



**UNIVERSIDADE DE COIMBRA FACULDADE DE CIÊNCIAS E
TECNOLOGIA
Departamento de Ciências da Terra**

**A Barragem da Matala.
Sua Importância no Sistema Elétrico Angolano**

Elias Afonso Sacueça

MESTRADO EM GEOCIÊNCIAS – AMBIENTE E ORDENAMENTO

Orientador científico:

Prof. Doutor António Luís Saraiva *

* Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

2016

Agradecimentos

Ao orientador Professor Dr. António Luís Saraiva pela dedicada orientação, pelo incentivo, disponibilidade e compreensão demonstrada ao longo de toda a tese. A ter valor, este trabalho deve-o fundamentalmente a ele.

À minha mãe, pelo amor e carinho que só uma mãe tem por um filho.

Aos meus irmãos, pela amizade eterna, companheirismo e cumplicidade ao longo de toda a minha vida, a vocês o meu muito obrigado.

Agradeço acima de tudo a oportunidade que tive de ingressar nesta F.C.T.U.C. Isso se estende a todos que contribuíram para que isso pudesse se concretizar especialmente aos meus colegas (Bonifácio da costa, Lázaro Cambinda e o Fernando Tito). É também extensivo aos Professores de Pós – Graduação e os Professores Dr. do Mestrado há todos eles o meu muito obrigado.

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

Pela minha esposa e filhos, obrigado mais uma vez pela compreensão e apoio mural que deram durante este curso. A minha mãe, pelas lições e virtudes, das quais sempre procuro seguir.

A Deus, por toda a força, que em alturas de fraqueza me deu, coragem para ir a frente.

Se estes agradecimentos omitirem alguém, trata-se apenas de um lapso no papel, pois tenho bem presente o apoio e as valiosas contribuições de todos.

Resumo

A importância da barragem da Matala no fornecimento de energia hidroelétrica. Sua construção, reabilitação e condicionantes geológicas e geotécnicas.

Suas principais características, geológica e geotecnia da zona envolvente e sua importância, com mais ênfase, no estudo da barragem de betão por gravidade de Matala, que se localiza no Município da Matala. As barragens são em geral obras de grande porte e de grande impacto ambiental e social. Para a elaboração do projeto de construção de uma barragem de betão de modo a que a mesma tenha um desempenho seguro e eficiente, a drenagem interna deve ser dimensionada adequadamente.

De acordo com os estudos desenvolvidos pela Empresa Nacional de Eletricidade (ENE – EP) e especialistas do Ministério das Minas e Energia prevê-se que deve ser implementado um aumento na capacidade de geração de energia de aproximadamente 100 MW entre os anos de 2013 – 2017 através da reabilitação e expansão da rede de transporte e da capacidade de geração instalada em 1959. A política e estratégia de segurança energética a implementar em Angola foi aprovada por decreto Presidencial nº 256/11 de 29 de Setembro.

Palavras-Chave: A importância da barragem da Matala no fornecimento de energia hidroelétrica. Sua construção, reabilitação e condicionantes geológicas e geotécnicas.

Abstract

The importance of Matala dam in the supply of hydropower. Its construction, regeneration and geological and geotechnical determinants.

The main geological and geotechnical features of the surrounding area and its importance, with more emphasis in the study of Concrete Gravity Dam of Matala, which is located in the county of Matala. Dams are generally works of large and high environmental and social impact. In order to prepare the project for the construction of a concrete dam so that it has a safe and efficient performance, internal drainage should be sized appropriately.

According to studies conducted by the National Electricity Company (ENE - EP) and experts from the Mines and Energy Ministry, it is expected to be implemented an increase in power generation capacity of approximately 100 MW between the years 2013 to 2017 through regeneration and expansion of the transmission network and generation capacity installed in 1959.). The political and energy security strategy to be executed in Angola was approved by the Presidential Decree No. 256/11 of the 29th of September.

Keywords: The importance of the Matala dam in the supply of hydropower. Its construction, regeneration and geological and geotechnical determinants.

Agradecimentos.....	I
Resumo.....	II
Abstract.....	III
Índice.....	IV
Índice de Figuras.....	VI
Índice de Gráficos.....	VII
Índice de Tabelas.....	VIII
Lista de Abreviaturas.....	IX
CAPITULO I.....	1
1. Considerações Introdutórias	1
1.1. Estrutura da Dissertação	3
1.2. Objetivos da Dissertação.....	3
1.2.1. Objetivos.....	3
1.2.2. Justificativas.....	4
1.2.3. Justificativa Tecnológica	6
1.2.4. Justificativo Sócioeconómico	9
1.3. Rios e Cursos de Água	10
1.4. Lagos	12
1.5. Metodologia do Trabalho.....	12
Capítulo II. Considerações Gerais sobre Barragens.....	13
2.1. História.....	13
2.2. Tipos de Barragens e Aplicações	14
2.3. Classificação Quanto à Secção da Barragem	14
2.5. Importância da Barragem da Matala	15
2.7. Canal de Irrigação da Barragem da Matala.....	15
Capítulo III. Barragens.....	18
3.1. Barragens de Gravidade.....	19
3.2. Tipos de Reações nos Betões.....	22
3.3. Evidências das Reações Expansivas.....	22
3.4. Técnicas de Reabilitação.....	22
3.5. Permeabilidade da Fundação.....	23

3.6.	Âmbito.....	24
Capítulo IV. Eletricidade um Fator Estratégico de Crescimento e Desenvolvimento.....		29
4.1.	O Decreto Presidencial nº 256/11, de 29 de setembro	31
4.2.	Prioridades de Atuação.....	34
4.3.	Os Grandes Desafios	37
4.3.1.	Objetivos.....	38
4.3.2.	Transporte	38
4.4.	Posição da Eletricidade na Economia Nacional.....	39
4.5.	Objetivos Estratégicos do Sector Elétrico	40
4.6.	Observação da Evolução entre 2009 e 2010.....	41
4.7.	Angola – Demanda Máxima por Sistema (MW)	41
4.8.	Programa de Ações de Curto Prazo	42
4.9.	Sistema Elétrico Sul.....	43
Capítulo V. Barragem da Matala.....		46
5.1.	Principais Patologias	49
5.2.	Reconhecimento Geológico na região da Matala	49
5.3.	Características Geológicas do Local da Barragem da Matala	54
6.	Considerações Finais	62
7.	Recomendações	63
8.	Fontes de Informação e Mais Leituras.....	64

Índice de Figuras

Figura 1.1 - Vista de montante da barragem da Matala.	1
Figura 1.2 - Barragem da Matala (Google Earh).	2
Figura 1.3 - Obras de reabilitação da barragem da Matala	4
Figura 1.4 - Rede hidrográfica do rio Cunene- Fonte www.google.....	6
Figura 2.1 – Canal de irrigação da Matala)	17
Figura 3.1 - Perfil de uma barragem de gravidade.	20
Figura 4.1 - Províncias do sul pertencentes ao agrupamento D do sistema elétrico angolano.	43
Figura 4.2 - Linha de transporte Matala - Namibe.	43
Figura 4.3 - Sistema elétrico sul (MINEA 2013-2017).	45
Figura 5.1 - Barragem da Matala (Sanches, 1999).....	46
Figura 5.2 - Edifício da barragem (Sanches, 1999).....	48
Figura 5.3 - Tomada de água e central (Sanches, 1999).	48
Figura 5.4 - Perfil vão do descarregador sem comportas (Sanches, 1999).....	49
Figura 5.5 - Pilar da barragem antes da reabilitação (Batista e Gomes, 2014)	50
Figura 5.6 - Aberturas das juntas dos pilares (Batista e Gomes, 2014).....	50
Figura 5.7 - Intervenções projetadas para a reabilitação (Batista e Gomes, 2014).....	51
Figura 5.8 - Esboço geológico da área de estudo - Matala (Sousa do Vale, 1960).	52
Figura 5.9 - Aspeto da construção da barragem (Sousa do Vale, 1960).....	52
Figura 5.10 - Solo avermelhado utilizado na construção de pistas para a movimentação de veículos e utilizada durante os trabalhos de reabilitação da barragem da Matala.....	54
Figura 5.11 - Pórfiros da área de estudo - Matala.	55
Figura 5.12 - Diaclases nas fundações da barragem da Matala (Sousa do Vale, 1960).56	
Figura 5.13 - Diaclases nas fundações da barragem da Matala (Sousa do Vale, 1960).56	
Figura 5.14 - Disjunção prismática no pórfiro (Sousa do Vale, 1960).....	57
Figura 5.15 – Pórfiros compartimentados.	57
Figura 5.16 - Diaclases longitudinais.	58
Figura 5.17 – Piezómetro instalado na barragem.....	58
Figura 5.18 – Representação das paragens na área de estudo.....	60

Índice de Gráficos

Gráfico 4.1 - Consumo total líquido de eletricidade em Angola (GWh).....	30
Gráfico 4.2 - Consumo total de eletricidade renovável em Angola (GWh).....	30
Gráfico 4.3 - Potência elétrica total instalada em Angola (MW).....	30
Gráfico 4.4 - População angolana com acesso à eletricidade.	32
Gráfico 4.5 - Potência operacional sistema elétrico angolano.....	33
Gráfico 4.6 - Inoperacionalidade no sistema elétrico Angolano	33
Gráfico 4.7 - Custo do sistema elétrico angolano.....	34

Índice de Tabelas

Tabela 4.1 - Interligação dos sistemas de transporte.....	41
Tabela 5.1 - Aproveitamento hidroelétrico da Matala.	47
Tabela 5.2 - Dados levantados nas paragens 1 e 2 na área da barragem.	59
Tabela 5.3 - Dados levantados nas paragens 3, 4 e 5 na área da barragem.....	59
Tabela 5.4 - Dados levantados na paragem 6 na área da barragem.	59
Tabela 5.5 - Dados levantados nas paragem 7 na área da barragem.	60

Lista de Abreviaturas

ENE – Empresa Nacional de Eletricidade

GIGB – Comissão Internacional de Grandes Barragens

RSB – Regulamento de Segurança de Barragens

MW – Megawatt

BCC – Barragem de betão compactado com cilindro

RAS – Reação álcalis – sílica

RSI – Reação sulfática interna

AT – Alta tensão

BT – Baixa tensão

MT – Média tensão

AH – Aproveitamento hidroelétrico

LT – Linha de transporte

ENDE – Empresa Nacional de Distribuição de Electricidade

EPE – Empresa de Produção de Electricidade

RNT – Rede Nacional de Transporte

OGE – Orçamento Geral do Estado

GDP/ PIB – Produto Interno Bruto

MINEA – Ministério da Energia e Água

KV – kilovolt

AHE – Aproveitamento Hidroelétrico

SADC – Comunidade para o Desenvolvimento da África Austral

GWh – Gigawatt-hora

MWh – Megawatt-hora

TWh – Terawatt-hora

PESE – Programa Executivo do Sector Eléctrico

KVA – Kilovolt-ampere

GW – Gigawatt

CCGT – Turbinas de Gás em Ciclo Combinado

LNG/ GNL – Gás Natural Liquefeito

EIA – Empresa de Impacto Ambiental

TICs – Tecnologias de Informação e Comunicação

ha - Hectare

CAPITULO I

1. Considerações Introdutórias

A existência de numerosas quedas da água ao longo de muitos dos rios de Angola torna-os aproveitáveis para a construção de barragens. Estas barragens podem enquadrar-se em aproveitamentos hidroelétricos nos quais se gera a designada energia hidroeléctrica, tão necessária à industrialização do nosso país. Também podem servir de reservatórios de água para irrigação de culturas, agrícolas, dar de beber ao gado, fornecer água às aldeias, cidades e para aproveitamento turístico.

O lugar conhecido por Matala onde, presentemente, estão em curso notáveis obras de reabilitação na barragem e na central hidroeléctrica da Matala localiza-se na província da Huíla, concretamente no município da Matala no ponto onde o rio Cunene dá alguns pequenos e sucessivos saltos, conhecidos por rápidos da Matala e que dista 180 km para leste do Lubango.

A barragem da Matala (figura 1.1) localiza-se a montante da povoação (sector do Luceque) da Matala. Trata-se de uma barragem de betão com 20,28 m de altura máxima acima das fundações (15,42 m) até à cota do coroamento (1035 m). O coroamento tem um desenvolvimento de 150 m e a albufeira uma capacidade de armazenamento de 1305,65 m³ de água.



Figura 1.1 - Vista de montante da barragem da Matala.

Este foi o lugar escolhido pelo então Ex.^{mo} Inspector-Geral do Fomento, Sr.Eng.^o Trigo de Moraes, para construção de uma barragem (figura 1.2) destinada: a) ao fornecimento de energia elétrica às cidades da Matala, Lubango, Namibe e Tômbua e b) que permitia a irrigação de uma extensa área cerca de 43 km² que vai desde a Matala até Mucope (Capelongo).

O caminho-de-ferro do Namibe, no seu curso para leste, atravessa o rio Cunene neste mesmo local em ponte própria situada imediatamente a montante da barragem. O nosso país, apesar apresentar um enorme potencial hídrico, vive com uma grande dependência energética, pois o potencial elétrico instalado em Angola é insuficiente para satisfazer as necessidades de consumo. A insuficiência de energia em nada contribui para o desenvolvimento da economia nacional, pelo que por isso o Governo Angolano lançou um programa que visa aumentar a potência hidroelétrica instalada e que envolve, entre outros, a reabilitação da barragem e da central hidroelétrica da Matala a desenvolver sob o patrocínio da Empresa Nacional de Eletricidade (ENE).

Com a reabilitação de uma das turbinas vai aumentar-se a potência instalada, o que se vai acrescentar à construção de novos aproveitamentos hidroelétricos e ao reforço de potência de alguns dos já construídos. Aproveitamento hidroelétrico da Matala, entrou em serviço em 1959.

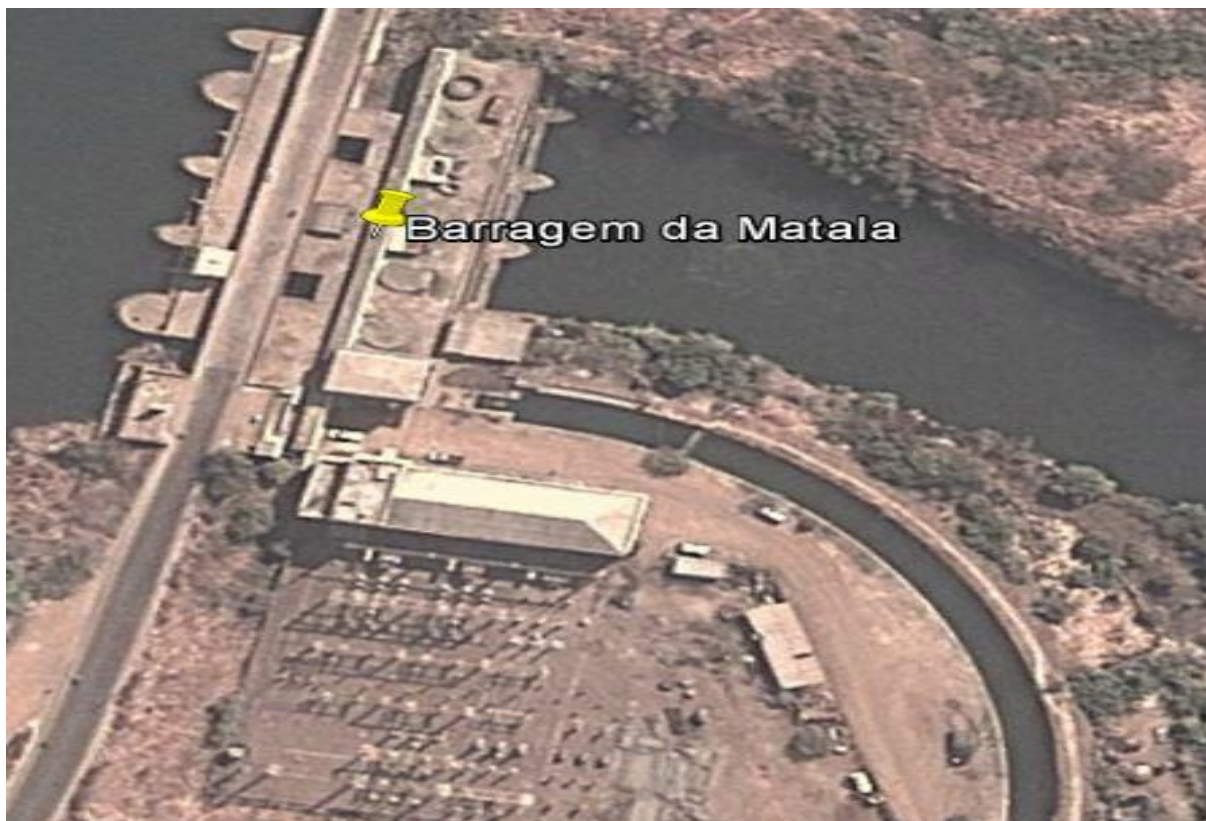


Figura 1.2 - Barragem da Matala (Google Earth).

1.1. Estrutura da Dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos, que se passam a descrever. O primeiro capítulo pretende mostrar considerações gerais, qual é o objetivo da dissertação, justificativa tecnológica sócioeconómico, rios e cursos de água, lagos e metodologia do trabalho e como esses mesmos objetivos se enquadram na situação que o país atravessa.

O segundo capítulo, pretende transmitir os, tipos de barragens e aplicações. Inicialmente, aborda alguns eventos históricos que marcaram as diferentes etapas na construção das barragens. Sucede-se, à classificação quanto a seção da barragem segundo a Comissão Internacional e o RSB, a importância da barragem da Matala e canal de irrigação da barragem da Matala.

No terceiro capítulo, aborda-se barragens de gravidade, tipos de reacções nos betões, evidências das reacções expansivas, técnicas de reabilitação, permeabilidade da fundação e âmbito.

