aluvionar**

A exploração de jazigos secundários apresenta características muito diferentes quando comparadas com os jazigos primários. Portanto, esta diferença implica diferentes métodos de exploração. Por exemplo, a exploração de jazigos primários desenvolve-se inicialmente a céu aberto até uma dada profundidade em que a exploração a céu aberto torna-se insegura, pelo que, caso a viabilidade da mina justifique, passa-se para a

exploração subterrânea. A exploração de jazigos secundários é feita a céu aberto, progredindo sempre em superfície. Este último será a base do nosso estudo.

Segundo Moisés (2006), distinguem-se três diferentes fases na exploração de jazigos secundários:

1. A remoção do estéril que recobre o material diamantífero

Em 1917, quando se deu início à exploração de diamantes em Angola, a remoção do estéril era feito com pá manual, (figura 8). Muito rapidamente em 1920, passou a ser feita com pá e telas transportadoras. Sempre que as condições topográficas do depósito o permitissem, eram utilizados processos hidráulicos que consistiam no arrastamento do material estéril por meio da água e ajuda da acção da gravidade.

**Figure 8 - Remoção do cascalho diamantífero em 1917**



Fonte: Fonte: Relatório da Diamang (1975)

Em 1950, foram introduzidos meios mecânicos no processo de exploração, o que permitiu uma diminuição brusca na utilização da pá manual e do processo hidráulico.

A remoção de estéril foi-se intensificando com a utilização de *Drag-lines*, escavadoras e pás carregadoras, *buldozers* e *motorscrapers*. Em 1957, a remoção do estéril passou a ser toda ela efectuada por processos mecânicos, e como consequência, a remoção manual e os processos hidráulicos, deixaram de ter peso significativo na remoção do estéril.

2. Desmonte do material diamantífero

Inicialmente, o desmonte do material diamantífero era todo ele feito com pá e picareta. A introdução de meios mecânicos para o desmonte foi mais lenta quando comparado

com a evolução de meios para a remoção do estéril. Somente em 1950 foi-se introduzindo, pouco a pouco, os meios mecânicos adequados para a substituição dos meios manuais. A mecanização nesta área de exploração foi mais lenta devido ao cuidado necessário no processo de desmonte, de modo a evitar a diluição do teor pela mistura do cascalho com estéril e garantir uma limpeza cuidada da rocha base. Com a introdução destes novos equipamentos houve um aumento nos níveis de produção na ordem dos 100%.

### 3. Transporte do material às lavarias.

O transporte do cascalho, do local da extracção até as lavarias de pré-tratamento, era feito em cestos e/ou carrinhos de mão unicamente por meio da força do homem. A partir de 1922, o transporte passou a ser feito por vagonetas circulando em vias traccionadas por cabo sem fim accionado por locomóveis, que, por sua vez, foram substituídas por motores a diesel no ano de 1931 (figura 9). A mecanização nesta área evolui rapidamente. Em 1950, o transporte passou a ser efectuado a partir de equipamentos mais sofisticados que ainda hoje são usados nas explorações mineiras, como é o caso dos camiões basculantes.

**Figure 9 - Transporte do cascalho diamantífero em 1922**



Fonte: Relatório da Diamang (1975)

A Diamang (Companhia de Diamantes de Angola) adoptou sempre as técnicas e processos mais actualizados para a exploração deste precioso mineral, permitindo um crescimento exponencial da produção. Por exemplo, em 1917, a Diamang começou com

uma produção de 1.331,85 quilates, e, em 1960, a produção chegou a atingir valores na ordem dos 1.147.538,90 quilates recuperados, fruto da inovação tecnológica.

Tendo em conta os meios tecnológicos que foram utilizados na época, a produção desde 1917, quando o país iniciou a exploração diamantífera, os níveis de produção anual foram sempre caracterizados como de crescimento. Contudo, devido a guerra que o país viveu, primeiro a guerra colonial e depois o conflito armado, houve períodos (figura 10) bastante críticos na produção diamantífera que passamos a descrever:

1975 - Houve uma queda na ordem dos 50% na produção devido ao início da guerra civil em Angola. A Diamang teve de encerrar algumas frentes de exploração e a fuga de trabalhadores expatriados para os países de origem foi a causa principal da queda da produção neste ano.

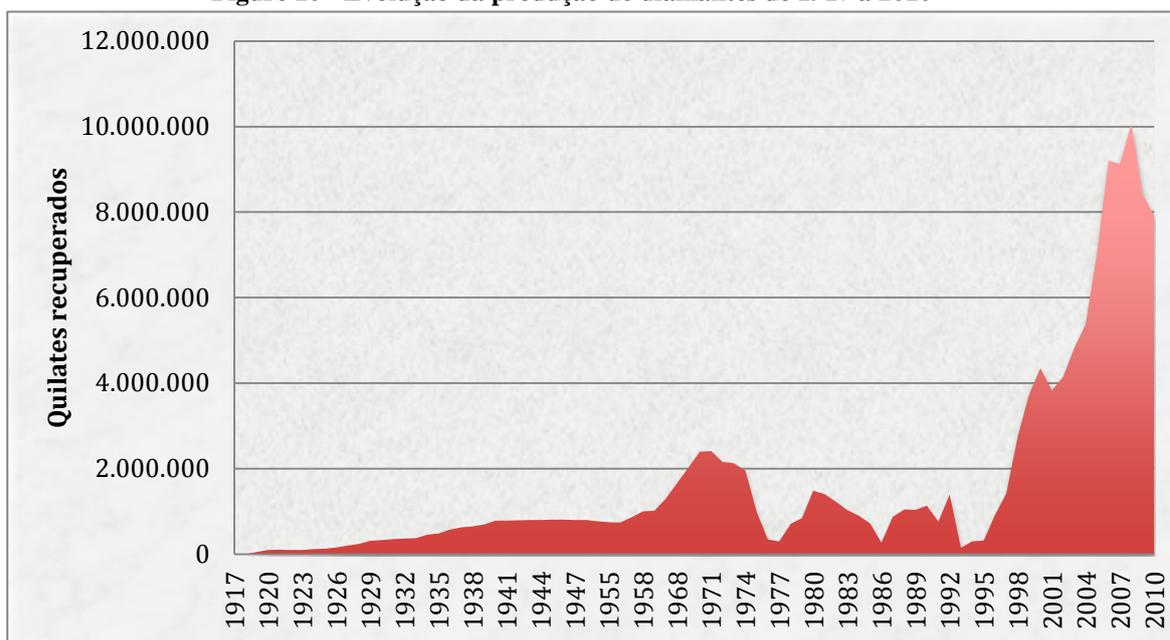
1991 a 1994 – Conversações para assinatura dos acordos de paz e a realização das primeiras eleições livres.

1995 - Passados 20 anos de guerra civil, as zonas mineiras foram objecto de intensa disputa entre o exército do governo e os militares da UNITA. Neste período, o governo intensificou as suas frentes militares.

2002 – Término da guerra civil com a assinatura dos acordos de paz. O sector dos diamantes começou a perspectivar novos desafios. A empresa concessionária, Endiama E.P., com base na Lei nº16/94 de 7 de Outubro, adaptou novas políticas, permitindo a entrada no sector das grandes empresas de mineração a nível mundial como a De Beers, Alrosa, Vale do Rio Doce, BHP Billiton, etc. Estas, como não poderia deixar de ser, tiveram o seu foco na procura de jazigos primários, que embora requerendo um grande investimento inicial, o retorno do mesmo é feito num período reduzido caso se encontre um jazigo economicamente viável.

2007 – O sector diamantífero encontrava-se em alta com 15 empresas mineiras em plena actividade. A produção aluvionar passou de 1.348.870 quilates recuperados em 2002 para 2.802.240 em 2007.