No quarto capítulo, eletricidade um fator estratégico de crescimento e desenvolvimento, decretos, prioridades os desafios, transporte, posição da eletricidade na economia nacional, objetivos estratégicos do sector eléctrico, observação da evolução entre 2009 e 2010, Angola-demanda máxima por sistema (MW), programa de ações de curto prazo e sistema eléctrico Sul.

No quinto capítulo, é discutido o problema da forma de uma barragem Matala, qual a suas patologias, reconhecimento geológicas da Matala. Além de abordagens teóricas, são introduzidos neste capítulo alguns dados que serão importantes para o desenvolvimento prático da dissertação, como a características geológicas do local da barragem da Matala.

1.2. Objetivos da Dissertação

1.2.1. Objetivos

A grande motivação que conduziu a este trabalho foi o de desenvolver o estudo da barragem da Matala. Caracterização Geológica e geotécnica da zona envolvente e sua importância.

As energias renováveis em Angola;

Contributo na energia hidroelétrica;

Os aproveitamentos hidroelétricos em Angola e sua importância;

Caracterização dos aproveitamentos hidroelétricos em Angola;

A produção de energia elétrica e, em particular da hidroelétrica em Angola;
Os planos de expansão (Angola) do parque electroprodutor por via hídrica;
A importância da barragem da Matala no fornecimento de energia hidroelétrica. Sua construção, reabilitação e condicionantes geológicas e geotécnicas.

A figura 1.3 apresenta uma imagem de parte dos trabalhos que foram desenvolvidos na reabilitação da barragem da Matala.



Figura 1.3 - Obras de reabilitação da barragem da Matala

1.2.2. Justificativo

De acordo com o Regulamento de Segurança de Barragens de Portugal, RSB (Decreto-Lei nº 344/2007, de 15 de Outubro:

“Barragem” o conjunto formado pela estrutura de retenção, sua fundação, zona vizinha a jusante, órgãos de segurança e exploração e albufeira, com exceção dos diques fluviais e costeiros e ensecadeiras que não permaneçam para além do período de construção;

«Albufeira» o volume de água retido pela barragem (conteúdo) ou terreno que circunda o mesmo volume (continente), ou ambos, devendo o sentido, em cada caso, ser deduzido do contexto;

O Regulamento de Segurança de Barragens de Portugal aplica-se:

- a) A todas as barragens de altura igual ou superior a 15 m, medida desde a cota mais baixa da superfície geral das fundações até à cota do coroamento, ou a barragens de altura igual ou superior a 10 m cuja albufeira tenha uma capacidade superior a 1 hm³, no presente Regulamento designadas por grandes barragens;
- b) Às barragens de altura inferior a 15 m que não estejam incluídas na alínea anterior e cuja albufeira tenha uma capacidade superior a 100 000 m³.

As barragens são em geral obras de grande porte e de grande impacto ambiental e social. Para a elaboração do projeto de construção de uma barragem de betão de modo a que a mesma tenha um desempenho seguro e eficiente, a drenagem interna deve ser dimensionada adequadamente. O rio Cunene, é um dos maiores rios angolanos, mas de caudal muito variável, visto atravessar regiões de climas diferentes. Segundo Ferreira e Novo (2004), é possível definir quatro áreas climáticas na bacia do Cunene, a saber:

1. Região árida a semi-árida – desde o troço terminal até Ruacana; precipitação anual <20 mm/ano;
2. Região Shaleo-sudanesa e mediterrânica de tipo 1 – entre Ruacaná e imediações da Matala com precipitação anual compreendida entre 20 e 200 mm/ano;
3. Região Shaleo-sudanesa e mediterrânica de tipo 3 – entre a Matala e a zona montanhosa até perto de Huambo; precipitação anual > 200 mm/ano;
4. Região húmido-tropical e equatorial – na zona de cabeceira do rio com precipitação anual igual ou superior a 1000 mm/ano.

O rio Cunene nasce na província do Huambo, perto de Vila Nova, correndo para sul até Ruacaná, onde forma as quedas do mesmo nome e desagua a sul da baía dos Tigres.

A bacia hidrográfica do Rio Cunene, uma das principais de Angola em conjunto com as dos rios Zaire, Zambeze, Cubango e Cuando, apresenta uma forma alongada, desenvolvendo-se entre os paralelos 13° 30'S e 18°02'S e os meridianos 11°48'W e 16°20'W (Figura 1.3). A bacia hidrográfica pode dividir-se em três zonas morfológicas distintas:

- Zona norte e noroeste, a montante da Matala: Região de relevos pronunciados com altitudes variando entre 1 300 e 2 100 m;
- Zona entre a Matala e Calueque: vasta área planáltica, com altitudes entre 1 000 m e 1 300 m;
- Zona a jusante de Calueque: correspondente à parte da bacia hidrográfica drenada pelo trecho internacional do rio, apresenta relevos acentuados e altitudes situadas entre os 1 000 m e o nível do mar. A rede hidrográfica da Bacia do Rio Cunene é de natureza

predominantemente dentrítica em toda a região a montante e Jusante dominantemente rectilínea a sul dessa região.

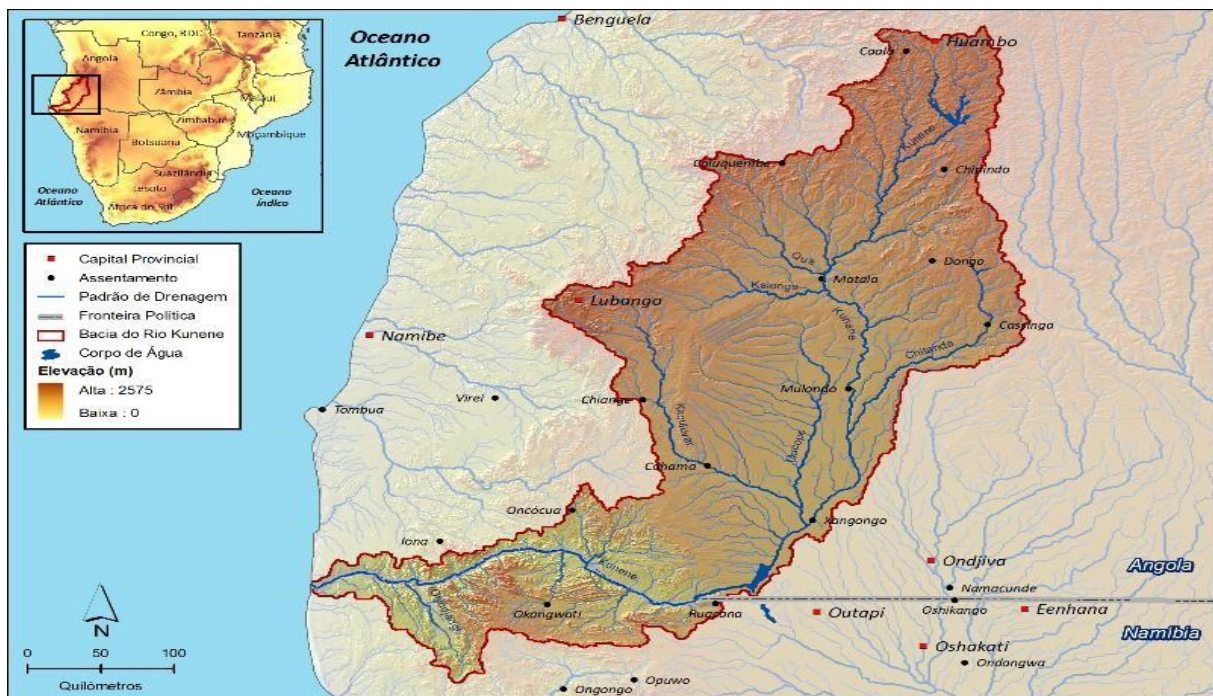


Figura 1.4- Rede hidrográfica da bacia do rio Cunene – Fonte www.google.

A área total da sua bacia hidrográfica é de 28072 km², correspondendo 90 x 10⁶ m³ de Ruacaná até à foz, o rio Cunene serve de fronteira entre Angola e a Namíbia. Tem como principais afluentes o Calai, o Cuvelai e o Caculuvar, na margem direita, e o Colui, na margem esquerda. O rio Cunene não é navegável. Na Matala há uma barragem que fornece electricidade e água para rega.

1.2.3. Justificativa Tecnológica

De acordo com os estudos desenvolvidos pela Empresa Nacional de Eletricidade (ENE – EP) e especialistas do Ministério das Minas e Energia prevê-se que deve ser implementado um aumento na capacidade de geração de energia de aproximadamente 100 MW entre os anos de 2013 – 2017 através da reabilitação e expansão da rede de transporte e da capacidade de geração instalada em 1959. Considerando que nos mesmos estudos realizados pela ENE- EP consta a informação de que a energia gerada pela barragem é insuficiente, conclui-se que deve ser realizado um aumento proporcional no número de barragens (ICOLD-CIGB, 1997). A política e estratégia de segurança energética a

implementar em Angola foi aprovada por decreto Presidencial nº 256/11 de 29 de Setembro engloba:

- A curto prazo – Concretização dos projetos em curso para a reabilitação e o reforço imediato das infra-estruturas;
- Lançamento do Programa Nacional de Eletrificação Rural;
- A longo prazo – Forte crescimento do parque de geração (dos atuais 1 GW para 9 GW em 2025); potenciação da energia renováveis;
- Interligação dos sistemas isolados – criação da Rede Nacional de Transporte;
- Expansão da eletrificação – cobertura de 50% a 60 % da população em 2025;
- Atuação significativa ao nível das tarifas (atualmente apenas cobrem 20% dos custos do Sistema).

Reforço das valências dos operadores do Sector Eléctrico. Também se inclui a gestão integrada do sistema eléctrico.

- **Regulação de tensão;** os Sistemas de Energia Eléctrica em corrente alternada funcionam com tensão constante, sendo assim necessário regular esta grandeza. Na regulação de tensão utilizam-se os reguladores de tensão dos grupos geradores, as baterias de condensadores, as bobinas de indução, os compensadores síncronos, os compensadores estáticos e os transformadores com comutadores de tomadas. De uma forma geral, um regulador de tensão compara a tensão de saída do gerador respectivo com o valor de referência, aplicando a diferença ao sistema de excitação, fazendo variar a corrente de excitação.

- **Sobre tensões em caso de disparo;** ocorre quando algum mecanismo externo provoca pequena variação em suas correntes internas.

No sistema Norte existe sobre-capacidade, embora ocorram interrupções importantes nos três sistemas, em grande parte devido a problemas graves de transmissão e distribuição. Os sistemas do Centro e do Sul têm muitas vezes energia limitada para distribuir. Um dos principais objectivos do Governo e da ENE é interligar os três principais sistemas, para aproveitar a sobre-capacidade existente a Norte.

- **Maiores dificuldades de reposição de serviço;** a maioria dos actuais equipamentos do sector da energia foi construída muito antes da independência, em 1975. Uma grande parte dessas infra-estruturas foi danificada durante a guerra civil ou não tem recebido manutenção regular, em parte devido a problemas de acessibilidade causados pela guerra. Apenas uma pequena parte da população tem acesso à energia eléctrica e o serviço é geralmente pouco regular.

- **Instabilidade do sistema eléctrico;** teremos assim sistemas estáveis até determinadas amplitudes de perturbações e instáveis para perturbações de maior amplitude. É usual dividir os estudos de estabilidade em três tipos: estabilidade estacionária; estabilidade

transitória; estabilidade de longo termo. Os estudos de estabilidade estacionária pretendem analisar o comportamento dos sistemas após a ocorrência de pequenas perturbações. Nos estudos de estabilidade estática é analisado o comportamento do sistema, após a ocorrência de pequenas perturbações, associadas fundamentalmente, à variação dos níveis de carga. Apresenta estabilidade estática se, após a perturbação, evoluir para um ponto de funcionamento próximo do anterior. A análise deste tipo de estabilidade pode ser realizada através da linearização das equações de funcionamento do sistema em torno do ponto de operação inicial. Como exemplo destes estudos temos o cálculo do limite máximo de carga das máquinas síncronas sem se verificar perda de sincronismo, admitindo que a carga está a aumentar gradualmente. Os estudos de estabilidade transitória analisam o comportamento do sistema para os primeiros segundos (1 ou 2 segundos) após a ocorrência da perturbação. Nos estudos de estabilidade de longo termo analisa-se o comportamento dinâmico do sistema para períodos mais longos. A instabilidade transitória é mais frequente do que a instabilidade estacionária. Embora um Sistema Elétrico esteja continuamente a sofrer pequenas perturbações (variações na carga, na velocidade das turbinas, etc....), estas não são porém geralmente suficientes para originar a perda de sincronismo, embora possam originar oscilações do sistema. O sistema será dito transitoriamente estável se as oscilações não ultrapassarem uma dada amplitude e forem amortecidas. Num sistema que não seja transitoriamente estável a amplitude das oscilações será grande e o amortecimento muito pequeno. Um sistema transitoriamente instável cria condições muito delicadas de exploração e é um sistema de grande risco. Os problemas de estabilidade estacionária ocorrem com mais frequência em redes muito malhadas que cobrem zonas de grande densidade de carga. Em redes extensas e pouco malhadas são os problemas de estabilidade transitória que maiores preocupações provocam. Os estudos de estabilidade transitória analisam o comportamento do sistema durante os primeiros segundos, após a ocorrência de grandes perturbações. O sistema considera-se transitoriamente estável para uma determinada repartição de cargas se, após a ocorrência de uma contingência importante, se mantiver em sincronismo, evoluindo para um ponto de funcionamento caracterizado por ser estacionariamente estável. A estabilidade de longo termo estuda o comportamento dinâmico do sistema durante períodos de grande duração após a ocorrência de pequenas perturbações. Este tipo de problemas pode ser analisado quer no domínio temporal quer no domínio das frequências.

- **Deficientes licenciamentos das instalações de produção, transporte, distribuição e utilização**; transferência dos poderes de fixação de tarifários do Estado para um organismo regulador independente: o Governo deve considerar a transferência do poder de fixação de tarifas para um organismo regulador independente, a fim de garantir a existência dos

recursos financeiros necessários e dar confiança aos investidores do sector. Clarificação dos processos de licenciamento e regulação para pequenos sistemas: como medida para promover a electrificação, o Governo deve estabelecer uma regulamentação pouco rígida, que remova os obstáculos e clarifique e simplifique os procedimentos para a criação de pequenos projectos de produção e distribuição de electricidade.

Considerar o reconhecimento de redes informais urbanas e peri-urbanas de distribuição de electricidade: as empresas de electricidade devem ser encorajadas a encontrar meios de formalizar e encorajar o desenvolvimento de redes de distribuição de electricidade operadas por entidades privadas, como uma forma de aumentar o acesso à energia eléctrica. Este processo envolveria o eventual licenciamento pela entidade reguladora e a realização de inspecções para garantir a segurança dos consumidores.

1.2.4. Justificativo Sócio-económico

Um projeto da dimensão de uma barragem provoca mudanças significativas em várias vertentes do ambiente socioeconómico, tanto a nível positivo como a nível negativo. Estas mudanças podem ser encaradas como consequência das suas duas fases: o período de construção e o período de funcionamento.

Durante o período de construção, o projeto de uma barragem requer um elevado número de mão-de-obra indiferenciada, e um número menor de mão-de-obra qualificada, conduzindo à criação de empregos durante aquela fase. A parte da população ativa que trabalha no sector agrícola, ao encontrar emprego na construção civil, muda de atividade e, em geral, não regressa à atividade tradicional, após a conclusão das obras, preferindo emigrar (Henriques, 1994).

Os impactes podem ainda prender-se com a criação de vias de comunicação, serviços sociais e outras infra-estruturas instaladas (sobretudo nos Países em Vias de Desenvolvimento, com graves carências em infra-estruturas, embora seja também observável em Países Desenvolvidos) durante o período de construção, providenciam acesso a áreas previamente inacessíveis, permitindo a instalação e ligação das economias locais ao mercado nacional.

A disponibilidade de água potável e energia eléctrica em áreas anteriormente carentes é também um impacte fundamental na construção de uma barragem uma vez que se tratam de necessidades básicas do ser humano e significa uma elevada melhoria na qualidade de vida da população servida.

O elevado afluxo de pessoas associados ao período de construção da barragem e a sua fixação em zonas adjacentes à barragem estimula temporariamente a economia da região devido à solicitação de uma série de serviços (alojamento, restauração, entre outros), um impacto positivo embora de carácter temporário.

Uma das finalidades na construção de uma barragem pode ser a irrigação de solos de grande potencial agrícola. A construção de uma rede de irrigação pode levar ao crescimento do valor acrescentado das colheitas, e consequentemente melhorar a nutrição das populações locais, ao mesmo tempo que proporciona postos de empregos, rejuvenesce o sector agrícola e permite a produção de alimento para os habitantes locais.

O sector agrícola é, porventura, o sector mais suscetível a alterações do seu sistema económico, uma vez que a implementação da barragem pode levar, e.g., à introdução de novas tecnologias agrárias e culturas, por vezes mais agressivas para o solo, resultando na sua erosão e perda de nutrientes.

No entanto, estes efeitos associados ao sector agrícola são residuais, comparando com os postos de trabalho criados pela produção hidroelétrica e outros serviços providenciados pela albufeira. Estes serviços podem ser a criação de indústrias de pesca desportiva e comercial, turismo e navegação. Repare-se, por exemplo, no caso do canal alimentado pela água armazenada na albufeira da barragem da Matala admite-se a criação de 500 empregos.

É também importante ter em conta os impactes sociais provocados pelo realojamento de populações inseridas na área a inundar pelo projeto hidroelétrico bem como a perda de propriedade associada, embora estes impactes se encontrem fora do âmbito deste trabalho.

Numa perspetiva de desenvolvimento sustentável, a qual compreende as vertentes social, económica e ambiental, é possível sintetizar os impactes decorrentes da construção e exploração de barragens, oferecendo assim uma perspetiva global.