**Figure 10 - Evolução da produção de diamantes de 1917 à 2010**

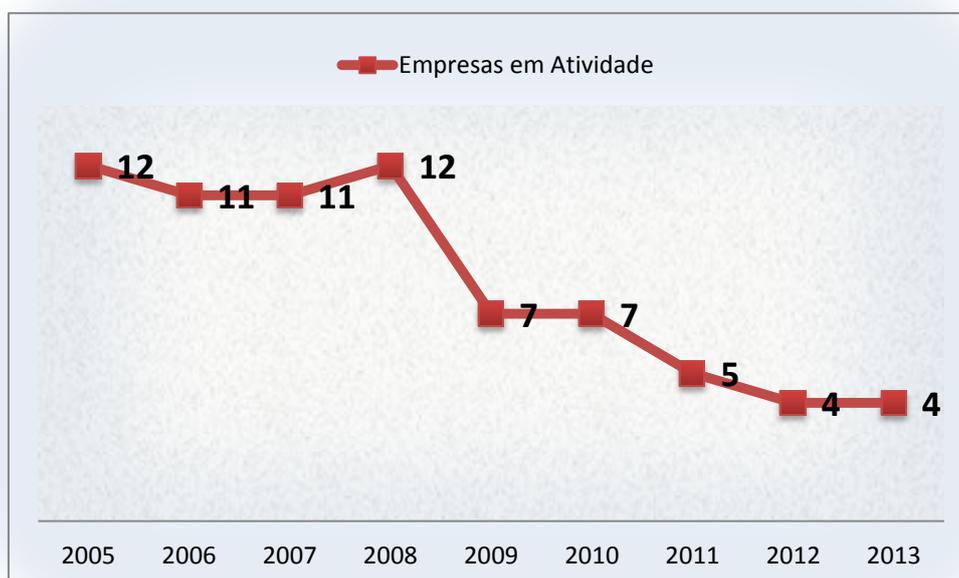


Fonte: Adaptado dos relatórios dos projetos minérios - DGDM

Com o foco na procura de jazigos primários, a exploração de jazigos secundários foi progredindo simplesmente com as reservas encontradas pela Diamang no período antes da Independência. Desde 1975, quase nada se fez em termos de prospecção de jazigos secundários, porém, em 2008 e 2009, quando os preços dos diamantes baixaram no mercado internacional, as empresas diamantíferas em Angola não foram capazes de aumentar os seus níveis de produção, para balancear as receitas devido à queda dos preços do diamante no mercado internacional. Isto aconteceu em alguns casos por falta de reservas, e em outros por falta de tecnologia adequada para remover as grandes espessuras de estéril que cobrem a FC.

A figura 11 mostra-nos claramente como o sector foi afectado em 2008. Aproximadamente 42% das empresas preferiram encerrar a sua actividade.

Figure 11 - Quantidade de empresas mineiras em actividade (2005 à 2013)



Fonte: Adaptado dos relatórios dos projetos minérios – DGDM

### 3.4 Factores de Estrangulamento na Produção de Diamantes da Formação Calonda

O estrangulamento na extracção da FC reside na fraca capacidade técnica e tecnológica para remoção das espessas camadas de estéril que sobrepõem a referida formação e é, sem dúvidas, um dos grandes problemas que a indústria diamantífera angolana vive.

A Diamang, desde o início da actividade diamantífera em Angola, sempre deu prioridade ao desenvolvimento de novas tecnologias. Segundo Gouveia *et al.*, (1993), o período 1950 a 1955, foi um período em que houve uma queda na quantidade de cascalho tratado, uma vez que era difícil manter o crescimento da remoção de estéril e extracção do cascalho somente com ajuda do braço humano. A dificuldade residia na gestão dos recursos humanos, assim como nos custos elevados com o número de trabalhadores indispensável para manter o referido crescimento. Devido a este quadro, deu-se início à mecanização nas minas da Diamang, com a chegada de uma *shovel* de cabos 19RB.

A mecanização progrediu de tal forma que, em 1968, as minas da Diamang estavam modernizadas com novos equipamentos de remoção de terras utilizados na altura tais como: *shovel* e *drag-lines* escavadoras de rastos e de pneus, *moto-scrapers* e *dumpers* para o transporte do material diamantífero.

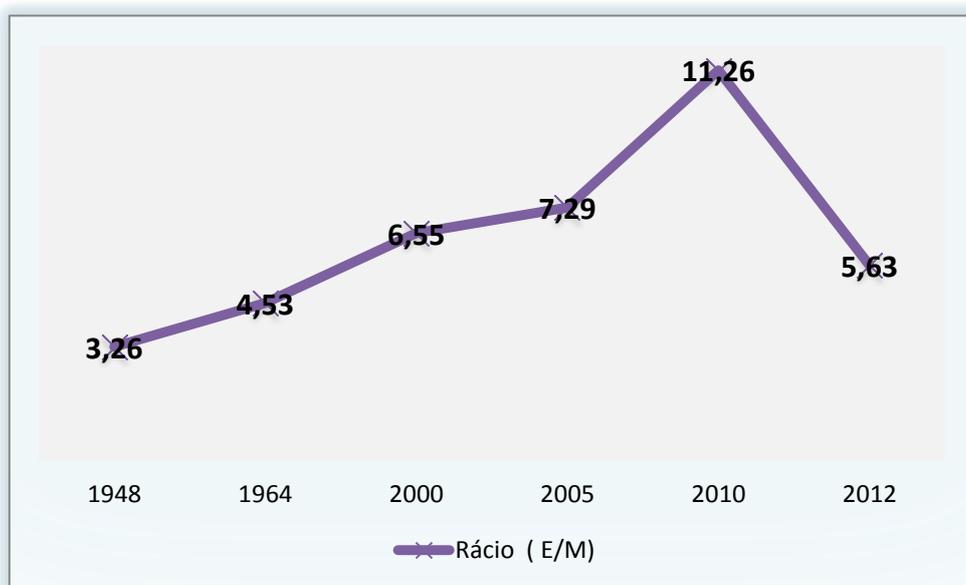
A exploração estava concentrada em zonas com reduzida espessura de estéril, à razão de um metro cúbico de minério para dois a quatro metros cúbicos de estéril (1/2 ou 1/4), portanto estes equipamentos respondiam às necessidades naquela época. À medida que a exploração foi evoluindo, as reservas mais superficiais foram-se esgotando, o rácio estéril/minério (figura 12) foi aumentando. Actualmente, para se extrair um metro cúbico de minério, é necessário remover de 20 a 50 m<sup>3</sup> de estéril. A Sociedade Mineira do Chitotolo é um exemplo desta situação. Segundo Pedro Galiano citado no Jornal Angolense 2010, as reservas na área encontram-se abaixo de 50 m de profundidade, o que levou a sociedade a criar nova estratégia de exploração com a aquisição de máquinas de maior porte.

Devido aos elevados custos operacionais com a remoção de estéril, as empresas de mineração foram sempre concentrando a exploração nos blocos com reduzida espessura de estéril. É bem visível, na figura 12, o crescimento exponencial do rácio estéril/minério. No período 2010 a 2012, o rácio caiu consideravelmente, pelo facto de haver cada vez menos empresas a operar no sector diamantífero.

O problema da remoção de estéril obriga o sector dos diamantes angolanos a repensar em novas estratégias para a remoção das espessas camadas de estéril. (Moisés, 2009).

A tecnologia e as condições económicas, segundo Machado (1989), são um dos factores importantes para tornar um jazigo economicamente viável. A modificação das técnicas de extração, o aumento da procura e as alterações do mercado originando aumento do preço, poderão tornar exploráveis jazigos de pequenas dimensões, baixo teor e, no nosso caso, jazigos em que a espessura de estéril é muito elevada.

Figure 12 - Relação estéril minério nos depósitos secundários de diamantes



Fonte: Adaptado dos relatórios dos projetos minérios - DGDM

A Diamang, no início da exploração, utilizava o teor limite para a exploração economicamente viável de  $0,4 \text{ qlt/m}^3$ , com o desenvolvimento tecnológico, ao longo do tempo, foram aparecendo novos equipamentos de movimentação de terras, sendo então possível baixar o teor para  $0,2 \text{ qlt/m}^3$ . Hoje, existem minas em Angola, cujo teor de exploração é de  $0,09 \text{ qlt/m}^3$ , e ainda assim são economicamente viáveis.

Sendo a fraca capacidade técnica na remoção do estéril que sobrepõe a FC, o ponto de estrangulamento para o desenvolvimento da actividade diamantífera, propomos no capítulo IV a introdução de uma nova tecnologia para o efeito.

## **CAPITULO IV – A REMOÇÃO DO ESTÉRIL E AS ESCAVADORAS DE BALDES MULTIPLOS**

Este capítulo tem como objectivo propor uma nova tecnologia de remoção de estéril para a exploração dos diamantes na FC com a finalidade de aumentar a exploração de diamantes provenientes de jazigos secundários. Começamos por analisar a problemática dos custos de exploração na indústria diamantífera em Angola, passamos depois a analisar a tecnologia de exploração e suas alternativas, finalizando com os mecanismos de selecção dos equipamentos.

### **4.1 Custos de Exploração na Indústria Diamantífera**

Os custos de extracção e tratamento do minério são bastante elevados, por isso as atividades de prospecção, exploração e tratamento precisam ser bem programadas e calculadas. Contudo, para que uma exploração possa decorrer com normalidade e eficiência, os trabalhadores deverão sentir-se seguros e com condições que lhes permitam desempenhar os trabalhos adequadamente. Caso tal não aconteça, resultará numa menor optimização do trabalho com o conseqüente aumento dos custos de exploração.

Os indicadores económicos de um jazigo são os elementos fundamentais para a sua extracção. uma vez que a mesma ocorre simplesmente quando um jazigo é economicamente viável. Deste modo, há que dedicar particular atenção a todos os factores susceptíveis de se traduzirem em diminuição de custo do minério extraído, como sejam por exemplo, a boa organização e optimização do trabalho e a procura de melhores soluções técnicas.

A mineração e o aproveitamento racional do potencial dos recursos do jazigo são importantes, pois devemos ter sempre presente que a indústria mineira se caracterizará pelo esgotamento progressivo das reservas do minério. Tal significa que a riqueza mineral, salvo raras exceções, não se regenera, sendo por conseguinte esgotável, (Instituto Geológico e Mineiro, 1999).

Torna-se, por isso, indispensável que as técnicas de mineração se baseiem no bom aproveitamento dos jazigos. Para tal, é necessário ter em consideração inúmeros aspectos resumidos nas regras fundamentais da exploração, a seguir enunciadas:

1. Evitar a diluição do teor.
2. Evitar o desperdício do minério no acto da mineração.
3. Proteger o ambiente.

A boa aplicação do método de exploração é importante, sendo considerado um bom método, todo aquele que é seguro e resulte num bom rendimento económico, e consequentemente na protecção ambiental circundante, sendo preferível um método regular, bem aplicado e com continuidade, do que um método "óptimo", mas que é mal compreendido, imperfeitamente aplicado ou deficientemente gerido.

A economia global é uma regra importante na medida em que qualquer tentativa exagerada de minimização de custos numa dada operação (por exemplo na remoção) irá reflectir-se de uma forma negativa numa operação subsequente (por exemplo no tratamento). Deste modo, o esforço tendente à redução do preço de custo do produto deve ser feito de um modo geral considerando o circuito global (remoção-extracção-transporte-tratamento) e não apenas numa das partes.

Para o caso de jazigos aluvionares é comum a utilização de lavra a céu aberto, onde os custos são bem menores que os jazigos onde a geometria obriga a utilização de métodos subterrâneos.

Em Angola, embora existam somente minas a céu aberto, os custos de exploração são bastante elevados, uma vez que a oferta em bens e serviços no mercado nacional é considerada nula, obrigando assim as empresas a recorrerem ao mercado internacional.

Analisando a Tabela 12, vemos que no ano de 2009 os custos operacionais nos projectos SDM e SML aumentaram em mais de 50% em relação aos anos anteriores. Este aumento deveu-se à exaustão dos blocos com reservas de minério cobertas com poucas espessura de estéril, daí que em 2010, foram obrigados a encerrar as suas actividades.

Como exemplo, temos o projecto Lucapa, com proveitos anuais médios à volta de 24 milhões USD e custos operacionais na ordem dos 26 milhões USD, apresentando assim resultado negativo. O mesmo cenário acontece, com os restantes projectos diamantíferos, facto que nos leva a pensar em novos métodos tecnológicos para minimizar os elevados custos operacionais.

**Tabela 12 - Custo médio por metro cúbico explorado nas minas em Angola**

Projecto aluvião	Custo operacionais em Angola (USD/m3)					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Chitotolo	36,17	30,78	38,14	29,86	24,68	23,42
Cuango	-	-	19,12	20,28	15,53	24,06
SDM (sociedade Desenv. Mineiro)	54,01	31,57	50,78	37,00	103,14	Encerrado
SML(Sociedade Mineira Lucapa)	14,84	13,67	69,17	50,47	366,04	Encerrado
Luminas	-	-	40,99	12,84	8,64	8,11

Fonte: Adaptado dos relatórios dos projetos minérios - DGDM.

Para além dos custos por metro cúbico extraído, apresentados na Tabela 12, serem muito altos, é importante realçar que os custos com o pessoal expatriado e com logística de apoio à mineração têm um grande peso nos custos totais apresentados como podemos ver na Tabela 13 para a mina da Lucapa.

Os elevados custos com a logística de apoio à mineração está também relacionada com a geração de energia para os diferentes estágios de mineração. Sobre este custo havemos de abordar mais detalhadamente no ponto 4.1.1.

**Tabela 13 - Evolução dos custos e benefícios no projecto Lucapa**

Ano	Quilates vendidos (USD)	Preço Médio (USD)	Receitas (USD)	Custos (USD)	Lucro/prejuízo (USD)
2006	204 371,46	283,16	57 869 822,61	58 655 675,00	-785 852,39
2007	116 310,00	275,86	32 085 276,60	43 970 938,00	-11 885 661,40
2008	124 078,00	345,57	42 877 634,46	44 234 445,00	-1 356 810,54
2009	73 317,00	249,43	18 287 459,31	20 199 232,00	-1 911 772,69

Fonte: Adaptado dos relatórios dos projetos minérios - DGDM

#### 4.1.1 Custos com o abastecimento de energia hídrica

A indústria mineira tem a energia hídrica como fonte principal para a mineração a baixo custo. Esta é a responsável pelo accionamento e funcionamento de variadíssimas instalações e equipamentos que realizam operações vitais para a realização das operações mineiras, Pinho *et al.* (2008). A aplicação de novas técnicas de mineração e a utilização das fontes de energia nas explorações mineiras têm contribuído para a melhoria de inúmeros factores como:

- Rendimento operacional;
- Facilidade de estabelecimento de ligações.
- Facilidade de ligar vários equipamentos utilizados.
- Limitação de esforço do homem.
- Telecomando.
- Etc...

Em Angola, embora a exploração mineira se ter iniciado há várias décadas, ainda não se pode falar no abastecimento em energia hídrica como suporte da mineração. As minas são abastecidas com grupos geradores de alta potência, elevando assim os custos de produção.

Na tabela 14, podemos observar a capacidade de energia alternativa instalada em algumas minas diamantíferas.

**Tabela 14 - Capacidade instalada de gerador**

<b>Minas</b>	<b>Capacidade instalada Gerador (kva)</b>
SML (Lucapa+Calonda+Yetwene)	4 000,00
Chitotolo	6 229,00
Cuango	2 250,00
Luminas	2 471,00

Fonte: Adaptado a partir dos relatórios mensais dos projectos mineiros

Os grupos geradores gastam em média 0,25l de combustível por Kva com 100% de carga se multiplicar este valor pela potência do gerador obteremos o consumo de

combustível de um gerador por cada hora de trabalho. Por exemplo, uma mina com uma capacidade instalada de 4 000 Kva = 3 200 Kw

$$W = P \times T$$

$$W=P.T$$

onde:

W - energia consumida;

P - potência;

T - tempo de utilização.

$$W= 3\,200\text{kw} \times 24/\text{dia} \times 30\text{dias}$$

$$W= 2\,304\,000\text{ Kw}$$

Podemos calcular o consumo de combustível, utilizando a relação de Skarstein e Uhlen (1989) citado em Pinho *et al.* (2008), definida pela equação:

$$F= 0,246P_{ci} + 0,08415P_{GMG}$$

Onde:

F – é o consumo de combustível em l/h

$P_{ci}$  – representa a potência efectiva em kW

$P_{GMG}$  - é a potência nominal do grupo gerador em kW

Assim, considerando um factor de potência de 0,08

$$F = 0,08 \times 3\,200\text{ Kw}$$

$$F= 2\,69\text{ l/h}$$

Se um litro de gasóleo custa 40 AKZ/l teremos:

$$269\text{ l/h} \times 40\text{ AKZ/l} \text{ então a mina tem um custo de } 10\,760\text{ AKZ/h,}$$

Fazendo o cálculo mensal, teremos:

$$10\,760\text{ AKZ/h} \times 24\text{h} \times 30\text{dias} = 7\,747\,200\text{ AKZ/mês}$$

$$\text{Considerando que } 1\text{UDS}=100\text{AKZ, então } 7\,747\,200\text{ AKZ/mês} = 77\,472,00\text{ USD/mês.}$$

Pelos cálculos efectuados concluímos que o projecto Lucapa consome em média aproximadamente 77 472, 00 USD/mês (setenta e sete mil quatrocentos e setenta e dois dólares americanos), um valor bastante alto comparado com as receitas apresentadas na tabela 13.