1.3. Rios e Cursos de Água

O rio Cunene nasce próximo da cidade do Huambo e entalha a Província da Huíla no sentido geral Norte-Sul, criando uma separação sensivelmente a meio da extensa área territorial da Província, que se prolonga na Província do Cunene (a Sul desta). Na fronteira Sul da Província do Cunene, o rio inverte o seu curso para Oeste, onde, a partir das conhecidas cataratas do Ruacaná, constitui fronteira natural entre essa Província e a Namíbia. O rio Cunene é um rio de regime permanente, que apresenta caudais extremamente variáveis ao longo do ano. Os caudais na época das chuvas são

normalmente muito elevados, sendo que os caudais na época seca são tradicionalmente diminutos.

Os recursos de água superficial na bacia são dominados pelo rio Cunene (curso de água perene) e os seus afluentes em Angola, bem como por alguns rios efémeros na parte sul da bacia.

A maioria do escoamento é gerada pela precipitação que cai entre Outubro e Março nas terras altas de Angola. A bacia hidrográfica localiza-se na parte ocidental do país onde a precipitação é muito incerta e variável, resultando em grande diferença entre anos bons e maus. A relativamente pequena bacia e a inclinação íngreme do leito do rio nas secções alta e baixa significam igualmente que o caudal corre com relativa rapidez para a costa, deixando o rio quase seco no fim da estação seca.

O escoamento médio de longo prazo na bacia do rio Cunene medido nas estações hidrométricas é estimado em aproximadamente 5 000 Mm³/ano (milhões de metros cúbicos por ano) em Ruacaná, 1 600 Mm³/ano no Gove e 4 900 Mm³/ano na Matala. Não há atualmente informação disponível sobre o escoamento dos afluentes. Os afluentes mais importantes do rio Cunene são:

- O rio Que - o afluente mais longo na densa rede da sub-bacia do Alto Cunene. Este drena a parte sul e oeste da sub-bacia.
- O rio Chitanda – drena a parte oriental do Médio Cunene.
- O rio Mucope – nasce ao sul da Matala no centro da bacia e drena a maior parte da planície de inundação da sub-bacia do Médio Cunene.
- O rio Caculuvar - nasce perto do Lubango e drena a parte do curso médio do Cunene. É o afluente mais longo do Cunene.
- O rio Otjindjangi – nasce na Namíbia e corre apenas durante uma parte do ano: durante e imediatamente depois das chuvas (curso de água efémero). Drena parte da sub-bacia do Baixo Cunene.

Enquanto os afluentes no curso inferior do Cunene semi-árido são geralmente rios efémeros, muitos dos afluentes do Médio Cunene são não perenes e todos os rios na sub-bacia do Alto Cunene são perenes

1.4. Lagos

Não há lagos naturais na bacia do Cunene, contudo há barragens no rio Cunene e em alguns dos seus afluentes, que armazenam água para a regulação dos caudais, irrigação, geração de energia hidroelétrica e abastecimento doméstico de água:

- A Barragem do Cuando, no afluente Etembo, perto do Huambo, e a Barragem do Gove no curso superior do rio Cunene;
- A Barragem da Matala no curso médio do Cunene;
- As Barragens do Ruacaná e Olushandja, armazenando água da barragem do Calueque no curso inferior do rio Cunene.

1.5. Metodologia do Trabalho

Análise da evolução da produção de energia elétrica em Angola em particular na província da Huíla, e em particular, do contributo da energia hidroelétrica.

Análise da geologia e da estrutura do local de implementação da barragem da Matala.

A elaboração deste trabalho baseou-se em pesquisas na internet, livros técnicos, congressos e seminários de geotecnias, relatórios de obras e visita técnica.

A internet foi utilizada, das quais foram obtidas informações conceptuais básicas sobre (geotecnia) e mecânica dos solos, dos anéis de congresso, que também tratam dos temas acima, dados mais específicos e objetivos sobre casos de obras foram extraídos.

Fez-se uma enriquecedora visita técnica à barragem da Matala, com acompanhamento da Empresa Nacional de Eletricidade (E.N.E-EP), que forneceram relatórios técnicos e informações de grande importância e aplicabilidade para o estudo de caso discutido no presente trabalho.

Também foram utilizados os materiais como, GPS, Bússola, martelo geológico, máquina fotográfica, caderno de apontamentos etc.

2. Considerações Gerais Sobre Barragens

2.1. História

A água como principal recurso natural, teve ao longo da história humana uma enorme importância no desenvolvimento económico, tecnológico, social e corporativo. Por ser um elemento indispensável à sua sobrevivência, o homem sempre tentou gerir os recursos hídricos nas mais variadas atividades e necessidades.

No entanto, a irregularidade e imprevisibilidade do fluxo da água dos rios e de outros recursos, que conduziam a inundações violentas e destrutivas num ano e a condições de seca em anos subsequentes, acarretou a necessidade da construção de barreiras físicas para proteção e contenção de consideráveis volumes de água.

A maior parte dos rios no mundo não têm caudal suficiente para satisfazer as demandas de água, especialmente durante as estiagens. Desde tempos remotos que houve necessidade de armazenar as águas das chuvas de modo a poder utilizá-las durante a época seca.

As barragens não fazem mais do que fazer uma transferência de água no tempo em oposição às adutoras que fazem transferência de água no espaço.

A primeira barragem, de que há memória, foi construída na Caldeia, no rio Tigre.

Outra barragem, muito antiga, foi construída no rio Nilo próximo de Mênfis.

Quando os ingleses ocuparam a Índia encontraram, só no estado de Madrasta, milhares de barragens de pequeno porte, todas destinadas à irrigação. Uma delas, em Ponniary, inundava 20000 ha. Na ilha de Ceilão, quando os portugueses lá desembarcaram, encontraram mais de 700 barragens. Os árabes na Península Ibérica construíram centenas de barragens para rega.

Os romanos deixaram numerosas barragens na Península Ibérica. Em Portugal existem vestígios de algumas, mencionadas no livro “Aproveitamentos Hidráulicos Romanos a Sul do Tejo” da autoria de Carvalho Quintela (1986). Na atividade, desde o início do século, construíram-se milhares de barragens, a maioria destinada ao aproveitamento hidroelétrico.

De entre as grandes barragens construídas em capacidade de armazenamento da albufeira, pode referir-se:

Owen Falls no Uganda: $204,8 \times 10^9 \text{ m}^3$

Bratsk, na ex URSS: $169,3 \times 10^9 \text{ m}^3$

Kariba, no Zimbabwe: $160,4 \times 10^9 \text{ m}^3$

Sadd-el-ali, no Egipto: $157,0 \times 10^9 \text{ m}^3$

Akosombo na Guiana: $148,0 \times 10^9 \text{ m}^3$

O betão usado na construção de barragens foi usado pela primeira vez, em 1872, na barragem de gravidade de Boyds Corner, no estado de Nova York nos Estados Unidos da América. A primeira barragem de betão em arco foi construída poucos anos mais tarde, em 1880, na Austrália. Henry Charles Stanley projetou a primeira barragem de betão em arco, a “75-Miles”, que tinha cerca de 5 m de altura, 2,80 m de espessura na base, 1,10 m de espessura no coroamento, um descarregador de superfície, uma válvula de controlo de cheias e uma válvula de limpeza.

O betão permitiu o desenvolvimento do sistema estrutural das barragens, bem como as suas características geométricas, possibilitando o aumento do comprimento, altura e da sua esbelteza.

2.2. Tipos de Barragens e Aplicações

A escolha do tipo de barragem a construir num determinado local deve ser feita considerando muitos aspetos técnicos, mas principalmente visualizando a utilização dos materiais disponíveis no local da obra.

A viabilidade da solução adotada passa pela disponibilidade e distância de transporte dos materiais. Assim sempre é indispensável um bom estudo geológico - geotécnico para o projecto de uma barragem.

2.3. Classificação Quanto à Secção da Barragem

As barragens podem ser classificadas segundo diferentes critérios, nomeadamente quanto à forma estrutural, aos materiais utilizados, às suas dimensões, à capacidade de armazenamento e às finalidades.

A Comissão Internacional de Grandes Barragens (ICOLD) agrupa as barragens em duas grandes categorias, a saber: pequenas e grandes barragens, tendo em consideração, fundamentalmente, a altura e o volume de água armazenado.

A finalidade das albufeiras, que são consequência da construção de barragens, pode incidir sobre o abastecimento de água, a irrigação agrícola, o controle de cheias, a produção de energia elétrica, a navegação e a atividades recreativas.

2.4. Importância da Barragem da Matala

O embaixador de Angola no Canadá, Agostinho Tavares, considerou que a reabilitação e modernização do aproveitamento hidroelétrico da Matala, trará desenvolvimento socioeconómico à região Sul de Angola, atendendo ao seu potencial estrutural. Falando à imprensa, no final de uma visita que efetuou à hidroelétrica para constatar o andamento das obras, a cargo da Empresa Canadiana "SNC-LAVALIN", Agostinho Tavares disse tratar-se de um projeto importante para o desenvolvimento da economia da região. "Estou particularmente impressionado com a grandeza desta obra, não tinha ideia de como era a hidroelétrica da Matala e devo dizer que se trata de um projeto de extrema importância para Huíla, e não só, porque esta barragem completamente reabilitada vai servir outras províncias como o Namibe e Cunene. Agostinho Tavares afirmou ser um projeto que vai gerar energia para o desenvolvimento de grandes indústrias transformadoras e alimentará as províncias vizinhas, assim como permitirá o avanço do sector agrário, atendendo à dimensão que o município da Matala possui.

Salientou que é um projeto desenvolvido em parceria com o governo do Canadá, e por isso, com a reabilitação desta infra-estrutura as províncias da Huíla, Namibe e Cunene, estarão bem servidas em termos de fornecimento de energia elétrica. "É um projeto que o Canadá tem estado a executar, com um financiamento do governo angolano. As obras que tiveram início em Agosto de 2010, tinham o seu termo previsto para Março de 2015. A hidroelétrica tem uma potência instalada de 40 MW. As obras foram orçadas em 225 milhões e 840 mil dólares norte-americanos.

A Matala é vila e sede do município com o mesmo nome da província da Huíla. Tem aproximadamente cerca de 140 mil habitantes. É limitado a Norte pelo município de Chicomba, a Este pelos municípios da Jamba e Cuvelai, a Sul pelos municípios de Ombadja e Cahama, e a Oeste pelos municípios de Chiange, Quipungo e Caluquembe. É constituído pelas comunas da Matala, Capelongo e Mulondo.

A sua importância deve-se à sua barragem, que fornece energia elétrica não só para a província da Huíla como também para a do Namibe, e fornece água para as suas famosas explorações agro-pecuárias.

2.5. Canal de Irrigação da Barragem da Matala

O perímetro da Matala que foi implantado em 1953, situa-se na margem direita do rio Cunene, a jusante da barragem da Matala e da cidade do mesmo nome, que dista 200 km a leste da cidade do Lubango.

O perímetro irrigado é alimentado a partir de um canal que se estende desde a barragem até a área de Mucope, que fica ao sul de Capelongo. O canal possui um comprimento de 1,20 m no término e 3,3 m de largura. O canal encontra-se pouco aproveitado e há o registo de vários hectares sem cultivos.

A área do canal possui 18 sectores hidráulicos que compreende 5108,2 hectares. Atualmente o perímetro integra 7 cooperativas agrícolas denominadas como sectores hidráulico.

O perímetro de irrigação possui 10 lavandarias não utilizáveis ou não acabados, e o perímetro é composta por 506 agricultores todos no canal.

O canal de irrigação da Matala alimenta uma área irrigada de 7.000 ha alargável nos próximos anos para 11.000 ha. Está em produção plena de batata (10.000t/ano), pratica-se uma agricultura tradicional, cuja produção se destina ao auto-consumo, isto é, à satisfação das necessidades alimentares do agricultor e da sua família e ao mercado local ou nacional.

A construção de silos é um projeto das Unidades Armazenadoras de Cereais do Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e Pescas – dono de obra, que está a construir uma rede de silos de armazenamento de cereais por toda Angola. A construtora Incatema, tem em seu cargo a construção de silos numa região muito importante em termos agrícolas que é a Matala.



Figura 2.1- Canal de irrigação da Matala

3. Barragens

.As barragens de betão caracterizam-se pela sua resistência, mesmo para grandes alturas, pela sua esbelteza. Apesar das vantagens as barragens em betão necessitam de especial atenção para evitar assentamentos acentuados, limitar a fissuração e controlar a reatividade entre o cimento e os agregados de forma a diminuir a probabilidade da ocorrência da reação alcalis-sílica.

Quanto ao processo construtivo existem atualmente dois tipos de barragens: barragens de betão compactado com cilindros (BCC) e barragens de betão convencional.

As propriedades estruturais de uma barragem BCC são semelhantes às das barragens de betão convencional. No entanto, como o betão é colocado sucessivamente em camadas de pequenas espessuras o processo construtivo acaba por ser muito mecanizado.

Além dessa vantagem referem-se ainda:

- Custos de produção reduzidos;
- Utiliza-se um método da compactação e não de vibração;
- Menor quantidade de cofragens;
- Rapidez na construção;
- Obras de derivação provisória menos importantes.

Alguns inconvenientes que incluem a sua utilização são:

- Consequências graves em caso de imprevistos;
- Dificuldade de execução em espaços reduzidas;
- Elevado número de juntas horizontais.

As barragens de betão compactado com cilindro exigem maior capacidade de produção de betão, devido ao elevado ritmo exigido na colocação dos materiais construtivos, e consequentemente a compactação e colocação do betão estão concentrados num período de tempo mais reduzido, o prazo de construção é mais reduzido.

Os fatores mencionados contribuem para que este tipo de barragens seja competitivo e com um custo inferior.

De acordo com o tipo estrutural, as barragens de betão convencional podem ser classificadas em:

- Barragens de gravidade;
- Barragens de gravidade aligeirada;
- Barragens de gravidade com contrafortes;
- Barragens arco-gravidade;
- Barragens em abóbada de dupla curvatura;
- Barragens de abóbadas múltiplas.

Quanto aos problemas geológicos que se põem, as barragens podem ser divididas em três grandes tipos, a saber:

- 1ª- Barragens de tipo gravidade;
- 2ª - Barragens em abóbada;
- 3ª - Barragens de aterro.

3.1. Barragens de Gravidade

Wahlstrom (1974) considera a melhor fundação, aquela para a qual a segurança e a eficiência podem ser asseguradas pela barragem de menor custo.

Em qualquer local morfologicamente apropriado pode hoje construir-se uma barragem desde que haja à disposição os meios necessários.

Pode dizer-se, também que qualquer defeito ou dificuldade de carácter geológico tem hoje remédio técnico, embora com o aumento de custo da obra.

O impeditivo geológico extremo será o local onde os movimentos sísmicos frequentes possam por em risco a construção.

As barragens de tipo de gravidade (figura 3.1) são adaptáveis a todos os locais, mas a sua altura está condicionada pela natureza dos terrenos de fundação. Em fundações fracas a sua altura máxima é no geral de 20 m. É a mais rígida e requer uma cuidadosa manutenção é aconselhável em sítios com boa rocha compacta nas fundações. O próprio peso é que faz a sua estabilidade.

Numa barragem de gravidade, o peso e a forma serão tais que a barragem possa suportar o impulso horizontal exercido pela água.

Tem de resistir ao assombramento por rotação no bordo jusante da sua base. Por isso é que precisa de ter um peso significativo.

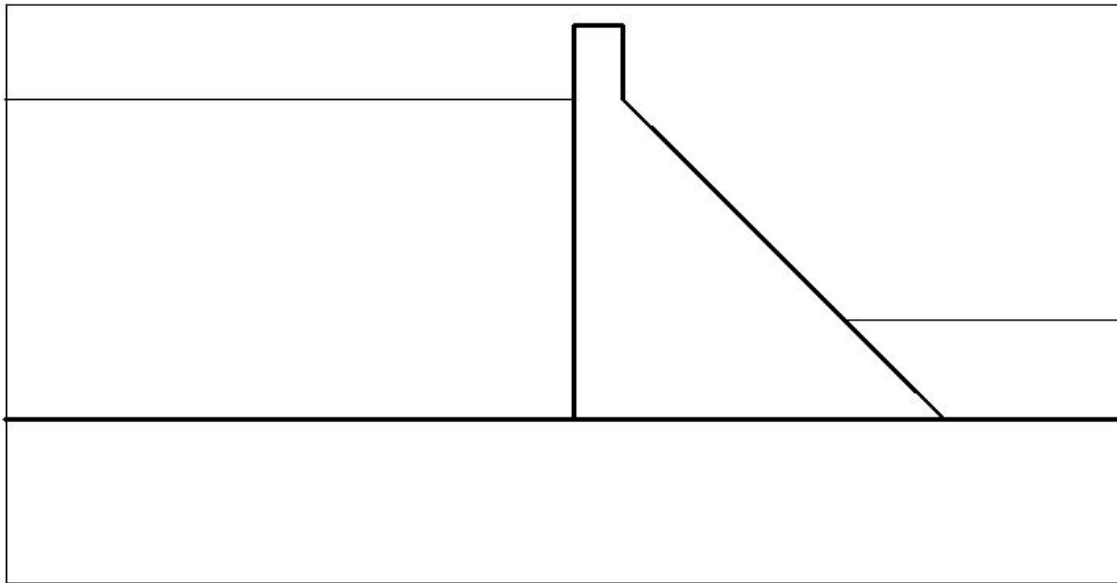


Figura 3.1 - Perfil de uma barragem de gravidade.

As barragens de gravidade são geralmente uma estrutura maciça, com a secção transversal triangular dimensionada para que o peso próprio permita mobilizar grande parte da resistência necessária às forças que sobre ela atuam.

Em comparação com as barragens de gravidade de materiais soltos, as de betão apresentam uma forma geométrica menos avolumada devido essencialmente ao menor desenvolvimento, em planta, de ambos os paramentos. No entanto comparando com outras formas estruturais como de arco-gravidade ou de contraforte, apresentam geralmente maiores volumes de betão.

Quando o reservatório está cheio, a resultante das forças aplicadas está situada ao terço médio da base da barragem, próximo do paramento de jusante, e como consequência disso a tensão normal é baixa no pé de montante da barragem. A tensão nessa zona poderá ser de compressão ou de tração, dependendo da inclinação do paramento e do peso próprio do betão mas terá sempre valores baixos.

No entanto, quando a albufeira está vazia, as condições invertem-se e as tensões normais são muito baixas no pé de jusante da barragem e muito elevadas no pé de montante.

Quanto ao método construtivo, a construção de barragens de gravidade caracterizam-se pelo uso de betões executados em central com composições estudadas que são colocadas em obra, vibradas e são preparadas as juntas horizontais através de um jato de água ou areia ou por picagem. Como é sabido neste tipo de barragens são usados consideráveis volumes de betão e tal facto influencia a dimensão e a frequência das camadas de betão. As elevadas dimensões destas estruturas obrigam a que sejam delimitadas as juntas de

dilatação de forma precisa para controlar a fissuração, de modo a manter a estanquidade e consequentemente a segurança. Na fase construtiva é ainda imperativo um controle cuidadoso da temperatura do betão, durante a betonagem e em períodos subsequentes. Se o calor devido à hidratação do betão não for considerado, podem instalar-se elevados valores de trações nas juntas de betonagem e provocar fissuras significativas.

As barragens de gravidade, assim como todos os outros tipos que se incluam nas barragens de betão convencional, facilitam a instalação de equipamentos ou acessos como viadutos, condutas, galerias e órgãos de descarregadores.

No entanto as estruturas de gravidade constituídas por betão convencional em consideração apresentam inconvenientes que desfavorecem a sua escolha, no qual se incluem:

- Requerem um volume elevado de betão;
- Tempo de cura do betão é elevado;
- Temperaturas elevadas devidas à hidratação do cimento;
- Custos elevados;
- Pode acarretar problemas de subpressões.

Os materiais usados na construção destas obras envolvem desde alvenaria, nas obras mais antigas, como betão convencional ou betão compactado com cilindros nas estruturas mais recentes.

O projeto de uma barragem de gravidade deve obedecer aos seguintes requisitos:

- a) A fundação e os encontros do sítio devem ser suficientemente resistentes para suportar o peso da barragem.
- b) A fundação deve ser homogénea e uniformemente elástica em todas as direções, de modo que as suas propriedades possam ser interpretadas segundo a teoria da elasticidade.
- c) A base da barragem deve ser bem assente na fundação e nos encontros.
- d) Devem ser tomados cuidados especiais a fim de que seja assegurada uma perfeita união entre betão e rocha.
- e) O betão deverá ser uniforme em todos os pontos da estrutura devendo as suas propriedades ser acompanhadas através de controlos de qualidade.

- f) Devem ser levados em conta os efeitos provocados por sismos, se se tratar de uma região sujeita a tremores de terra.
- g) A análise da estabilidade deve ter em consideração a existência de possíveis assentamentos diferenciais.

3.2. Tipos de Reações nos Betões

Segundo Silva (2007) o betão é uma mistura constituída por agregados, água, cimento e adjuvantes em doses adequadas para o fim em vista. Durante o processo de hidratação do betão podem ocorrer várias reações que potenciam a degradação do betão e de que é possível destacar:

- Reação alcalis-sílica (RAS) - desenvolve-se um gel sílico-alcalino, expansivo, resultante da reação entre os alcalis do cimento, a água e a sílica (com estrutura cristalina “mal” organizada) dos agregados.
- Reação sulfática interna (RSI) - temperaturas elevadas dão origem à formação de etringite secundária (DEF) que, na presença de água, é expansiva.

3.3. Evidências das Reações Expansivas

- Efeitos nas juntas: fecho generalizado, esmagamento de preenchimentos, deslizamentos entre blocos (desalinhamentos no coroamento);
- Efeitos nos vãos (condutas, orifícios e descarregadores): ovalização de condutas, fecho e distorção de orifícios e encravamento de comportas;
- Fendilhação superficial: difusa e generalizada, devida à heterogeneidade local, e linear, devida à resposta estrutural a deformações impostas;
- Produtos da reação: a RAS produz geles que podem exsudar nas superfícies aparentes, em geral em cavidades, fendas e juntas.

3.4. Técnicas de Reabilitação

Quando é necessário desenvolver trabalhos de reabilitação numa barragem podem desenvolver-se trabalhos, como por exemplo:

- Impermeabilidade de apartamentos: para evitar a entrada da água, que alimenta a reação;
- Cortes estruturais: para aliviar tensões e recuperar deslocamentos progressivos;

- Reforços estruturais com fibras, barras e cabos: para ligar, cintar e confinar zonas deteriorados ou previamente cortadas;
- Injeção de fendas e zonas cortadas (calda de cimento e resinas): para restabelecer a continuidade estrutural.

Estas técnicas são muitas vezes usadas em conjunto, para solucionar os problemas de forma integral.

3.5. Permeabilidade da Fundação

A permeabilidade da fundação, ou seja, a facilidade ou dificuldade que o meio oferece à passagem de um fluido por seus poros ou vazios, tem um papel dominante no fluxo (principalmente no trecho inferior da barragem), o fluxo pela fundação pode e na maioria das barragens analisadas é dominante, ou seja, é bastante superior ao fluxo pelo maciço compactado Cruz (1996).

Em maciços rochosos, o regime de escoamento é governado pela permeabilidade da rocha matriz e pela condutividade hidráulica das fraturas ou descontinuidades, ou seja, a resistência ao fluxo oferecida por meio confinado, Souza (2005). Diversos são os fatores que influenciam a permeabilidade dos maciços fraturados, tais como: permeabilidade da rocha matriz, espaçamento entre descontinuidades, abertura e preenchimento das descontinuidades, tipo de material de preenchimento, rugosidade das paredes da fratura.

Maciços rochosos costumam apresentar geometrias normalmente muito complexas, onde as descontinuidades ocorrem de forma anisotrópica e heterogênea. Desta forma, o uso de modelos matemáticos ou físicos para a análise do fluxo em maciços fraturados se justifica somente se houver disponibilidade suficiente de informações acerca dos parâmetros in situ, Louis (1972) e Souza (2005).

A falta de informações sobre parâmetros da rocha gerou a necessidade de uma abordagem mais simplificada sobre a permeabilidade a ser utilizada, visto que a única informação obtida sobre a rocha podem ser os testemunhos de sondagem, a percentagem de recuperação simples, o RQD (Rock Quality Designation ou índice de recuperação modificada), e a permeabilidade do maciço rochoso.

De acordo com Souza (2005), a análise da permeabilidade dos maciços rochosos requer, em primeiro lugar, que seja definido se o meio em estudo deverá ser tratado de forma contínua ou descontínua.

Em uma abordagem descontínua, pode-se representar a permeabilidade média equivalente de um maciço rochoso como uma função da permeabilidade da rocha tendo em

consideração a condutividade hidráulica, abertura e espaçamento das fraturas, Louis (1972) e Souza (2005).

3.6. Âmbito

Neste contexto, e procurando diferenciar o âmbito de atuação de cada uma delas, competirá, segundo Oliveira (1986):

- A Geologia de Engenharia explica a gênese dos terrenos, faz a sua descrição qualitativa e a sua caracterização quantitativa (tanto quanto possível) tendo em conta os problemas de engenharia a resolver e os impactos ambientais por eles criados.
- A Mecânica dos Solos e à Mecânica das Rochas têm em consideração as tarefas de análise da estabilidade dos terrenos (respetivamente, terrosos para a primeira e rochosos para a segunda) e o projeto de estruturas que impeçam a sua instabilização ou garantam a sua estabilidade face às solicitações previsíveis.

Não existem fronteiras claras entre estas disciplinas. Por exemplo, entre a Mecânica dos Solos e a Mecânica das Rochas é difícil traçar uma linha de separação, como foi referido por Rocha (1981). São frequentes as situações de obra onde estão simultaneamente envolvidas rochas e solos. Anote-se que existem formações geológicas cujo comportamento é intermediário entre rochas e solos (também designadas por “rochas de baixa resistência”). Contudo é possível definir o âmbito de cada uma destas disciplinas com alguma aproximação:

A Geologia de Engenharia, na sua visão mais tradicional, ocupa-se da investigação da adequabilidade e características dos sítios, na medida em que eles afetem o projeto em construção dos trabalhos de engenharia civil e a segurança das construções vizinhas (McLean & Gribble, 1992). Como oportunamente sublinha Goodman (1993), o projeto e construção em engenharia civil desenvolve-se por fases, à medida que a informação técnica e científica é obtida, e a geologia de engenharia vai adquirindo diferentes responsabilidades em cada uma dessas fases.

A Mecânica das Rochas debruça-se sobre o conhecimento dos maciços rochosos (Rocha, 1981) em termos de:

- Deformabilidade, isto é, das relações entre forças (ou tensões) e deformações;
- Resistência, isto é das condições que determinam a sua rotura;
- Estado de tensão inicial a que se encontra submetido;

- Dos estados de tensão que se desenvolvem em virtude das tensões aplicadas, incluindo as devidas à percolação da água subterrânea.

Por sua vez a Mecânica dos Solos trata dos problemas (Mineiro, 1981):

- De equilíbrio dos maciços terrosos sob a ação de solicitações exteriores (como seja a capacidade de carga de fundações superficiais e profundas),
- De resistência ao corte dos solos submetidos a esforços tangenciais;
- De escoamento em meios porosos, da consolidação e compressibilidade dos solos;
- De impulsos de terras sobre suportes (rígidos ou flexíveis, como sejam as cortinas ancoradas ou revestimentos de túneis) do cálculo de estabilidade de taludes naturais e de aterro;
- Do comportamento dos solos sob solicitações dinâmicas (sísmicas) do melhoramento de terrenos através de numerosas técnicas (injeção, pré-carga, compactação dinâmica, vibroflutuação, etc...).

Segundo a ICOLD (1997), uma fissura é a separação do betão em duas ou mais partes, e, geralmente, é o primeiro sinal de que a estrutura do betão pode estar sendo danificada, as fissuras podem ser individuais, quando ocorrem em número limitado e podem ser individualmente mensuradas e cadastradas durante uma inspeção, ou se apresentarem de forma mapeada, quando numerosas fissuras são visualizadas em uma determinada região de concreto. Uma fissuração generalizada normalmente significa uma deterioração do betão.

Segundo o ACI Committee 201 (1980), uma inspeção de fissuras é uma vistoria da estrutura do betão com o propósito de localizar, marcar e identificar fissuras, e de relacionar as fissuras com outras manifestações patológicas existentes a inspeção deve incluir a descrição dos procedimentos utilizados na mensuração das fissuras, bem como as condições associadas com a fissuração, como p. ex: quantidade de água percolada, lixiviação, e florescência.

Para averiguar a extensão dos danos causados pela fissuração, o manual de reparos do Bureau of Reclamation (1996), recomenda que seja utilizado um martelo de geólogo por um experiente profissional que, passando o mesmo sobre a superfície do concreto e combinando com uma cuidadosa inspeção visual, facilmente consegue determinar a área comprometida, que deve ser então demarcada. Em alguns casos podem e/ou devem ser utilizados ensaios mais aprimorados e precisos como medida da velocidade de propagação de ondas ultrasónicas.

O mapeamento das fissuras é importante para permitir a análise de possíveis causas, e para o monitoramento durante os processos de operação da estrutura ao longo do tempo. Fissuras superficiais podem ser mapeadas utilizando croquis detalhados, fotografias e projetos fotogramétricos. É importante colocar nas fotos um objeto com tamanho conhecido para servir de comparação na avaliação das dimensões das fissuras. Estas informações devem ser guardadas para servir de base para subseqüentes inspeções. Pode ser traçada uma fina linha ao lado das fissuras para facilitar a verificação da evolução das mesmas no futuro.

Em áreas submersas, por exemplo, para inspecionar a face de montante abaixo do nível do reservatório, pode ser utilizada, câmara fotográfica ou de vídeo à prova de água, ou ainda equipamentos que possam detetar a passagem de fluxo pelas fissuras (Bureau of Reclamation, 1996).

A segurança de uma obra pode ser afetada pelo aparecimento de fissuras individuais, porém nem todas as fissuras são determinantes para a presença de não conformidades no comportamento estrutural e diminuição da vida útil. Nesta situação deve-se estudar objetivamente, do ponto de vista da segurança, que ação deve ser tomada, de acordo com ICOLD-CIGB (1997).

- Eliminação, se possível, das causas da fissura;
- Restaurar as condições de projeto;
- Remover e repor o betão rompido e desagregado;
- Impermeabilizar e proteger áreas expostas.

Porém antes de decidir qual o tipo de reparo, o mecanismo da fissuração e as características e o comportamento das fissuras devem ser completamente compreendidos. Para auxiliar na decisão são necessários estudos detalhados e monitoramento das fissuras, assim como de toda a estrutura.

Entretanto, para uma monitorização eficaz da estrutura é necessária que seja prevista uma adequada instrumentação já na fase de projeto do empreendimento, uma vez que Rosso e Piasentim (1996) destacam que a função da instrumentação é estimar a segurança das estruturas e prever possíveis regiões de risco durante a construção e operação. CBGB (1996) cita que no período operacional, mesmo após alguns anos de operação, a instrumentação permite:

- Verificar do desempenho geral da barragem comparando com aquele previsto no projeto;

- Caracterizar o comportamento do solo e/ou do maciço rochoso da fundação e das estruturas de barramento no tempo;
- Caracterizar o comportamento das estruturas da barragem em função da carga hidráulica, condições térmicas ambientais e fator tempo.

Ainda segundo o CBGB (1996), a instrumentação da barragem está intimamente ligada a vários fatores importantes para construção, operação e manutenção de barragens, sendo que um dos principais é o monitoramento da segurança da barragem.

Conforme CBGB (1996), da mesma forma que no período de construção, pode-se dizer que a barragem dotada de projeto bem elaborado será tão mais segura, em termos construtivos quanto mais próxima estiver das condições preconizadas em projeto após a execução, durante a fase de manutenção/operação a segurança estará relacionada à adequada inspeção, ao monitoramento pelos instrumentos de auscultação apropriados e a operação sendo feita por equipa treinada para situações de emergência.

A mesma referência cita que os instrumentos utilizados em uma barragem buscam responder perguntas de projeto e monitorar as condições específicas desejadas, de forma que existem diversos tipos de instrumentos para a medida das grandezas físicas necessárias aos estudos.

A CBGB (1996), lista como instrumentos que atuam apenas na estrutura do betão:

- a. Fio de prumo - medem variações na verticalidade da secção medida;
- b. pêndulos - mede variações na verticalidade da secção medida;
- c. medidores de vazão - mede a vazão passante de determinado ponto do maciço de concreto;
- d. Inclínometro - mede variações na inclinação em determinado ponto do maciço de betão;
- e. Medidor de junta – mede variações na posição relativa entre dois blocos adjacentes do maciço de betão;
- f. Deformímetro - mede variação na deformação de determinado ponto do maciço de betão;
- g. Tensômetro - mede variações na tensão de determinado ponto do maciço de concreto;
- h. Termómetro - mede variações na temperatura de determinado ponto do maciço de betão;
- i. Medidor de caudal - mede o caudal que passa em um determinado ponto do maciço de betão;

- j. Célula de pressão dinâmica - mede a pressão dinâmica aplicada de determinado ponto do maciço de concreto;
- k. Piezómetro - mede a pressão hidrostática em um determinado ponto do maciço de fundação.

Nesta mesma publicação é sugerida uma combinação de vários instrumentos para medir cada manifestação patológica entre as mais importantes que devem ser monitoradas em barragens de concreto, entre elas está a fissuração térmica, onde se recomenda que seja detetada por termômetros, medidores de junta e deformímetros, uma vez que a importância no monitoramento deste tipo de manifestação patológica em barragens de concreto consiste principalmente na avaliação e verificação do campo de temperaturas no seu interior e em medir a movimentação das fissuras.

4. Eletricidade um Fator Estratégico de Crescimento e Desenvolvimento

- A curto prazo assegurar a concretização de programa com o objetivo e triplicar a capacidade disponível até 2012 com intervenção de agentes públicos assegurando a reabilitação e o reforço imediato das infra-estruturas (Gráficos 4.1, 4.2 e 4.3);
- Potenciação do papel das energias renováveis como tecnologia importante para os sistemas isolados com enfoque para pequenos aproveitamentos hidroelétricos;
- Expansão da eletrificação visando a eletrificação de 50% a 60% da população;
- Atuação a nível das tarifas com vista a assegurar a sustentabilidade económica e financeira do Sector;
- Promover a entrada de capital privado e de “know-how” de construção e operação do sector.

As análises e reflexões anteriores possibilitam o alinhamento de algumas conclusões:

- A correlação entre a economia petrolífera e a economia nacional é muito elevada, aumentando-se, conseqüentemente, o índice de dependência dum produto cuja lógica de produção e procura e de formação de preços escapa completamente aos decisores públicos e privados angolanos. Agregados macroeconómicos muito sensíveis – como as reservas internacionais, as receitas fiscais e as vendas de divisas – dependem, em larga escala, do desempenho da economia petrolífera.
- Embora não inteiramente estudado e apesar das intenções e de algumas medidas que o executivo tem estado a tomar em apoio da diversificação da economia, tem contribuído para o atrofiamento de muitas das restantes atividades económicas. Nas províncias petrolíferas e diamantíferas este fenómeno está bem vincado e representado pelo fraco desenvolvimento da agricultura e da manufatura.

A correlação entre a produção de eletricidade e crescimento do sector não petrolífera – que deveria ser forte e desfasada, no sentido da energia eléctrica ser um facilitador e dinamizador dos ramos produtivos transacionáveis – é difusa e desencontrada no tempo.