#### **4.1.1.1 Vantagens e Desvantagens dos Grupos Geradores a Diesel**

Pinho *et al.* (2008) apresenta como vantagens dos grupos geradores a diesel as seguintes:

- Baixo custo de aquisição quando comparados com outros tipos de fonte de energia como eólica e fotovoltaica.
- Facilidade em encontrar peças de reposição.
- Existem máquinas de diversas potências, desde alguns kVA até valores em mva.
- Apresentam robustez. □

E como desvantagens, descreve:

- Alto custo de manutenção, devido ao fato de ser necessária manutenção constante.
- Alto custo operacional acarretado pela compra, transporte e considerável consumo do combustível.
- Poluição do meio ambiente através de emissão de gases de efeito estufa e descarte do óleo lubrificante.
- Poluição sonora, caso o grupo gerador não esteja dentro de uma cabine própria para atenuar o ruído.

#### **4.1.1.2 Impactos Ambientais de Grupos Geradores**

Ao ocorrer a queima de combustível dentro do motor, é produzido o gás de escape, o qual tem como partes constituintes básicas o dióxido (CO<sub>2</sub>) e o monóxido (CO) de carbono, vapor de água (H<sub>2</sub>O), carvão em fuligem e produtos de enxofre, além de vapores do combustível que não queimou totalmente. Esses materiais são liberados na atmosfera, contribuindo para a poluição do meio ambiente. Como consequência dessa liberação, tem-se a degradação da qualidade do ar, provocando cheiro característico e desagradável e liberação de vapores tóxicos prejudiciais à saúde; a degradação da água formando película sobre a superfície, com grande risco tóxico para a vida aquática, e a poluição do solo, que pode comprometer a qualidade da água do lençol freático.

O ruído provocado pelos grupos geradores é um outro impacto que devemos ter em conta. Dependendo de seu porte e localização na comunidade, deve exigir o uso de cabine com isolamento acústico, para diminuir o barulho provocado pelo motor.

Os recipientes de armazenamento de combustível devem ser cuidadosamente fechados, e deve-se evitar o uso de tambores, tonéis, latas, galvanizados ou estanhados, pois os combustíveis empregados nos motores a diesel geralmente atacam o estanho e o zinco. Taylor (1988), citado em Pinho *et al.* (2008).

## **4.2 Descrição da tecnologia de exploração na Indústria Diamantífera**

Geralmente o minério encontra-se recoberto por camadas de estéril com grandes espessuras, que é necessário remover primeiro para depois extrair o minério. Posteriormente, o minério é posto em camiões e de seguida é transportado para as lavarias onde é submetido a um tratamento adequado com o objectivo de separar o diamante do concentrado. Neste processo, podemos considerar as seguintes fases: remoção do estéril, extração do minério, carregamento do minério e transporte para as lavarias de pré-tratamento, Gouveia *et al.* (1993). Em cada uma destas fases são utilizados distintos equipamentos mineiros como:

1. Para a remoção do estéril - *drag-lines*, *bulldozer motorscrapers* e escavadoras.
2. Para a extração e carregamento – escavadoras hidráulicas.
3. Para o transporte – camiões basculantes e correia transportadora.

Nas minas, em Angola, é preferencial o uso da marca Caterpillar, embora também se use a Liber, Komatson, etc. A capacidade dos equipamentos varia com as necessidades e as características do jazigo.

Uma vez que o nosso problema está ligado à remoção do estéril, vamos descrever unicamente o equipamento utilizado para a sua remoção, ou seja a escavadora hidráulica.

### **4.2.1 Escavadoras hidráulicas**

As escavadoras são máquinas de escavação bastante antigas, utilizadas na construção civil e nas minas. Com o aparecimento do motor diesel estas máquinas tornaram-se mais compactas, mais potentes e com maior mobilidade (Fig.14), passando a desempenhar um papel primordial na mineração e nas grandes escavações de construção civil, (Henrique Santiago, 2012), Podendo ser montadas sobre esteiras ou pneumáticos.

Nas minas diamantíferas, em Angola, usam-se geralmente escavadoras montadas sobre esteiras para a remoção do estéril e extração do minério diamantífero. Uma escavadora é confinada para operar em uma pequena área ou geralmente fixada em locais de carregamento devido à sua baixa mobilidade. Devido ao seu peso, tração e alta capacidade de deslocação do guindaste, estas máquinas têm excelente habilidade para escavação.

Tendo em conta o seu alto custo de aquisição, são normalmente limitadas a projetos de com um período vida longo. A vida económica de uma escavadora situa-se nas 40.000 horas e, portanto, deve ser usada para operar por um longo período, de modo que os seus benefícios de baixo custo operacional possam ser sentidos. Visto que a maior parte da amortização de um equipamento se dá geralmente nos dois ou três primeiros anos de operação, não é recomendado que as mesmas operem em pequenos períodos de tempo.

O uso de motores eléctricos e sofisticados sistemas de controlo permitem às escavadoras uma segurança e eficiência operacional, excepcionalmente altas. A maioria dos controles vitais da escavadora está numa cabine, geralmente pressurizada, com filtros de ar, que lhe permite operar dentro de condições favoráveis. Dada a grande facilidade de operação, a fadiga do operador é bastante reduzida, não acarretando grandes efeitos na produção das escavadoras.

Nas vantagens deste equipamento podemos citar a sua construção robusta e bastante adequada para escavações de material de dureza relativamente alta e serviços de carregamento; as excelentes condições de segurança e eficiência; e o baixo custo operacional em projectos de longa duração.

A sua pequena flexibilidade e mobilidade e o alto investimento inicial são as desvantagens que são reportadas a este equipamento.

A capacidade produtiva de uma escavadora pode ser encontrada nos manuais fornecidos pelos fabricantes. A utilização destes dados deverá ser feita com algum cuidado, uma vez que se baseia em aspectos comerciais, manifestamente interessados no êxito concorrencial. O cálculo da capacidade produtiva real das máquinas escavadoras não é

um processo preciso, pois além de depender de diversos parâmetros de difícil quantificação, é ainda influenciada por factores aleatórios, tais como as condições do terreno e a precipitação. Mas é possível obter-se resultados muito próximos da realidade quando se tem o conhecimento da realidade e das condições reinantes na exploração.

A expressão geral que permite calcular a capacidade produtiva real (Pr) é dada por:

$$Pr = C\varphi (1/T)R$$

em que:

Pr – capacidade produtiva real;

C – capacidade do balde em m<sup>3</sup>;

$\varphi$  – coeficiente de empolamento;

R – rendimento global;

T – tempo de trabalho em minutos.

O rendimento global da escavadora é o parâmetro mais significativo na maximização da capacidade produtiva e, como tal na minimização dos custos.

**Figure 13 - Escavadora Caterpillar**



Fonte: [www.caterpillar.com](http://www.caterpillar.com)

Quando a mineração se encontrava concentrada em zonas com pouca espessura de estéril, as escavadoras hidráulicas davam resposta às necessidades produtivas exigidas na época. Actualmente, o minério da FC os diamantes encontra-se localizados a grandes profundidades, e por isso, remover estéril com uma escavadora convencional torna os custos de exploração bastante elevados. Deste modo, propomos, como alternativa, uma nova tecnologia que tem feito revolução nas grandes explorações mineiras - a *Bucket wheel escavator (BWEs)* ou escavadoras de baldes múltiplos.