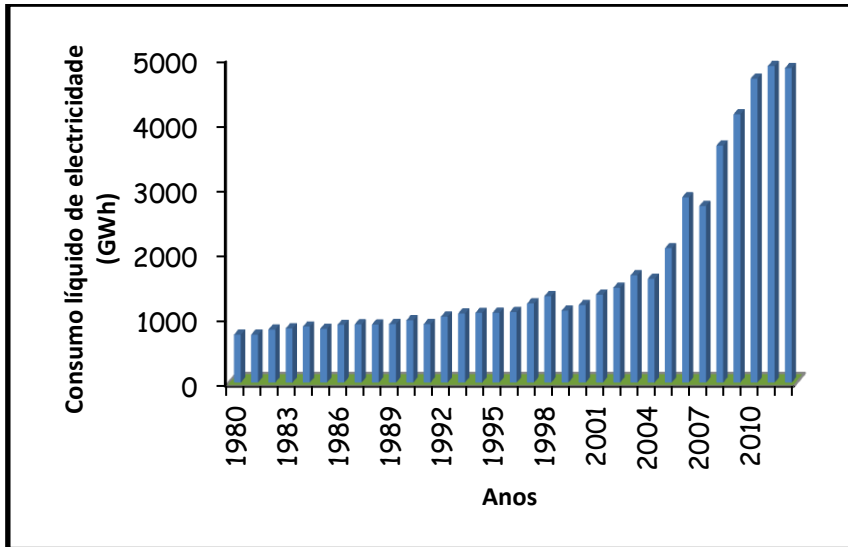


Gráfico 4. 1- Consumo total líquido de eletricidade em Angola (GWh).

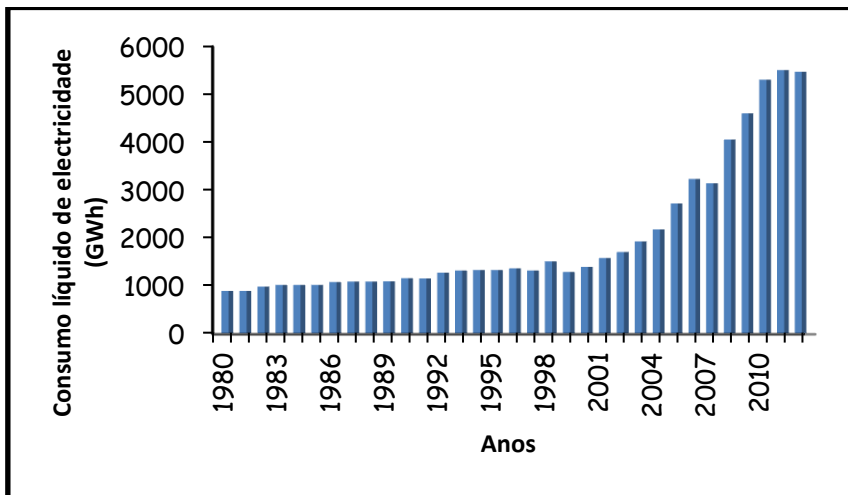


Gráfico 4. 2- Consumo total de eletricidade renovável em Angola (GWh).

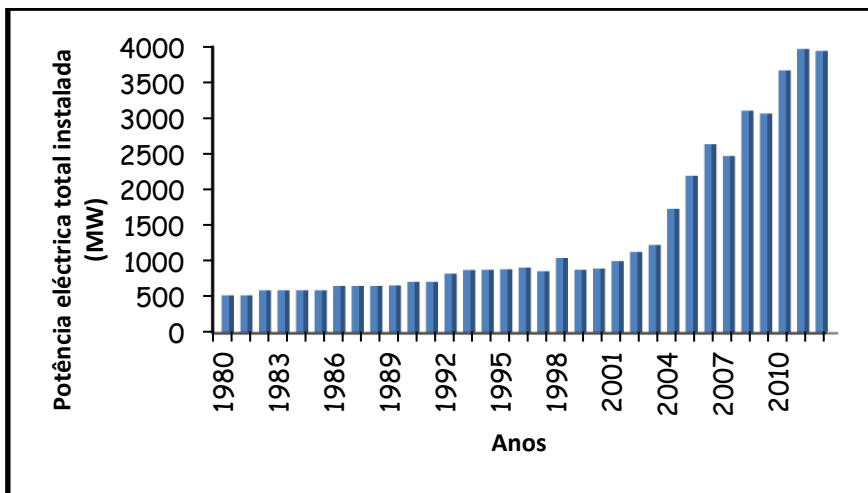


Gráfico 4.3 - Potência elétrica total instalada em Angola (MW).

A produção, transporte, distribuição, comercialização e consumo de energia elétrica são muito importantes para a qualidade de vida das populações de um determinado país.

É objetivo das autoridades angolanas desenvolver ações de o subsector elétrico aumente o seu peso na matriz energética dos 3% (em 2011) para os 10-15% em 2025.

O setor elétrico angolano está em “crise” devido a elevada inoperacionalidade e irregularidade no abastecimento das populações e empresas e falta de capacidade em toda a cadeia de valor. Os estudos apontam para que no longo prazo seja necessário multiplicar por 9 a oferta existente. Para que tal se possa implementar, é necessário desenvolver ações no curto prazo o Programa Executivo do Sector Elétrico (PESE), de que se pode referir a construção de uma central do tipo CCGT com base no gás do Soyo e com uma potência de 400 – 800 MW. A longo prazo deve existir um forte crescimento no parque electroprodutor que passe dos 1 GW para 9 GW em 2025, com base essencialmente na energia hidroelétrica e no gás natural e na potenciação de energias renováveis para os sistemas isolados (hídrica, eólica e solar) e de outros recursos endógenos (por exemplo, combustão de resíduos sólidos urbanos e resíduos florestais).

4.1. O Decreto Presidencial nº 256/11, de 29 de setembro

É um marco importante na estratégia energética de Angola, uma vez que define a Política e a Estratégia de Segurança Energética Nacional de Angola.

O subsector elétrico apresenta uma infra-estrutura subdimensionada face à procura, facto que é agravado pela elevada inoperacionalidade e ineficiência dos activos existentes. O sistema apresenta custos elevados, em paralelo com uma política de forte subsidiação que isola os clientes finais dos custos económicos reais, resultando num crescente desequilíbrio financeiro do subsector, designadamente das empresas públicas que dele fazem parte. As várias tentativas de reestruturação do subsector têm-se confrontado com importantes desafios de implementação.

Subdimensionamento da infra-estrutura, evidenciado por:

Significativas restrições no acesso, estima-se que em 2008 apenas cerca de 30% da população tinha acesso a energia eléctrica. As limitações no acesso fazem-se sentir particularmente no meio rural (figura 4.1).

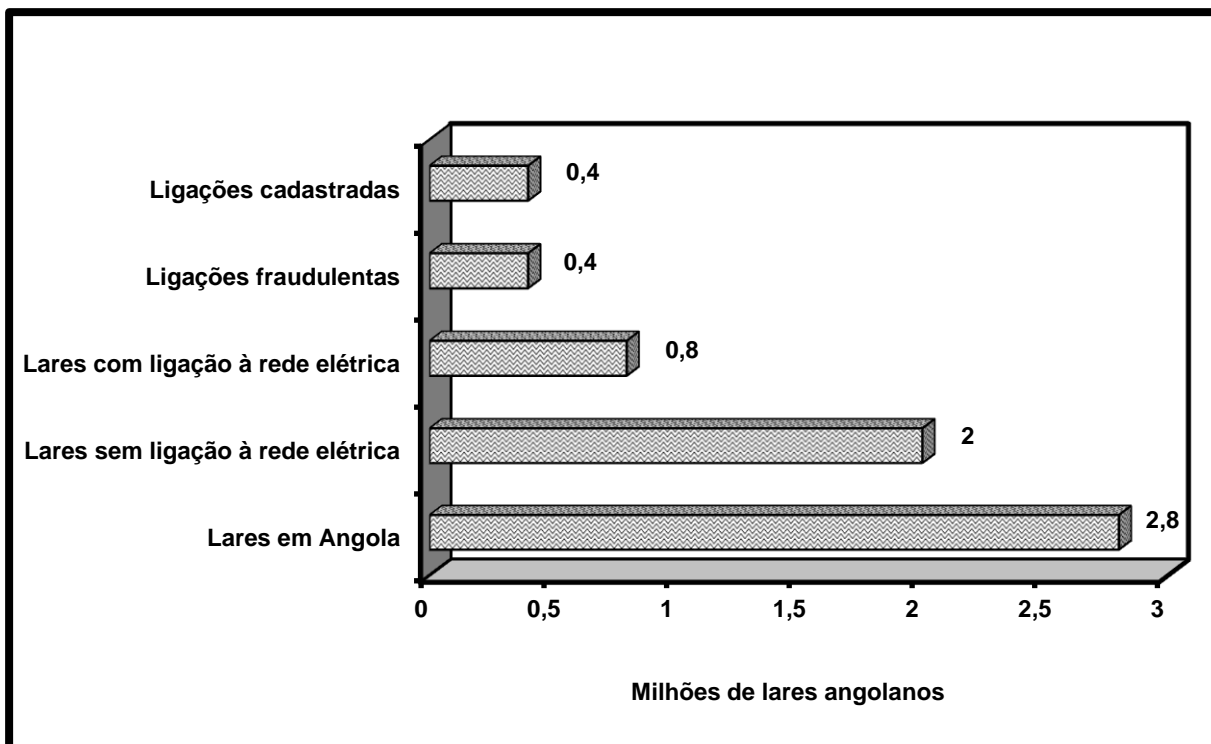


Gráfico 4.4 - População angolana com acesso à eletricidade.

Forte limitação na capacidade de produção de energia elétrica – estima-se que em 2008, o sistema elétrico tenha satisfeito apenas cerca de 50% dos 8 TWh de procura elétrica anualmente, sendo a diferença proveniente de auto- geração.

Elevada inoperacionalidade dos ativos (estimada entre 40% e 50% da infra-estrutura existente ao longo de toda a cadeia de valor), motivada por um conjunto de fatores, como a elevada intensidade de exploração, a idade avançada dos equipamentos, a inexistência de manutenção regular, ou ainda a insuficiência nas ações de reabilitação (figuras 4.2 e 4.3).

Custos elevados de fornecimento, estimados em cerca de 220 dólares por MWh distribuído (cerca de 60% superiores aos valores de referência), motivados por perdas técnicas elevadas (cerca de 15% da energia produzida face a benchmark de 10%), e pela desadequação ao longo de três dimensões: (i) Elevados custos variáveis das tecnologias utilizadas (em particular pela utilização de combustíveis dispendiosos), (ii) elevados investimentos unitários (vs benchmark internacionais), e (iii) inoperacionalidade elevada do sistema (a gerar reduzida disponibilidade e utilização dos ativos) (figura 4.4).

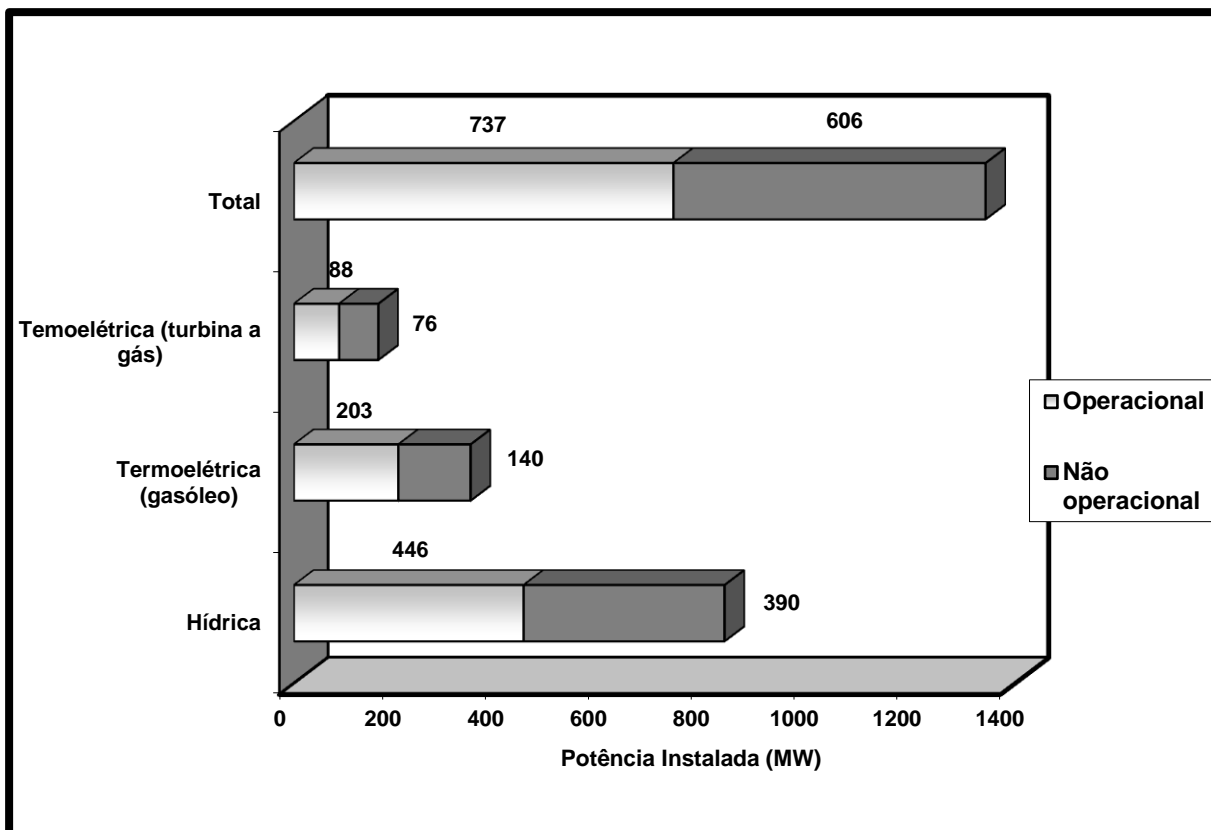


Gráfico 4.5 - Potência operacional sistema elétrico angolano.

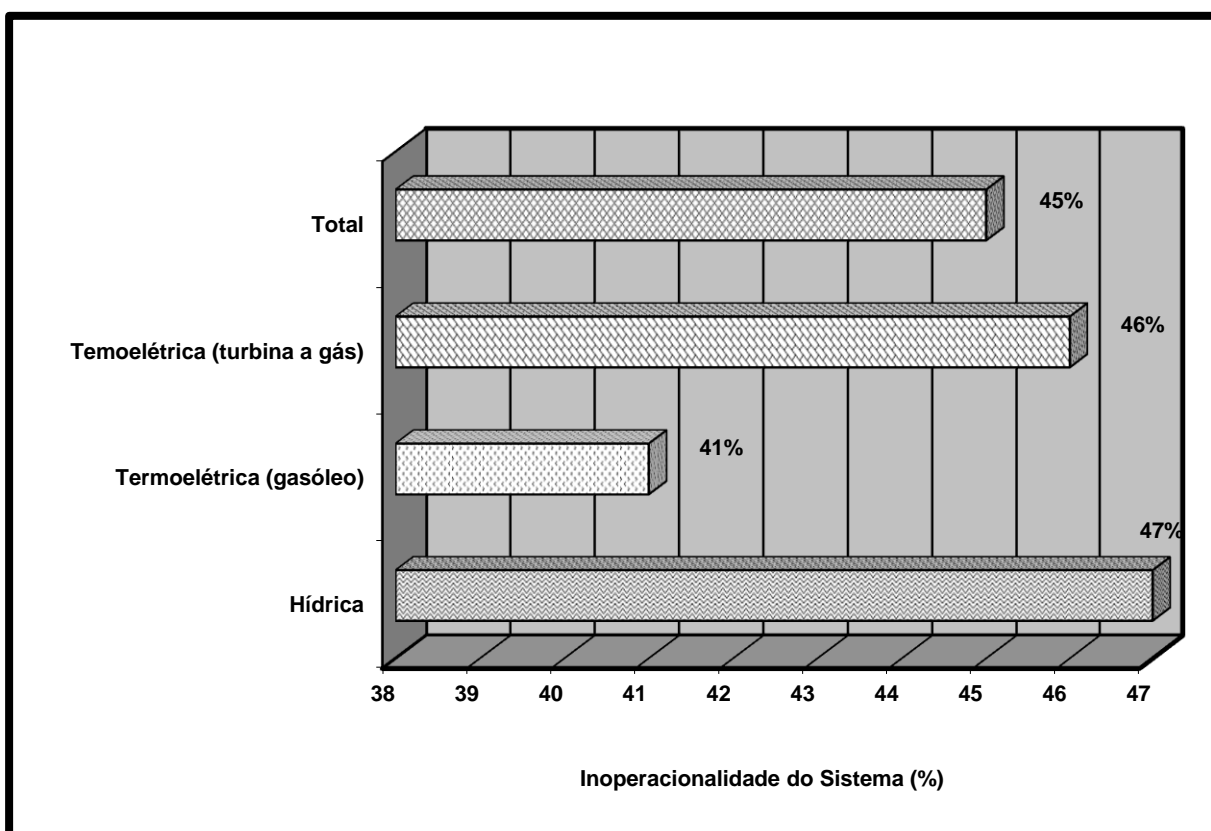


Gráfico 4.6 - Inoperacionalidade no sistema elétrico angolano.

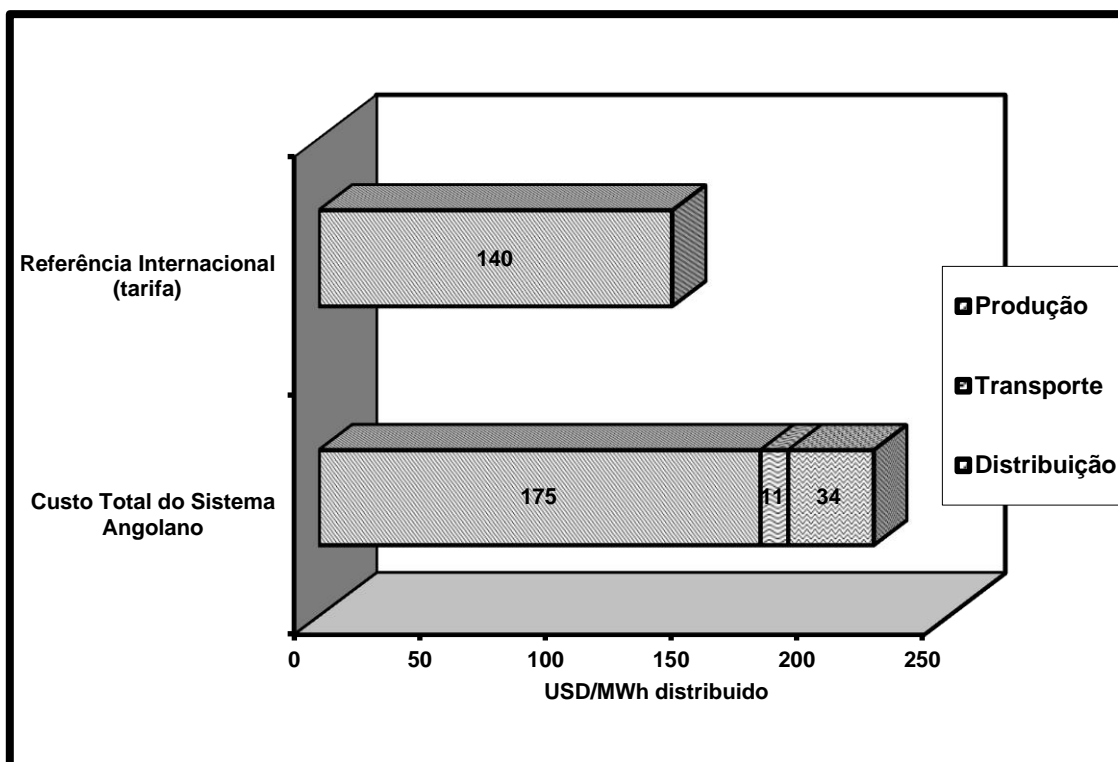


Gráfico 4.7 - Custo do sistema elétrico angolano.

Elevada subsidiação, com a manutenção de uma tarifa média de 42 dólares por MWh, suportando o Estado cerca de 80% do custo total do sistema. Este desequilíbrio é agravado por um nível elevado de perdas comerciais, quer pela via de ligações irregulares e fraudulentas (cerca de 50% do total), quer por não pagamento ou outras deficiências no ciclo comercial. Se considerados estes fatores, a tarifa media resultante que é efetivamente cobrada é de apenas 26 dólares por MWh distribuído, gerando-se um desequilíbrio financeiro de cerca de 800 milhões de dólares em 2008 (cerca de 2% de OGE)

4.2. Prioridades de Atuação

O contexto de partida caracteriza-se assim pela existência de lacunas importantes na oferta elétrica atual, com um risco significativo de agravamento desta situação de carência a prazo, na medida em que o aumento esperado até 2025 na procura elétrica (de cerca de 5 TWh para cerca de 30 a 35 TWh por ano) virá aumentar de forma dramática a pressão sobre o sistema.

Face a este cenário, a estratégia para o subsector elétrico deverá passar por dois horizontes de atuação: (i) horizonte de estabilização (até 2012), em que se pretende implementar um conjunto de iniciativas com impacto a curto – médio prazo que contribuam para minimização

das carências atuais. (ii) horizonte de consolidação (a partir de 2013), que pretende lançar as bases para uma transformação mais profunda do subsector, capacitando-o para dar resposta segura, eficiente e sustentável às necessidades a médio e longo prazo.

1. No horizonte de estabilização recomenda-se a atuação em alavancas com impacto no curto prazo, que permitam aumentar a capacidade disponível do sistema em cerca de 2 vezes até 2012 (de ~1 GW para ~2 GW) de forma a satisfazer o aumento previsto da procura. As ações devem abranger toda a cadeia de valor, segundo cinco vetores de atuação prioritários:

- a) Reabilitação de capacidade inoperacional;
- b) Reforço da capacidade da rede para prevenir estrangulamentos;
- c) Investimentos em tecnologias de implementação rápida e custos controlados (nomeadamente, turbinas a gás em sistemas interligados, e mini-hídricas, e turbinas eólicas em sistemas isolados consoante as condições específicas locais e após avaliação e ponderação de custos e desafios de implementação das várias opções possíveis);
- d) Interconexão dos principais sistemas para otimizar a alocação da capacidade instalada e facilitar respostas a picos;
- e) Reforço da taxa de eletrificação (não só em centros urbanos e áreas com elevado potencial económico, como pólos industriais e agrícolas, mas também tendo também em atenção a necessidade de desenvolvimento do meio rural).

Estas ações estavam em boa medida já previstas no «Programa Executivo do Sector Eléctrico» 2009 (PESE), que estimava um investimento aproximado de cerca de 4 mil milhões de dólares até 2012, repartido em investimentos nos sistemas interligados e isolados, ao longo de toda a cadeia de valor do sistema eléctrico. Em particular, destacam-se alguns exemplos:

- A reabilitação de pelo menos 500 MW de capacidade produtora, onde se incluem, entre outros projetos, a modernização da central hídrica de Cambambe (4 x 45 MW) reabilitação (4 x 65 MW) alteamento e construção da central 2 (4 x 65 MW) e a construção da central do Gove (60 MW), bem como a reabilitação da rede de transporte e de distribuição (por exemplo, linha de 60 kV Lubango-Namibe, e as redes de distribuição das cidades de Luena Ndalatando, Malanje, Menongue e Soyo):

- A construção de ativos para disponibilização de pelo menos 700 MW de capacidade adicional, onde se destaca o reforço da capacidade térmica e da rede em Luanda (200 MW), a conclusão da linha de 400 kV Capanda – Luanda (disponibilização de 100 MW) e respetivas subestações (também com financiamento aprovado no âmbito do fundo de infra-

estruturas), e a instalação de 165 MW em turbinas a gás em Cabinda, no Namibe, Dundo, Xangongo e Ondjiva;

- A interligação do sistema Norte-Centro-Sul e a ligação da província do Uíge ao sistema Norte;
- A eletrificação dos centros urbanos (por exemplo Lobito, Luanda) e a eletrificação e construção de pequenos aproveitamentos hídricos em sistemas isolados como Chiumbe-Dala (Moxico).
- O lançamento de primeiras fases de grandes projectos hídricos de médio-longo prazo, como a central 2 de Cambambe, Laúca (rio Kwanza) e Caculo Cabaça;
- O investimento no reforço das redes de distribuição de Luanda e novas centralidades;
- A ampliação (Cabinda) e construção de novas centrais térmicas no Namibe, Dundo, Xangongo e Ondjiva.

A extensão da eletrificação ao meio rural será, numa primeira fase, estendida a todas as sedes municipais, num total de 139 localidades. No curto prazo, a eletrificação deve abranger 540 mil habitantes através de ações como:

- Desenvolvimento de subprograma de pequena produção hidroelétrica, incluindo a realização dos estudos de viabilidade e projetos executivos de 50 aproveitamentos e construção de pelo menos 8 aproveitamentos com estudos de viabilidade já realizados, com o objetivo de garantir o acesso a eletricidade a cerca de 400 mil habitantes até 2014;

Desenvolvimento de subprograma de sistemas de geração térmica, que preconiza um piloto de 30 unidades de geração térmica com grupos de 500 kVA, implicando o acesso a eletricidade a um total de 120 mil habitantes.

a. No horizonte de consolidação recomenda-se a atuação em alavancas que permitam transformar o paradigma do sistema elétrico, privilegiando, em particular, a segurança no abastecimento e autonomia energética. Para tal, o sistema deverá garantir o aumento de capacidade 4,5 vezes até 2025 (de cerca de 2 GW em 2012 para cerca de 9 GW em 2025). As ações devem abranger toda a cadeia de valor, segundo cinco vetores de atuação prioritários:

A implementação das centrais hídricas do rio Kwanza, com finalização da segunda central e alteamento do Cambambe (960 MW) e central no Kwanza (Laúca), correspondentes a cerca de 2 GW;

- Reabilitação e expansão do aproveitamento hidroelétrico de Cambambe;

- Estudo para a reabilitação e expansão do aproveitamento hidroelétrico do Lomaum;
- Reabilitação do aproveitamento hidroelétrico do Gove;
- Estudo para construção do aproveitamento hidroelétrico de Laúca, Caculo Cabaça.
- Produzir, transportar, distribuir e comercializar energia elétrica com os padrões internacionais de qualidade e fiabilidade e de acordo com os princípios básicos de sustentabilidade técnico- económica, financeira, social e ecológica e a satisfação dos interesses dos clientes e acionista.
- Necessidade de melhoria em termos de fornecimento de energia elétrica com qualidade e fiabilidade;
- Abastecimento de energia elétrica limitado aos centros urbanos;
- Existem elevadas perdas técnicas e comerciais (investimentos limitados);
- Existe procura reprimida devido a constrangimentos nas linhas AT e redes de distribuição de MT e BT, assim como limitação da empresa em atender as solicitações de clientes para novas ligações;
- Escassez de recursos financeiros e humanos para a reabilitação, expansão e modernização das infra-estruturas elétricas.

4.3. Os grandes Desafios

- Reabilitar e expandir as infra-estruturas;
- Melhorar a qualidade e fiabilidade no fornecimento de energia elétrica;
- Melhorar a situação financeira da empresa; embora se torne necessário aumentar as tarifas para cobrir custos e investimentos, o Governo, depois de consultar as empresas de electricidade, deverá concentrar-se em encontrar formas de incentivar o aumento da cobrança das tarifas existentes. Isto poderia incluir a aplicação de regras orçamentais mais rígidas a essas empresas.
- Aumentar a oferta de energia de modo a cobrir a crescente procura e o aumento do acesso à electricidade as populações; o reconhecimento de redes informais urbanas e peri-urbanas de distribuição de electricidade, as empresas de electricidade devem ser encorajadas a encontrar meios de formalizar e encorajar o desenvolvimento de redes de distribuição de electricidade operadas por entidades privadas, como uma forma de aumentar o acesso à energia eléctrica. Este processo envolveria o eventual licenciamento pela entidade reguladora e a realização de inspecções para garantir a segurança dos consumidores. Também é desejável promover a regulação dos tarifários, mas esta não precisará ser uma prioridade inicial. Divulgar os planos para expansão da rede: o Governo deve apresentar um plano de expansão da rede, actualizado regularmente, com vista a afastar as incertezas que

os potenciais investidores na electrificação dos meios rurais possam ter ou, pelo menos, deve indicar as zonas onde não tenciona expandir-se durante um determinado prazo.

- Estimativa atual (20 - 25%).

4.3.1. Objetivos

Criação de condições para garantir o fornecimento de energia elétrica com fiabilidade visando a melhoria das condições sócio económica das populações assim com permitir o desenvolvimento de Angola.

4.3.2. Transporte

- Construção da LT 220 kv Gabela-Kileva (inter-ligação Norte - Centro);
- Estudos para Construção da LT 220 kv SE Benguela - Nova SE Biopio - Dango (inter-ligação centro-sul

Atualmente a Empresa da ENE-EP, está repartido em três empresas sendo:

1. Empresa Nacional de Distribuição Elétrica (ENDE) – EP;
2. Produção de Eletricidade - EP;
3. Rede Nacional de Transporte, EP.

- Existência de uma entidade estatal, concessionária da Rede Nacional de Transporte (RNT), na condição de Comprador Único do Mercado. Atribuição de Concessões e Licenças a entidades privadas para construção e exploração de Centros Electroprodutores e Redes de distribuição;
- Passagem da tarifa administrativa para tarifa técnico-económica com adoção de princípios económicos de fixação da tarifa;
- Tarifas e preços refletindo os custos que os utilizadores geram segundo as características do consumo e remunerando os ativos;
- Transparência na determinação das tarifas e sua aplicação uniforme em todo o País.
- Constituição de um fundo de compensação gerido pelo Concessionário da RNT na condição de comprador único permitindo a compensação aos diferentes Operadores em função da aplicação da tarifa uniforme.

4.4. Posição da Eletricidade na Economia Nacional

Quando se analisa a economia da energia em Angola dois sectores devem ser considerados – o petróleo e a eletricidade – como apresentando uma relação de sentido diferente com o crescimento económico do país.

O petróleo, como se viu anteriormente, tem funcionado como o motor da economia angolana, mas a eletricidade tem sido, em certa medida, o travão do crescimento do PIB (e da consequente melhoria das condições básicas de vida da população).

Com efeito, dever-se-ia esperar um crescimento mais intenso da produção e distribuição de energia do que aquele que tem, efetivamente, ocorrido. A fraqueza do sector da eletricidade pode ser apreciada segundo os pontos de vista seguintes:

Peso na estrutura económica nacional: a representatividade da produção de eletricidade foi sempre, desde a independência, inferior a 0,1% do PIB, e não se tem conseguido melhorar esta performance, apesar de, depois de 2002, se terem aumentado os investimentos públicos em barragens e centrais térmicas. Significa dizer que o crescimento da indústria transformadora se tem feito, essencialmente, à custa de geradores, o que torna a organização e gestão das empresas mais difícil e sujeitas a muitas imponderabilidades (e com reflexos nos preços finais dos bens produzidos) e a satisfação dos consumos das famílias muito deficitários.

A situação agrícola da província da Huíla em particular o Município da Matala caracteriza-se por um sector privado de fraco desempenho, que não foi capaz de manter os níveis de produção das unidades agrícolas após a Independência e um sector tradicional dormente, centrado na auto-subsistência. A produção agrícola decaiu gravemente nos últimos 25 anos e depende de importações para satisfazer a procura de cereais.

Ao contrário dos sistemas de produção de subsistência, em que as culturas principais são os cereais, nos sistemas de produção de cariz mercantil as culturas horto-frutícolas tornam-se primordiais.

No que diz respeito às culturas hortícolas, são inúmeras as espécies que podem ser enumeradas. Indica-se, apenas as mais frequentes: tomate, couve e repolho, cebola, batata-doce e rana, alho, alface, cenoura, pimento, pepino, etc. e também plantações de fruteiras tropicais, tais como de mangueiras, de ananases, de maracujás, entre outros.

Dinâmica de crescimento: a produção de eletricidade tem apresentado taxas de crescimento positivas. No entanto, numa série estatística longa verifica-se que, em média, a sua dinâmica de variação tem sido inferior à da economia e, em particular, à do PIB não

petrolífero. O crescimento económico fica muito mais caro nestas condições e a aquisição duma competitividade comparável adiada.

Consumo médio de eletricidade: verifica-se que o consumo médio de eletricidade por habitante tem aumentado desde 2004. Não obstante, os níveis são ainda muito baixos e indicadores duma situação de subdesenvolvimento no país.

4.5. Objetivos Estratégicos do Sector Elétrico

- Os objetivos gerais estratégicos definidos para o sector elétrico incluem: Dinamizar e acelerar o processo de eletrificação do país e expansão do acesso à eletricidade a um cada vez maior número de cidadãos;
- Assegurar uma indústria de fornecimento de eletricidade sustentável a médio e longo prazo, que seja promotora e contribua para o desenvolvimento do país;
- Melhorar progressivamente a eficiência da IFE, em geral, e a qualidade do fornecimento e dos serviços prestados, em particular;
- Mobilizar recursos necessários à expansão do setor;
- Promover o desenvolvimento de instituições e operadores financeiramente viáveis e tecnicamente eficientes;
- Promover gradualmente a competição, a todos os níveis possíveis.

A estratégia definida pelo Governo em 2002 destaca ainda outros objetivos. Assim, a oferta do serviço de abastecimento público deve ser efetuada em condições apropriadas de qualidade e a preços suportáveis pela generalidade da população, de forma a assegurar a acessibilidade desejável a este serviço.

Outro objetivo muito importante é o de eliminar as assimetrias regionais existentes em termos de oferta, que transitaram da era anterior à independência de Angola e que foram sendo agravadas durante o período de guerra que assolou o país nos anos posteriores.

A energia elétrica deverá também, em consonância com outros sectores da economia nacional, contribuir para a fixação das populações no interior do país e desencorajar a atual tendência para o êxodo e migrações internas.

Consequentemente está a ser melhorada a oferta de eletricidade para promover o crescimento regional, contribuindo assim para a criação de condições que facilitem a

promoção de projetos de desenvolvimento para a fixação da população deslocada, no âmbito do programa de reassentamento dessa população.

4.6. Observação da Evolução Entre 2009 e 2010

O país tem acomodado avultados investimentos necessários para a recuperação e expansão do seu sistema elétrico público. O Executivo está a desenvolver a indústria de fornecimento de eletricidade ao reabilitar antigas infra-estruturas e a criar novas centrais, subestações, linhas de transporte, de distribuição, etc.

Um dos grandes desafios está a ser a interligação dos sistemas de transporte Norte, Centro e Sul, atualmente isolados. No estudo de planeamento do sistema elétrico angolano realizado no início do ano de 2009, intitulado Estudos de Planeamento do Sistema de Transporte e Curto-circuito, Relatório Técnico, foi considerado o dimensionamento do sistema elétrico de transporte como um todo, para atender à demanda total de energia prevista num dos cenários do Relatório “Programa de Desenvolvimento do Setor de Energia 2008-2013” publicado pelo MINEA, no qual estavam incluídos todos os pedidos de ligações elétricas residenciais e industriais solicitados ao Ministério, contemplando toda a demanda prevista para o país, a qual se quantifica na tabela seguinte agrupada por sistemas.

4.7. Angola – Demanda Máxima por Sistema (MW)

As demandas contidas no referido cenário são bastante expressivas e exigem grande elevação da capacidade do parque produtor do país em relação às centrais atualmente em operação, além de várias ações para transporte e distribuição da energia.

Os prazos para o estabelecimento de novos aproveitamentos hidroelétricos e termoeletricos de grande porte, necessários para o atendimento à crescente procura, desde a construção até à entrada em operação, são relativamente grandes.

Sistema	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Norte	3797	4640	4821	5126	5343	5424	5678	5917
Centro	650	882	1066	1165	1296	1388	1473	1544
Sul	402	429	452	472	649	664	716	764
Total	4849	5951	6339	6763	7288	7476	7867	8224

Tabela 4.1 - Interligação dos sistemas de transporte.