### **4.3 Tecnologias alternativas para a Indústria Diamantífera**

A indústria dos diamantes na vertente dos aluviões encontra-se em decadência, uma vez que as suas reservas conhecidas à superfície foram já exploradas no decorrer dos anos. Mas, conforme afirma Moisés (2008), uma nova esperança para recuperar estes diamantes reside em grandes profundidades, os diamantes da Formação da Calonda. Para a extracção desta rica formação geológica, certamente será necessária uma modernização em termos de equipamentos de mineração no sector diamantífero Angolano.

Tendo em conta a capacidade de remoção de uma BWEs, que pode atingir valores superiores a 2000 m<sup>3</sup>/h, (Tabela 15), a mineração dos diamantes da FC, certamente passará para uma nova era.

Assim, para a nossa proposta, os equipamentos utilizados na fase de remoção passarão a ser: *bulldozer*, *motorscrapers* e escavadora de baldes múltiplos com ou sem correia transportadora. A correia depende muito da produtividade requerida. No ponto 4.3.2 falaremos um pouco mais sobre a mesma.

As escavadoras hidráulicas, neste caso, continuariam a ser utilizadas para a extracção do minério diamantífero e as BWEs para a remoção do estéril.

#### **4.3.1 Desenvolvimento da BWEs**

As escavadoras de baldes múltiplos foram empregues pela primeira vez em 1800. No período 1827 a 1859, foram patenteadas várias unidades deste tipo. Estas escavadoras

são equipamentos pesados, com sistema de escavação contínuo, usados em minas superficiais e em obras de engenharia civil que, normalmente, atuam em operações mineiras de larga escala.

A diferença entre uma BWEs e uma escavadora tradicional é o uso de uma roda grande constituída por um padrão contínuo de baldes para colher o material enquanto a roda gira (Figura 15). A partir de 1913, este tipo de máquina sofreu grandes alterações na Alemanha, mas, ainda assim, não teve grande sucesso económico, sendo considerada mera curiosidade mecânica.

Em 1934, houve uma grande necessidade de se fazer melhorias nestes equipamentos de escavação contínua, devido ao facto de o consumo de carvão na Alemanha ter aumentado consideravelmente. Daí que, no ano de 1937, entrou em funcionamento uma máquina pesando 1400 toneladas e com uma capacidade de remoção de 1070 m<sup>3</sup>/h. As melhorias foram aumentando, porém, em 1945, trabalhavam já na mina de carvão na Alemanha cerca de 100 máquinas deste tipo pesando cada uma 1000 t.

Desde então, o seu tamanho tem crescido muito, atingindo dimensões de 96 m de altura, 225 m de comprimento e 14.200 toneladas de peso. O balde de roda pode ter mais de 70 m de diâmetro, com mais de 20 baldes, cada um dos quais com capacidade para 15 m<sup>3</sup> de material.

Durante o processo de mineração, as BWEs são usadas em conjunto com muitas outras peças de máquinas de mineração, como é o caso das correias transportadoras, espalhadores, estações de britagem, sistemas de lixiviação, etc.

#### **4.3.2 BWEs e sua aplicação**

As BWEs são consideradas o futuro das minas a céu aberto. Em minas onde o material rochoso é bastante duro, a remoção é precedida por um processo de perfuração e detonação e é complementada com um sistema de britagem. Estas têm um limite de aplicação em materiais duros de aproximadamente 20 Mpa.

**Figure 14 - Escavadora bucket-wheel em Ferropolis Alemanha**



Fonte: [wikipedia.org/wiki/bucket-wheel\\_escavator](http://wikipedia.org/wiki/bucket-wheel_escavator)

Existem outros equipamentos mineiros denominados *Miner Surface* (KSM) e *Trucket Bucket Wheel Excavator* (KTB) utilizados em minas a céu aberto, que foram desenvolvidos para actuarem tanto em minas de rocha dura como de materiais mais leves como areias, cascalhos, lenhite, etc.

A KSM, em particular, pode operar entre 5 a 40 Mpa e está pronta para remover material solto até uma resistência à compressão de 100 Mpa. A KTB pode operar em aproximadamente 20 Mpa e remove somente material frágil.

Estas escavadoras contínuas apresentam alta produtividade e baixo custo, mas ainda assim, o mercado mundial da mineração tem sido lento em aceitar este equipamento. Este comportamento pode ser devido à tradição de usar escavadoras e *draglines* e/ou a falta de informações com relação à operação, *design* e custo. (Schröder , 2010).

Segundo Vujic *et al.* (2003), determinar o tempo de vida de um equipamento desta natureza constitui um grande problema. O cálculo do tempo de vida óptimo para as máquinas e peças de substituição, representa uma tarefa complexa de engenharia e de muita responsabilidade. Tomar uma decisão sobre a substituição de bens de capital e máquinas, tais como escavadoras de baldes de roda, é uma tarefa difícil, de extrema responsabilidade. Requer elevado conhecimento profissional, assim como os argumentos de confiança baseados na abordagem profissional multidisciplinar.

A duração do tempo de vida destes equipamentos pesados poderá ser bem longo se tomarmos em consideração os seguintes factores:

- ✓ Condições ambientais de trabalho.
- ✓ Condições climáticas.
- ✓ Fatores tecnológicos.
- ✓ Condições económicas.
- ✓ Logística e manutenção.

Contudo, obedecendo aos factores acima, uma escavadora de baldes múltiplos é substituída unicamente no caso de envelhecimento físico e/ou desenvolvimento técnico e tecnológico.

Experiências do passado indicam aceitabilidade de dois critérios de optimização diferentes para determinar o tempo ideal de substituição de uma escavadora de baldes múltiplos. A primeira abordagem é baseada na receita líquida máxima resultante do envolvimento na produção de uma escavadora de baldes de roda durante o seu período de exploração. O lucro líquido pode ser igualado, se necessário, à diferença entre o

valor de produção resultante da escavadora de baldes múltiplos e os custos directos de produção proporcionais. A segunda abordagem de optimização baseia-se nos custos de exploração mínimos da escavadora de baldes múltiplos, durante a sua vida de exploração. Do ponto de vista teórico, estes critérios têm a mesma importância. Contudo, na prática o critério dos custos de exploração mínimos apresenta vantagens, devido principalmente à sua racionalidade, ou seja nos menores custos de aquisição e processamento de dados necessários para análise (Vujic *et al.*, 2003).

### 4.3.3 Características operacionais

A medida que a cadeia de baldes se desloca sobre a frente a uma velocidade de 0,5 a 1m/s, a máquina executa um movimento de translação ao longo do talude, podendo a velocidade variar entre 8 a 12m/min. Durante este movimento composto, os baldes removem uma espessura de rocha/areias que pode variar entre 10 e 30 cm, dependendo da resistência do terreno.

Estas máquinas podem trabalhar assentes no nível superior ou inferior da área a remover. Existem máquinas em que a estrutura superior pode rodar em torno de um eixo vertical, o que lhes permite operar sob aquelas duas modalidades e efectuar o desmonte de degraus com 50 m de altura.

As suas dimensões não estão normalizadas, por se tratar de máquinas de grande porte. Cada máquina constitui um protótipo projectado por encomenda para o fim em vista. Na Tabela 15, apresentamos as características de alguns destes protótipos.

**Tabela 15 - Principais características operacionais de algumas escavadoras de baldes múltiplos**

	Capacidade Balde	Produção Teórica	Número de ataque dos baldes por minuto	Profundidade escavação	Altura escavação (m)	Potência Instalada	Peso do trabalho	Ângulo rotação
	l	m <sup>3</sup> /h		(m)	(m)	(Kw)	(t)	
Checoslováquia	400	720	30	19-20,5	16	530	590	360
Alemanha Oriental	400	650	27	8	9	-	435	360
Alemanha Oriental	450	540	20	16-18,5	-	250	320	Não giratoria
Alemanha Oriental	650	760	20	12-15,5	14	-	650	360
Alemanha Oriental	800	1070	22	20-23	20	1246	1085	360
Alemanha Oriental	800	1056	22	40-42,5	-	-	650	Não giratoria
Checoslováquia	800	1056	22	28,5	25,1	1450	1050	Não giratoria
Alemanha Oriental	1000	1350	23	14,5-17	16	872	1000	360
Alemanha Oriental	1200	1800	25	16-19	16	-	1000	360
Alemanha Oriental	1500	2000	22	27	-	-	2400	Não giratoria
Alemanha Oriental	1600	1900	20	27	25	-	2600	360
Alemanha Oriental	2240	3000	19,5	32,8	-	3820	3700	Não giratoria

Fonte: Couto, 1990

A capacidade produtiva real e efectiva destas máquinas pode ser calculada a partir da fórmula:

$$Pr = 60 CNKR$$

Onde:

- C representa a capacidade do balde em m<sup>3</sup>.
- N é o número de ataque destes por minuto. Depende da velocidade da cadeia e

do seu passo, o que deve estar de acordo com a natureza e características das rochas a desmontar (Tabela 16).