Embora este seja um programa de produção mais comedido do que o programa utilizado no primeiro estudo realizado no início de 2009, e possivelmente não atenda a toda a demanda esperada para o país, é um programa de produção de certo modo mais realístico que muitos anteriores.

Devido aos prazos exíguos para o estabelecimento de novos empreendimentos de produção e considerando que há um elevado nível de demanda reprimida em várias regiões do país, optou-se por igualar a demanda à produção disponível ano a ano, prevista no programa de produção do MINEA, e assim, determinar o sistema de transporte necessário para escoar toda a capacidade instalada de produção, sem limitações impostas pelo sistema de transporte, já que limitar a capacidade de produção de energia, devido à falta de um sistema de transporte adequado representa uma importante restrição no sistema elétrico de um país.

4.8. Programa de Ações de Curto Prazo

O sistema sul é abastecido por uma linha em 150 kV, da Matala ao Lubango, estendendo-se até ao Namibe a oeste em 60 kV.

Possui uma capacidade instalada de 69,2 MW, distribuído no AHE da Matala (27,2 MW) e nas centrais térmicas do Lubango (30 MW) e Namibe (12 MW). No sistema sul, é possível atender a uma demanda máxima da ordem de 69 MW, que corresponde ao montante de produção disponível na região.

Porém, num primeiro momento, o crescimento da demanda mais acentuado, deveria concentrar-se na região de Lubango ou Matala (província da Huíla), que são atendidos pelo sistema de 150 kV.

A região sudoeste, província de Namibe, é atendida por duas linhas de transporte em 60 kV provenientes de Lubango, com aproximadamente 150km, uma extensão elevada para linhas deste nível de tensão, provocando uma queda de tensão acentuada, o que limita o fornecimento à região do Namibe em aproximadamente 25 MW de demanda máxima, em condições normais de funcionamento. A perda de um dos circuitos da linha de 60 kV entre Lubango e Namibe causa afundamento de tensão na região do Namibe.

4.9. Sistema Elétrico Sul

O sistema elétrico sul abrange as províncias do Namibe, Huíla, Cunene e Kuando Kubango.

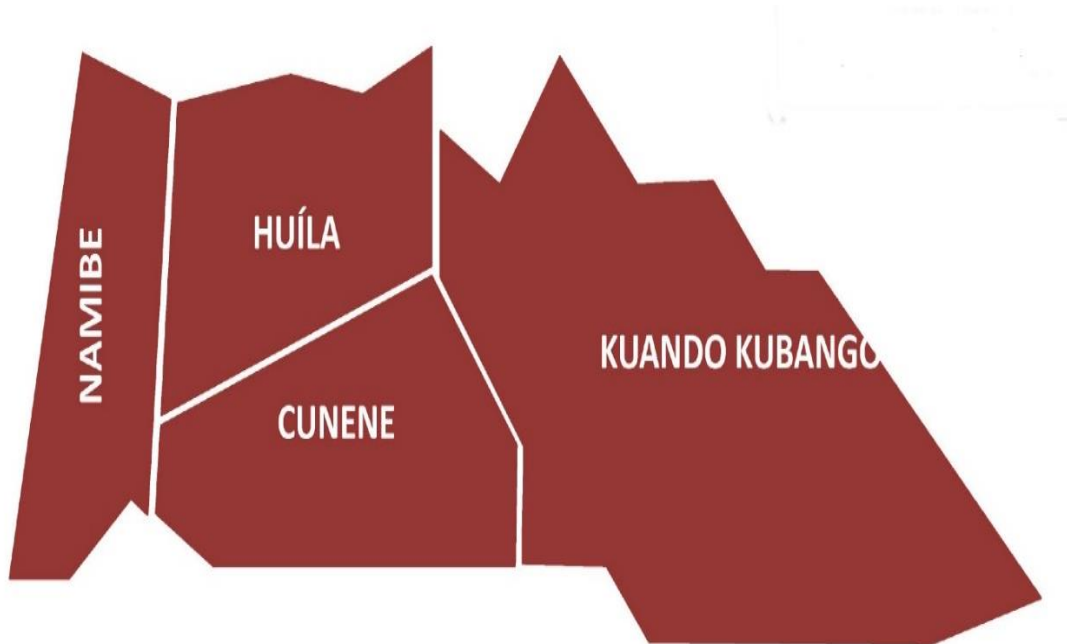


Figura 4.1 - Províncias do sul pertencentes ao agrupamento D do sistema elétrico angolano.

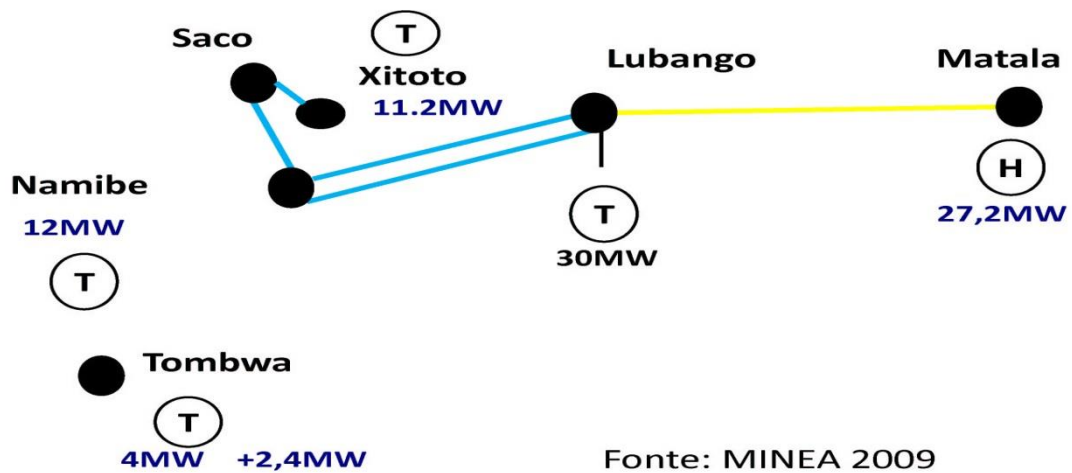


Figura 4.2 - Linha de transporte Matala - Namibe.

LT 220 kV Lubango - Namibe:

A província do Namibe é abastecida por duas linhas de transporte em 60 kV, a partir do Lubango. Estas linhas têm uma extensão de aproximadamente 150 km, muito elevada para o nível de tensão de 60 kV, resultando numa queda de tensão acentuada entre as subestações do Lubango e Namibe, facto que limita o crescimento da demanda da região do Namibe.

Com a interligação dos sistemas centro e sul, considera-se também o reforço à região da Jamba, permitindo assim a expansão da região, com atendimento a projetos mineiros da região. A ligação do aproveitamento hidroelétrico de Jamba ya Oma ao sistema está em estudo preliminar e dependerá de estudos de demanda mais detalhados.

- LT 220 kV Baynes - Xangongo – Lubango

Trata-se de um projeto regional entre Angola e a Namíbia. A linha deverá passar por Xangongo para afastar-se da região desértica (zona protegida ambientalmente).

Existem recursos hídricos na bacia do rio Cunene disponíveis para futuros aproveitamentos que podem conectar-se a partir de Xangongo. Este local é, de momento, o escolhido para o tráfego de eletricidade para os países membros da SADC, a Sul e Leste. Devido ao desvio até Xangongo, o comprimento da ligação da AHE Baynes até ao Lubango será superior a 500 km. Para este comprimento, as perdas esperadas nas linhas de transporte de 220 kV serão de aproximadamente 20% da potência disponível na central.

Note-se que neste ano ocorre um aumento de produção da região Sul, programada a estagnação a partir de 2012, com o comissionamento das centrais de Baynes e Jamba ya Oma. Neste ano foi prevista também a interligação dos sistemas Centro e Sul, permitindo o intercâmbio de energia entre estes dois sistemas.

Optou-se neste caso por considerar que o sistema Sul estaria a exportar energia para o Centro por uma questão de equilíbrio tendo em conta que a produção no sistema Centro é inferior ao sistema Sul. Todavia, a previsão da procura no futuro é superior. Desta forma, como se observa na tabela anterior, a produção no subsistema Centro é inferior à demanda atendida, pois este sistema está a receber energia do Norte e do Sul. Já no sistema Sul a produção é superior à demanda atendida, pois este sistema está a exportar energia para o Centro.

Desse modo, pode concluir que a capacidade de atendimento ao sistema Sul é superior ao valor tabelado, porém, um aumento no atendimento a esta região implicaria numa diminuição equivalente do montante atendido na região Centro, não alterando o valor total

atendido, o mesmo se aplica a região Norte em relação à região Centro. Atendido por uma linha em 150 kV, da Matala ao Lubango, estendendo-se até ao Namibe a Oeste em 60 kV.

Possui uma capacidade instalada de 69,2 MW, distribuído no Aproveitamento Hidroelétrico da Matala (27,2 MW) e nas centrais térmicas do Lubango (30 MW) e Namibe (2 MW).

No sistema Sul, é possível atender a uma demanda máxima da ordem de 69 MW, que corresponde ao montante de produção disponível na região.

Porém, num primeiro momento, o crescimento da demanda mais acentuado, deveria concentrar-se na região do Lubango ou Matala (Província da Huíla), que são atendidos pelo sistema de 150 kV.

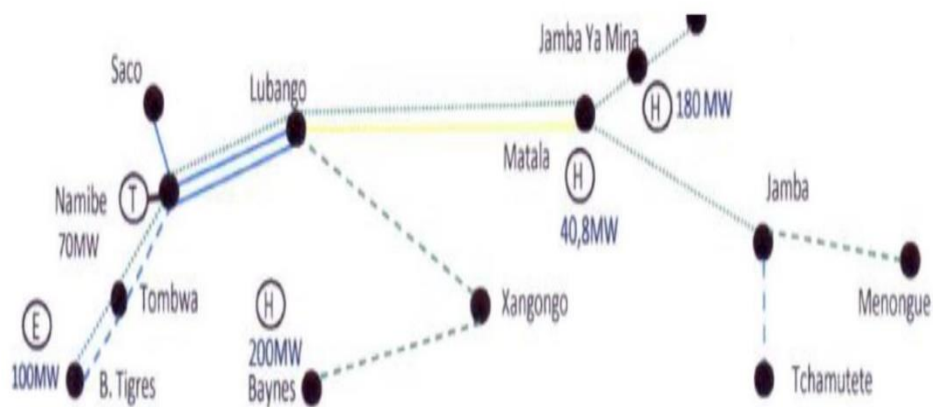


Figura 4.3 - Sistema elétrico sul- Fonte: MINEA 2013-2017.

A região sudoeste, província de Namibe, é abastecida por duas linhas de transporte a 60 kV, provenientes de Lubango, com aproximadamente 50 km, uma extensão elevada para linhas deste nível de tensão, provocando uma queda de tensão acentuada, o que limita o fornecimento à região do Namibe em aproximadamente 25 MW de demanda máxima, em condições normais de funcionamento. A perda de um dos circuitos da linha de 60 kV entre Lubango e Namibe causa afundamento na região do Namibe.

5. Barragem da Matala

A barragem da Matala está situada a cerca de 225 km a jusante da barragem do Gove, na confluência do rio Que e do Cunene, na extremidade do Alto Cunene. Foi a primeira grande estrutura a ser concluída na bacia em 1954, tendo sido sujeita a obras de renovação em



Figura 5.1 - Barragem da Matala (Sanches,1999).

2001. O projeto inicial previu a construção de uma barragem de comportas constituída por dois troços, a saber:

- a) Um com 175 m de comprimento a partir da margem direita, no qual foram implantadas as três tomadas de água para a central hidroelétrica equipadas com comportas com 6,50 m x 9,00 m e
- b) Outro com o comprimento de 720 m formado por 36 portadas de 20 m cada, das quais 29 foram equipadas com comportas com 18,50 m x 2,95 m. Numa das portadas foi implantada a descarga de fundo, As restantes seis (últimas da margem esquerda ficaram com a função de descarregadores de cheias.

A central hidroelétrica, que foi equipada com dois grupos com a potência nominal de 14 MW, ficou apta a receber um terceiro grupo gerador com a mesma potência.

A central entrou em funcionamento em 17 de setembro de 1959.

Barragem da Matala – 1954	
Utilização- Abastecimento / Energia	
Localização	Dados Gerais
Província – Huíla	Dono de Obra (ENE) - Empresa Nacional da Eletricidade-EP
Município – Matala	Projeto – Reabilitação da barragem da Matala
Local – Barragem	Construtor – SNC- LAVALIN
Bacia hidrográfica – Barragem do rio Cunene	Ano de projeto – Agosto de 2011
Linha de água – Rio Cunene	Ano de conclusão – Março de 2015
Rio Cunene – Cerca de 180 km a Leste da Cidade de Lubango, zona Sul da ENE – Empresa Nacional de eletricidade – EP	Prazo de execução – 40 meses
Rio Cunene – cerca de 250 km a montante da Matala	Financiamento EDC – Canadá
Dados Técnicos	Albufeira
Barragem de Betão Tipo: Gravidade/ Barragem de Terra Precipitação média anual - 1000 mm Altura máxima sobre fundações – 20,28 m Desenvolvimento do coroamento – 1035 m Vãos descarregadores sem comportas – 06 Vazão máxima observada – 147 m ³ /s Vãos descarregadores com comportas automáticas de charneira – 29	Área da bacia hidrográfica – 28072 km ² Capacidade de albufeira - 90 x 10 ⁶ m ³ Capacidade útil - 2364 hm ³ Nível máximo de armazenamento (NMA) – 1305,65 m Nível de máxima cheia (NMC) – 1305,65 m Nível de operação mínimo – 1303,75 m Regularização do caudal – barragem do Gove
Descarregadores de fundo	Descarregadores de cheias
Tipo de comporta – Vagão Número de comportas – 4 UN Largura de cada vão – 3 m Altura de cada vão – 3,8 m	Número de vãos – 35 UN Número de comporta – 29 UN Tipo de descarregador - Sobre a barragem Largura de cada vão – 17,5 m Capacidade de derivação do canal de rega - 5 m ³ /s Tipo de comporta – Charneira
	Central hidroelétrica
	Tipo de central - Albufeira - Céu Aberto Nº de grupos instalados – 3 Tipo de grupos – Charneiras Potência total Instalada - 40 MW Energia produzida em ano médio - 45 GWh

Tabela 5.1 - Aproveitamento hidroelétrico da Matala.

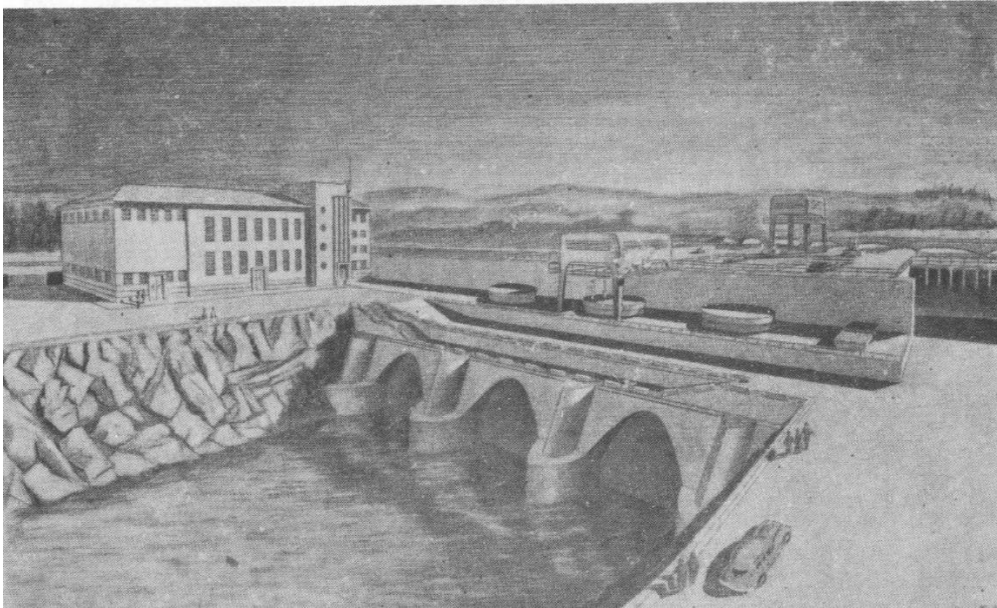


Figura 5.2 - Edifício da central hidroelétrica (Sanches, 1999).

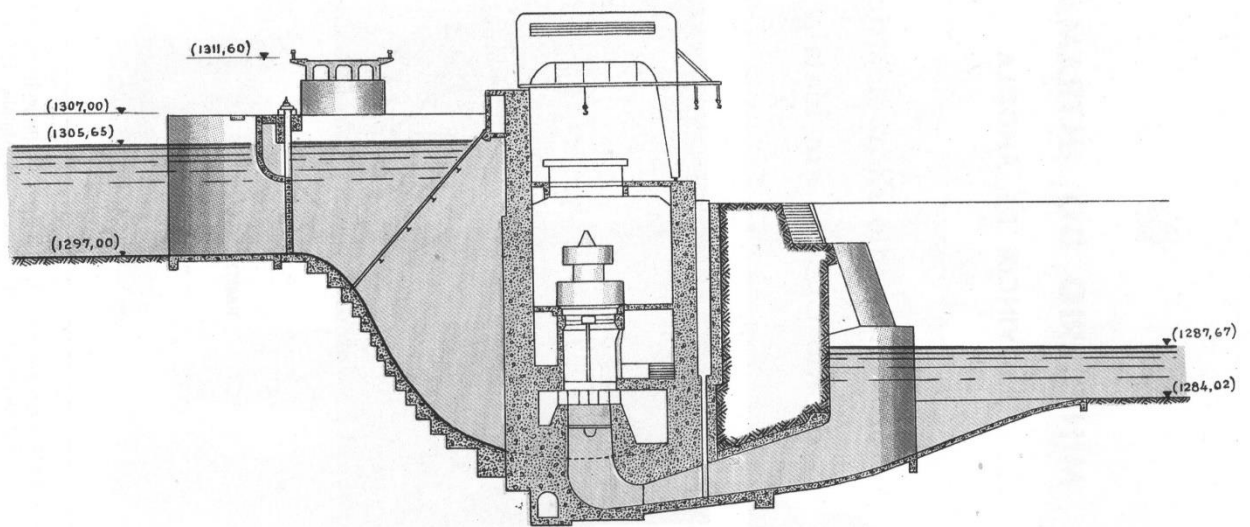


Figura 5.3 - Tomada de água e central (Sanches, 1999).