- K é o coeficiente inerente às características da escavação. É igual à relação entre o coeficiente de enchimento do balde (Ce) e o factor de empolamento (f). O coeficiente de enchimento é mais elevado quando a máquina opera nos níveis superior da bancada (Tabela 17).
- R é o coeficiente de utilização ou rendimento da máquina. A capacidade produtiva real destas máquinas depende dos meios de transporte utilizados. Por esta razão, o rendimento é maior quando os baldes descarregam o material sobre telas do que quando fazem em vagões ou camiões.

**Tabela 16** - Número de ataques por minuto das escavadoras de baldes

Tipo de Rocha	Caraterísticas	Número de Ataque por Minuto
Incoerentes		30-38
Argilo/arenosa	Medianamente compactas	22-26
Argilosas	Capacidade superior a média	20-24
Argilas grés e margas	Compactas	18-22

Fonte: Couto, 1990

**Tabela 17** - Valores estimados do coeficiente K

Tipo de Rochas	Valores Aproximados dos Coeficientes:			
	Ce Enchimento	f Empolamento	De escavação $k=Ce/f$	
			Condições	
			Díficeis	Faceis
Areias, Britas, Etc.	0,9 - 1,2	1,10	1,00	1,65
Linhite e argilas arenosas	0,8 - 1,1	1,25	0,85	1,20
Argilas arenosas compactas	0,75 - 1,0	1,30	0,80	1,00
Argilas	0,7 - 0,9	1,35	0,70	0,80

Fonte: Couto, 1990

Na tabela 18, podemos ver um exemplo das potencialidades de uma escavadora hidráulica versus uma BWEs.

**Tabela 18 - Capacidade produtiva de uma escavadora vs BWEs**

Parâmetros	390 DL Escavadora Convencional	Bucket Wheel Excavator
Pr (m <sup>3</sup> /h)	205,20	959 310,00
C (m <sup>3</sup> )	3,00	300,00
φ	1,20	-
R	0,95	0,95
N	-	30-38
K	-	1,65
t (mim)	60,00	-

Fonte: Adaptado de Couto, 1990

Verificamos que uma BWEs, é sem duvida mais produtiva que qualquer escavadora hidráulica, como vemos na tabela 18, enquanto a BWEs remove 959 310 m<sup>3</sup> de material por cada hora de trabalho, uma escavadora hidráulica remove simplesmente 205,20 m<sup>3</sup> no mesmo período de tempo.

Fazendo uma simulação com as fórmulas e dados representados acima, admitindo que a FC encontra-se a uma profundidade de 50 m, uniforme em toda a extensão e considerando uma área de 3000 Km<sup>2</sup> à ser removida, teremos:

**Tabela 19 - Simulação do cálculo do volume removido por uma escavadora vs. BWEs**

Equipamento	Área(m <sup>2</sup> )	Espessura (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Meses
BWEs	3 000 000 000	50	1,5E+11	18
Escavadora				84 606

A tabela 19, mostra-nos que uma BWEs necessita de 18 meses para remover todo estéril enquanto a escavadora levava 84 606 meses, ou seja, vemos claramente que é impossível remover tais volumes com uma escavadora hidráulica, por isso foi referido atrás que a BWEs não substitui a escavadora hidráulica. Com a introdução da BWEs nos fatores de produção escavadora hidráulica deixará de remover estéril e passará a

fazer a extração do cascalho diamantífero, enquanto a BWEs remove o estéril que sobrepõe o cascalho diamantífero.

#### **4.4 Selecção de Equipamentos minérios**

De forma a garantir uma melhor eficiência nas operações e assegurar que a mina seja provida de recursos capazes de fornecer minério da melhor qualidade, a um baixo custo e por um período longo e contínuo, é importante que se faça uma adequada selecção dos equipamentos para o efeito. Daí que a selecção deve ser tratada com muito cuidado, visto que decisões incorrectas nesta etapa podem prejudicar todo o processo de extração dos materiais diamantíferos.

De um modo geral, o processo de selecção dos equipamentos mineiros pode ser dividido nos seguintes estágios:

- tipo de equipamento exigido;
- capacidade do equipamento em m<sup>3</sup>;
- número de equipamentos;
- tipo específico do equipamento;
- especificações dos equipamentos (desempenho, manutenção);
- selecção dos fabricantes ou fornecedores;
- produção diária requerida;
- toneladas a serem movimentadas;
- tamanho da área onde irá operar.

A selecção de equipamentos mineiros é uma das mais importantes decisões que devem ser tomadas durante a fase de planeamento de uma mina. O grande objectivo da selecção de equipamentos mineiros é a escolha do melhor equipamento e seleccionar o que apresenta custos mínimos. No cálculo do custo, deve-se ter em conta a manutenção e o custo de funcionamento. A selecção de equipamentos mineiros é uma tarefa bastante complexa, portanto, é necessário que se estude todas as características do equipamento com responsabilidade a fim de seleccionar o equipamento que irá operar de forma optimizada. Trata-se de um processo dinâmico que continua durante toda a vida útil da mina (Adebimpe *et al.*, 2013).

#### **4.4.1 Selecção de uma escavadora de baldes múltiplos**

A selecção de uma máquina desta natureza assume aspectos mais complexos do que no caso de uma escavadora tradicional. Para uma escavadora tradicional, a produção é válida para uma gama de terrenos e condições. No caso das escavadoras de baldes múltiplos terá de ser o próprio utilizador a estabelecer os seus factores operacionais. Dentro de certos limites, as máquinas de igual capacidade podem ter características muito diferentes, razão pela qual é muito difícil estabelecer uma normalização, como acontece com as escavadoras tradicionais.

Henrique Santiago (2012) afirma ser importante considerar os seguintes factores para a selecção de uma BWES:

- ✓ Custo – necessita um longo período de amortização para que seja economicamente viável. Também é difícil determinar os custos de operação, uma vez que os planos e estimativas de manutenção são dados pelos fabricantes.
- ✓ Material a remover - são mais apropriadas para depósitos de materiais inconsolidados ou semi-consolidados.
- ✓ Produtividade - apropriada quando se requer uma alta produção.
- ✓ Planeamento da mina – para uma óptima produção e custos reduzidos é necessário ter em conta o plano de desmonte do material.

#### **4.4.2 Correia Transportadoras no Sistema de Mineração**

O sistema de correia transportadora é, sem dúvida, o que torna um equipamento de mineração contínua mais económico nas explorações mineiras. Normalmente, o custo de investimento de um sistema transportado por correia é mais elevado do que o custo de uma frota de camiões, mas, no entanto, reduz significativamente os custos de operação e paga o dinheiro investido em muito pouco tempo.

Os custos de manutenção e de salários, bem como os custos de energia, são determinantes para a selecção de um sistema de correia transportadora, já que os

mesmos são mais reduzidos em relação a uma frota de caminhões. Quando se utiliza um sistema de correia transportadora, deve-se ter em conta que 1 m de correia transporta 620 kg de material. A massa em rotação e partes móveis, cinto, ociosos, polias, ascende a 154 kg por metro. Aqui, obtém-se a relação de  $774 \text{ kg} / 620 \text{ kg} = 1,25$ .

A resistência ao rolamento, mesmo em estradas bem niveladas, muito raramente é inferior a 2%. Se as estradas estiverem mal conservadas e as condições climáticas forem desfavoráveis, a resistência ao rolamento aumenta rapidamente a 4-5%, ou seja, relacionada com uma distância de 100 m de transporte do material total tem de ser levantada por 5 metros. Isso evidencia a energia consideravelmente menor em sistemas por correia transportadora em relação ao caminhão. ( Schröder, 2010).

## CAPÍTULO V - CONCLUSÕES

A quantidade de reservas diamantíferas existente na natureza é uma função decrescente da taxa de utilização das mesmas, ou seja, o recurso natural não se reproduz à medida que se vai explorando. Mas no entanto, as reservas existentes actualmente, podem aumentar caso haja descobertas de novas reservas ou porque certos recursos conhecidos se tornam economicamente exploráveis. A barreira entre recurso e reservas geológicas, é ditada pelas condições de mercado onde a procura, a oferta e a tecnologia são tomados como factores primordiais.

As reservas de diamantes disponíveis a nível mundial ainda são pouco conhecidas, em muitos casos por razões económicas e de segurança, em outros por falta de estudos geológicos específicos como é o caso de Angola. O país possui um vasto território, mas o seu conhecimento em termos geológicos é pouco profundo o que causa uma certa insegurança por parte dos grandes investidores mundiais. Este quadro pode vir a melhorar se forem desenvolvidos:

- Programas de Investigação Geológico – Mineiro (IGM) em todo o território nacional. Estes programas permitirão o aumento quantitativo e qualitativo do grau de conhecimento sobre as ocorrências minerais.
- Revistas técnicas periódicas de publicação sobre a produção total anual assim como de cada concessão individualmente.
- Incentivos especiais de isenção de impostos que visam modular a liberação comercial.

Podemos considerar Angola como sendo um país com grande potencial na área de produção diamantífera, situando-se na quarta posição entre os maiores produtores mundiais em termo de quantidade e em quinto em termos de valor. Em 1970, a exploração de diamantes em Angola era unicamente proveniente de jazigos de origem aluvionar e, no entanto, Angola já se posicionava entre os quatro maiores produtores. Actualmente, Angola possui o quarto maior quimberlito do mundo, conhecido como o

quimberlito do Catoca, ainda assim continua a ocupar a quarta posição no ranking dos maiores produtores, que no nosso ponto de vista poderá ser resultado da:

- Depleção das reservas dos jazigos secundários com pouca espessura de estéril, devido a uma exploração ambiciosa sem recursos a programas de estudo e prospecção contínuos com o objectivo de aumentar e/ou manter a reservas existentes.
- Importância dada aos jazigos primários em detrimento dos secundários.
- Ausência de políticas de formação de novos quadros técnicos especializados e a qualificação dos existentes à trabalhar actualmente no sector.

Cerca de 90% da produção nacional de diamantes é exportada em bruto. No sentido de criar valor acrescentado ao diamante angolano é importante que se crie estratégia para diminuir as exportações de diamantes brutos e aumentar a quantidade de diamantes a serem lapidados em Angola que permitirá:

- Aumentar para o dobro as receitas das vendas dos diamantes e consequentemente aumentar a participação dos diamantes no PIB.
- Criar empregos directos e indirectos para os angolanos em especial para os habitantes da Lunda;
- Incentivar e promover o consumo interno.

O sector dos diamantes representa 70% dos postos de trabalho directos nas Lundas. Com o encerramento de mais de 50% dos projectos de aluviões, muitas famílias perderam os seus rendimentos, ficando muitas delas sujeitas a trabalhar ilegalmente para poderem sobreviver.

A participação do sector diamantífero no PIB, tem vindo a diminuir ao longo dos anos. Em 2003 o sector contribuiu com 5%, enquanto que em 2009 a contribuição foi de 0,9% apenas, embora a produção em 2009 tenha sido duas vezes superior a de 2003, o que nos permite concluir que a participação dos outros sectores de produção têm vindo a crescer enquanto que o sector minério tem apresentando muitas oscilações e quando cresce, cresce pouco e de forma pouco estruturada.

Quantificar a FC não é tarefa fácil, existem informações geológicas que ajudam a entender a sua deposição em diferentes áreas da Lunda. Os trabalhos de prospecção efectuados para a sua quantificação foram muito reduzidos, limitando desta forma, o conhecimento da quantidade exacta de diamantes disponíveis para serem explorados.

Os diamantes provenientes da FC são essencialmente cristais do tipo jóia. O preço deste diamante no mercado mundial é bastante alto em relação aos diamantes industriais. Em média chega a atingir os 350 USD/qlt enquanto o diamante industrial em média é vendido ao preço de 90 USD/qlt.

O subsector dos diamantes angolanos, nos últimos anos, tem tido uma quebra nos níveis de produção, fundamentalmente na exploração de depósitos secundários, devido a exaustão das reservas cobertas com pouca espessura de estéril. Daí, a certeza de que, as reservas de minério da FC, localizadas a grandes profundidades, são o futuro das empresas mineiras ligadas a exploração diamantífera.

Fazendo uma análise no percurso da exploração diamantífera em Angola desde 1917, verifica-se que a tecnologia teve sempre um papel de extrema importância no aumento dos níveis de produção. Com o passar do tempo, tendo em conta o esgotamento das reservas mais superficiais, não é possível manter nem aumentar os níveis de produção sem a modernização dos equipamentos utilizados, ou seja sem a introdução nos factores de produção de um novo equipamento mineiro que possa remover o estéril que se sobrepõe a FC.

A mineração da FC, com meios mecanizados pesados, resultará, no aumento da produtividade anual em termos de volumes de diamantes extraídos, criação de novos pontos de trabalho uma vez que as empresas diamantíferas empregam 70% da mão de obra activa ligada a produção directa e uma percentagem significativa oriundos de outras áreas do país.

Visto existirem quantidades consideráveis de minério da FC no Nordeste de Angola, introduzir a BWEs nos factores de produção será uma grande e valiosa aposta para o subsector dos diamantes de aluvião de Angola. Este equipamento pesado não substituirá a escavadora hidráulica, mas fará grande parte do trabalho que uma escavadora

convencional não pode fazer que é remover grandes quantidades de estéril num período de tempo muito reduzido.

A selecção dos equipamentos mineiros é uma das mais importantes decisões que devem ser tomadas durante a fase de planeamento de uma mina. Para tal, a selecção de uma BWEs deve ser feita dentro de certos limites, visto que máquinas de igual capacidade podem ter características muito diferentes, razão pela qual é muito difícil estabelecer uma normalização, como acontece com as escavadoras tradicionais.

Nas explorações mineiras, o sistema de correia transportadora torna os equipamentos de mineração contínua mais económico, embora o custo de investimento inicial de um sistema transportado por correia seja mais elevado do que o custo de uma frota de camiões, mas no entanto reduz significativamente os custos de operação e paga o dinheiro investido em muito pouco tempo.

Embora seja tema para uma outra dissertação, não podemos deixar de mencionar neste capítulo que novas energias como a eólica e solar, poderiam ser uma boa aposta na redução dos custos de energia na mineração visto que Angola apresenta um bom potencial para a implementação de energia renováveis.

Considerando que a participação de Angola no mercado mundial dos diamantes tem estado em declínio e dado o crescimento que se prevê de 5,9% até 2020, é uma boa oportunidade para o subsector dos diamantes investir em tecnologias novas para remoção do estéril, que permitirá aumentar a oferta de diamantes angolanos no mercado mundial.

O resultado deste trabalho satisfaz a expectativa inicial, onde concluímos que os constrangimentos da remoção de estéril poderão ser resolvidos com a introdução de um equipamento pesado, a BWEs, utilizada hoje em dia em muitas das grandes minas mundiais.

### **Principais dificuldades**

A elaboração de uma dissertação na área dos diamantes apresenta algumas limitações principalmente na recolha dos dados. Para satisfazer o objectivo inicial desta dissertação

estava prevista uma recolha de dados sobre as tecnologias usadas e custos de produção. O contacto com as estruturas produtivas permitiu verificar que a recolha de dados era bastante difícil, por estarmos num sector muito controlado e regulamentado por um conjunto de empresas que actuam de forma dominante ou com poder de mercado para as quais a segurança e o secretismo são elementos fundamentais.

### **Sugestões de pesquisa futura**

Como resultado desta dissertação podemos dizer que seria do interesse geral analisar de uma forma bastante profunda o funcionamento do mercado dos diamantes (jóia e industriais) de modo a melhorar a informação dos diferentes agentes económicos envolvidos neste sector, países e empresas, e a transparência do mercado e das suas transacções.

Para qualquer país produtor de diamantes, para Angola em particular, será muito importante aprofundar as questões sociais, económicas e políticas da exploração deste recurso natural como um elemento fundamental para a sustentabilidade na exploração do mesmo. No campo socioeconómico será de referir a importância que a exploração de diamantes tem para criar oportunidades de emprego, dinamizar e diversificar a economia das regiões diamantíferas e introduzir novas tecnologias de extracção enquanto no campo das políticas económicas será de referir, entre outras, toda a legislação referente à exploração dos diamantes, a concessão dos direitos de propriedade e a partilha ou redistribuição das mais-valias resultantes da exploração pelas diferentes instituições.

## BIBLIOGRAFIA

ADB - Perfil do sector privado, Setembro de 2012.

ADEBIMPE, R. A.; AKANDE, J. M. ; ARUM C, *Mine Equipment Selection for Ajabanoko Iron Ore Deposit*, 2013.

ASSEMBLEIA NACIONAL, Lei n.º 16/94 de 7 de Outubro – Legislação Mineira, 1994.

BAD e OCDE - Perspectivas económicas na África-Angola, 2005.

Bain & Company (BC) e Antwerp World Diamond Centre (AWDC) - *The Global Diamond Industry - Lifting the Veil of Mystery*, 2011.

Bain & Company (BC) e Antwerp World Diamond Centre (AWDC) - *The Global Diamond Industry - Portrait of growth*, 2012.

DANESE, L. C.; CARLOTTO, M.- *Diamante*. DNPM-MT, 2010.

FAUCHEUX, Sylvie; JEAN-FRANÇOIS - *Economia de recursos naturais e do meio ambiente*. Lisboa, 1995.

GOUVEIA, J.A.C.; MONCADA, P.C.; MONTEIRO, J.F.A.; NETO, M.G.N. – *Riquezas minerais de Angola*. Lisboa, Instituto para a Cooperação Económica (ICE), 1993.

Instituto Geológico e Mineiro - *Regras de boa Prática no Desmonte a Céu Aberto*, 1999

MACHADO, F. - *Recursos Minerais Política e Sociedade*. São Paulo, 1989.

MOISÉS, A. - *Geologia e Técnica de Prospecção dos Depósitos Diamantíferos do Nordeste de Angola*, Offeset, Lda, 2003.

MOISÉS, A. - *Os Diamantes em Angola*, Offset, Lda, 2006.

MOISÉS, A. - *Os Diamantes, Conflito & a Paz*, Offset, Lda, 2009.

MONFORTE, A; REIS, B.; SIMÕES, M.; MARGUES, M.; PEREIRA, E. - Boletim dos Serviços de Geologia e Minas, nº23, Luanda, 1971.

MONFORTE, A. - *O Diamante, Riqueza de Angola*. Angola, SPE (Sociedade Portuguesa de Empreendimentos), 1974.

MONFORTE, A. - *O Diamante em Angola nas rochas quimberlíticas e nos jazigos secundários*. Geologia Geral, SPE (Sociedade Portuguesa de Empreendimentos), 1985.

MONFORTE, A. - *Potencialidades Económicas dos Jazigos de Diamantes em Angola*. Lisboa, SPE (Sociedade Portuguesa de Empreendimentos), 1990.

PEREIRA, Eurico; RODRIGUES, José; REIS, Bernardo - *Synopsis of Lunda geology, NE Angola, Implications for diamond exploration*. 1980.

Pinho, J. et al - *Custos com a Energia Hídrica*, (2008).

Rapaport, Martin, Moral clarity and the diamonds industry, 2013. (consultado em 10 de Maio de 2013), disponível em, <https://www.rapaportfairtrade.com/Files/Library/ARR-MoralClarity-031113>.

*Revista anual da indústria de diamantes*, 2007.

*Revista anual da indústria de diamantes*, 2009.

*Revista Angola Minas “Industrialização e Integração Regional”*, 2012

*Relatório Anual da Sociedade Mineira do Projeto Catoca*. SMC, 2010.

*Relatórios da Endiama E.P*, 2005 à 2012.

*Relatórios de Produção dos Projetos Mineiros* - Lucapa SML, Chitotolo, Cuango e Luminas), 2005 à 2012.

SANTIAGO, Henrique – Desenvolvimento Mineiro. S/data, (consultado em 10 de Janeiro de 2013), disponível em <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAXGAAF/desenvolvimento-mineiro>.

SCHRODER, D. - Economic and technologic aspects of Bucketwheel Excavator - and Crusher/Conveyor-Systems, Germany, 2010, (consultado em 5/12/2012), disponível em [www.docstoc.com](http://www.docstoc.com)

*U.S. Geological Survey - Mineral commodity summaries*, 2013.

VUJIC, S.; ZIVOJINOVIC, R.; TANASKOVIC, T.;PETROVSKI, A - *Estimation of optimum exploitation life of a bucket wheel excavator: Through the prism of dynamic programming*. “Application of Computers and Operations Research in the Minerals Industries”. South African Institute of Mining and Metallurgy, 2003, pp. 457-464.

ZWARTENDYK, J. – *What is "mineral endowment" and how should we measure it?* Ottawa : Mineral Resources Branch, Dept. of Energy, Mines and Resources, 1972.

## **SÍTIOS DA INTERNET**

[www.leonardobrum.com.br](http://www.leonardobrum.com.br)

<http://comunidade.sol.pt/photos/antoniorbtavares>

[www.angolaembassy.org.il/documents/37anosPT.pdf](http://www.angolaembassy.org.il/documents/37anosPT.pdf)

[www.caterpillar.com](http://www.caterpillar.com)

[www.wikipedia.org/wiki/bucket-wheel\\_escavator](http://www.wikipedia.org/wiki/bucket-wheel_escavator)  
[kimberleyprocessstatistics.org/static/pdfs/public\\_statistics/2011/2011GlobalSummary](http://kimberleyprocessstatistics.org/static/pdfs/public_statistics/2011/2011GlobalSummary)  
<https://kimberleyprocessstatistics.org>  
[www.endiama.ao](http://www.endiama.ao)  
[www.angonoticias.ao](http://www.angonoticias.ao)  
[www.diamondregistry.com/News/index2009.htm](http://www.diamondregistry.com/News/index2009.htm)  
[http://www.planetseed.com/pt-br/posted\\_faq/49534](http://www.planetseed.com/pt-br/posted_faq/49534)  
<http://www.google.com/search?q=reservas+mundiais+de+diamante&tbm=isch&tbo>  
<http://www.megacurioso.com.br/minerais/30180-russia-revela-ter-a-maior-reserva-de-diamantes-do-mundo.htm>  
<http://www.itar-tass.com>  
<http://minerals.usgs.gov/minerals>  
<http://www.kimberleyprocess.com/documents>  
[http://www.ibram.org.br/150/15001002.asp?ttCD\\_CHAVE=170386](http://www.ibram.org.br/150/15001002.asp?ttCD_CHAVE=170386)  
<http://wdcgroup.com.br/relatorio-do-mercado-de-diamantes/>  
<http://www.publico.pt/economia/noticia/criada-em-angola-a-associacao-de-paises-africanos-produtores-de-diamantes>  
[http://expansao.sapo.ao/noticias/nacional/detalhe/pais\\_no\\_topo\\_dos\\_maiores\\_produtores\\_de\\_diamantes\\_do\\_continente](http://expansao.sapo.ao/noticias/nacional/detalhe/pais_no_topo_dos_maiores_produtores_de_diamantes_do_continente)  
[http://www.ibram.org.br/150/15001002.asp?ttCD\\_CHAVE=170386](http://www.ibram.org.br/150/15001002.asp?ttCD_CHAVE=170386)  
[http://www.diamondfacts.org/pdfs/media/media\\_resources/fact\\_sheets/Diamond\\_Industry](http://www.diamondfacts.org/pdfs/media/media_resources/fact_sheets/Diamond_Industry)  
[http://e-Geo.ineti.pt/geociencias/edicoes\\_online/diversos/boa\\_pratica/indice.htm](http://e-Geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/boa_pratica/indice.htm)