Por cima do coroamento da barragem passa a estrada que liga o Lubango a Menongue e num viaduto localizado imediatamente a montante, a linha do caminho-de-ferro do Namibe.

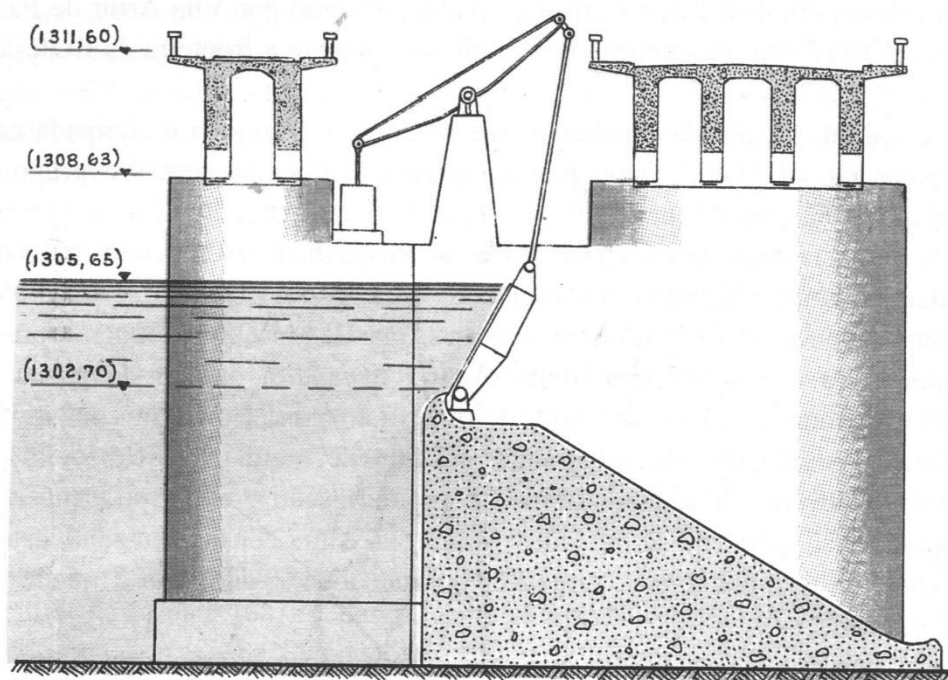


Figura 5.4 - Perfil vão do descarregador sem comportas (Sanches, 1999).

5.1. Principais Patologias

Com o decorrer do tempo começaram a aparecer vários tipos de reações nos betões, tais como:

- Fendilhação generalizada dos betões;
- Abertura das juntas dos pilares
- Grande depreciação da resistência dos betões

5.2. Reconhecimento Geológico na Região da Matala

O reconhecimento geológico (figura 4.8) de suporte ao desenvolvimento ao projeto na região da Matala foi feito por Sousa do Vale em 1960.

Examinando o esboço geológico elaborado, verifica-se que a área estudada é, na sua maior parte, ocupada por rochas porfíricas, pórfiros graníticos, que afloram não só no local da barragem como ainda continuamente para nordeste, este e sudoeste.



Figura 5.5 - Pilar da barragem antes da reabilitação (Batista e Gomes, 2014).



Figura 5.6 - Aberturas das juntas dos pilares (Batista e Gomes, 2014).

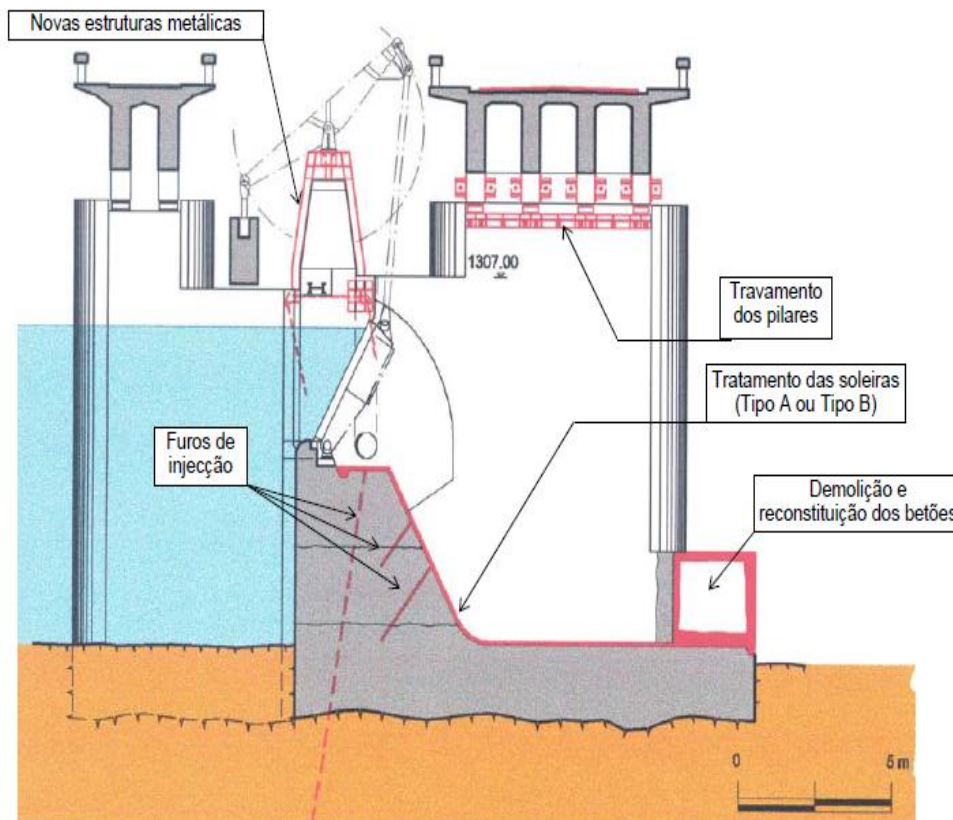


Figura 5.7 - Intervenções projetadas para a reabilitação (Batista e Gomes, 2014).

A partir da barragem, a margem direita, o substrato de rochas porfíricas estende-se para oeste somente uns 200 m, pois sensivelmente a essa distância estabelece contacto com rochas graníticas de idêntica composição mineralógica.

Para sul, a partir da zona de contacto acabada de referir e situada bem perto da barragem, o contacto do pórfiro com o granito faz-se sensivelmente segundo uma linha que corresponde ao traçado da estrada Matala-Capelongo e que inflete para Oeste uns 2 km depois.

Uns 3 kms a sul da Matala, margem direita do Cunene, a cobertura de pórfiros é interrompida para, dar lugar ao aparecimento de lavas basálticas. Entre os pórfiros e os basaltos encontra-se uma zona ocupada por uma formação brechiforme, denunciadora da existência duma fratura. Esta fratura distingue-se muito bem na fotografia aérea. Trata-se de uma falha com direção este-oeste e uma extensão de 10 km (figura 4.9).

Na margem esquerda do Cunene encontrou-se uma brecha que confirma a existência da falha este-oeste. Além do vulgar aspeto de brecha de falha, ela apresenta no contacto pórfiro-basalto o aspeto de uma brecha vulcânica, em virtude da lava basáltica ter atingido a zona de fratura e de terem sido ligados pelo magma basáltico os fragmentos de pórfiro ali existentes.

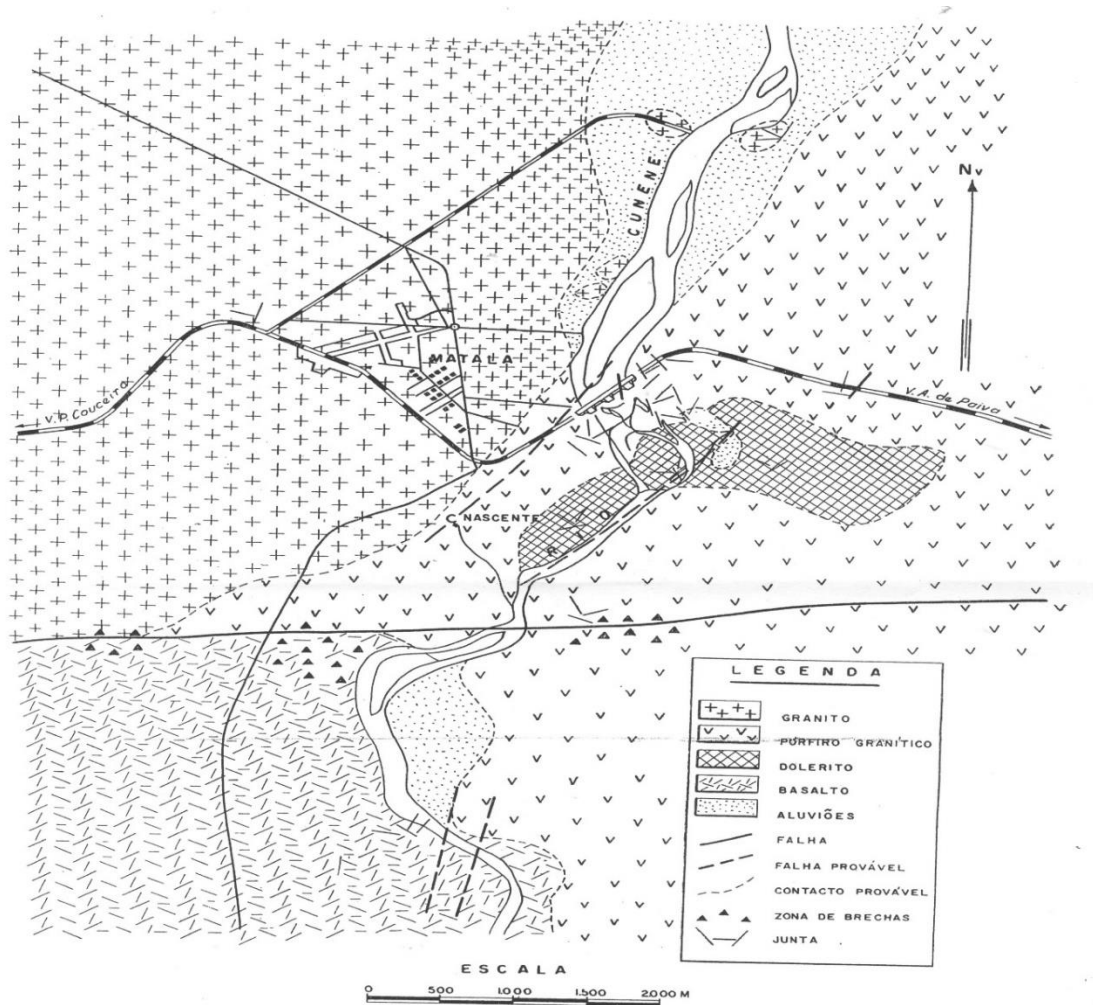


Figura 5.8 - Esboço geológico da área de estudo - Matala (Sousa do Vale, 1960).

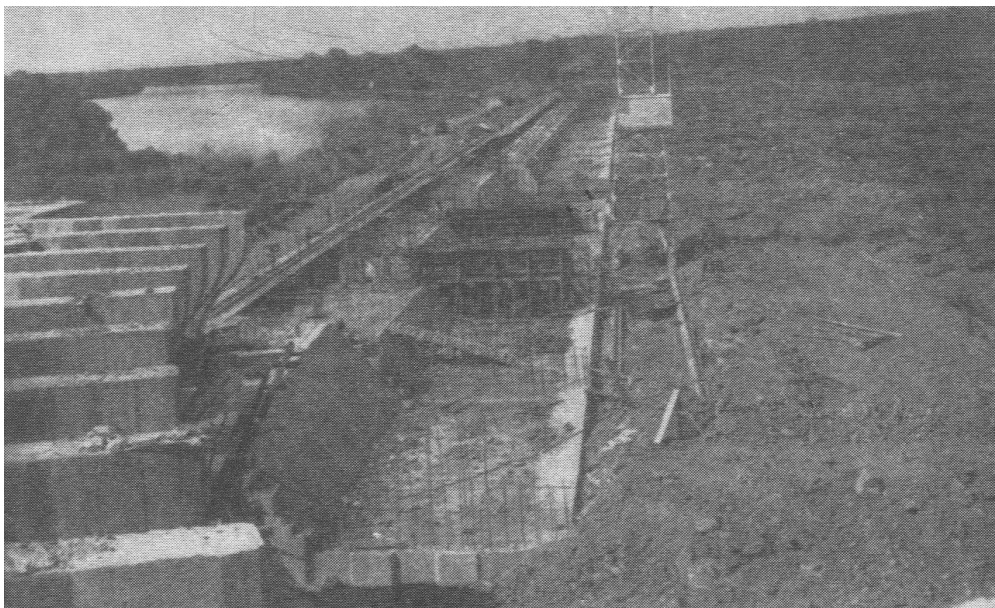


Figura 5.9 - Aspeto da construção da barragem (Sousa do Vale, 1960).

Mais para o Oeste a brecha de falha apresenta-se constituída por fragmentos de grés, quartzito e de conglomerado, o que prova terem existido formações de origem sedimentar

naquela zona. Na margem esquerda do Cunene a brecha é unicamente formada por fragmentos de pórfiro que foram ligados não só por pressão como por uma silicificação secundária.

As rochas basálticas, a partir do contacto que estabelecem com os pórfiros na margem direita do Cunene, estendem-se para o Sul, ultrapassando os limites da área que foi percorrida.

O limite destas rochas a Este é uma linha que corresponde sensivelmente ao curso do Cunene. No entanto foram assinalados afloramentos de basalto na margem esquerda do rio.

O solo, resultante da alteração e desintegração do pórfiro granítico e do basalto, oferece na área em referência, um flagrante contraste, como é natural, dada a diversidade de composição destas rochas. Enquanto a camada superficial resultante da desagregação do pórfiro granítico é, no geral, pouco espessa, de cor clara, cinzenta esbranquiçada, essencialmente argilosa e relevando quase sempre indícios de laterização, o terreno originado pela decomposição do basalto é um terreno escuro, castanho avermelhado, por vezes rico em húmus, representando, sem dúvida, um solo mais rico.

Neste solo de origem basáltica, a camada arável é também mais profunda, estando a cor vermelha que apresenta relacionada com a alteração dos elementos máficos e óxidos de ferro que, em elevada proporção, entram na constituição destas rochas

Além das formações eruptivas acabadas de descrever, há ainda assinalar a existência, na área em referência, duma mancha de rochas doleríticas, doleritos com olivinas, que afloram no rio a uns 600 m a jusante da barragem e que, a partir desse ponto, se estendem para Oeste e também para o sul durante uns 2 km.



Figura 5.10 - Solo avermelhado utilizado na construção de pistas para a movimentação de veículos e utilizada durante os trabalhos de reabilitação da barragem da Matala.

5.3. Características Geológicas do Local da Barragem da Matala

O pórfiro granítico é a rocha que serve de fundação à barragem e ponte do caminho-de-ferro que foi construída na Matala.

Esta rocha ao local dos trabalhos, depois de saneados os espaços destinados ao encastramento da represa, apresenta-se dura, compacta e resistente, mas de divisão fácil, devido à presença de diáclases. A alteração da rocha, no geral, não é muito pronunciada na zona correspondente ao leito do rio.

Porém, fora deste, na margem direita, a rocha apresenta uma alteração profunda na zona correspondente ao encosto dos pórfiros ao granito. Esta zona alterada pode estar relacionada com a presença de uma falha provável.

A alteração do pórfiro atinge 10 ou mais metros de profundidade. Esta verificação foi feita não só em poços abertos em locais destinados às fundações para os pilares da ponte do caminho-de-ferro, como ainda por sondagens de furação à rotação realizadas no local pelo então Serviço de Geologia e Minas.

Devido à alteração, o assentamento de pilares para a ponte foi substituído por encoramento. A alteração vista no pórfiro da Matala é o tipo vulgar de alteração existente em todas as regiões sujeitas a um clima quente e húmido. A alteração da rocha que constitui o substrato

inicia-se sempre ao longo das superfícies das diaclases, visto serem estes espaços propícios à penetração das águas.

A ação química é completada por ações físicas e, nestas, desempenham importante papel as variações térmicas diurnas. Nos pórfiros da Matala, nos locais onde não houve transporte, o rególito apresenta-se lateritizado.

Entre a crosta laterítica, ferruginosa, e a rocha sã, aparece no geral, a rocha muito alterada (já um solo), que se desagrega facilmente em virtude de a estrutura mineralógica dos feldspatos ter sido totalmente transformada.

Sousa do Vale (1960) verificou que a escavação para a fundação da barragem foi, quase sempre, levada até uma profundidade compreendida entre 3 e 4 m de profundidade, na qual aparecia a rocha sã. Em um dos locais do leito do rio, foi necessário levar o saneamento a maior profundidade, devido à existência de uma pequena falha que teve de ser convenientemente limpa e saneada antes de se dar início à betonagem.



Figura 5.11 - Pórfiros da área de estudo - Matala.

Acerca do estado da rocha em profundidade diremos ainda que os profundos cortes feitos no pórfiro com o granítico, nos locais destinados à central e canal de recuperação, nos permitiram verificar que, depois da zona de alteração já referida (3 m), a rocha se apresenta ali com um belo aspeto, embora intensamente fissurada. Salvo em um ou outro caso, não se viu no espaço trabalhado que a alteração subsistisse em profundidade, sendo a ligação entre os diversos blocos, no geral, bastante perfeita

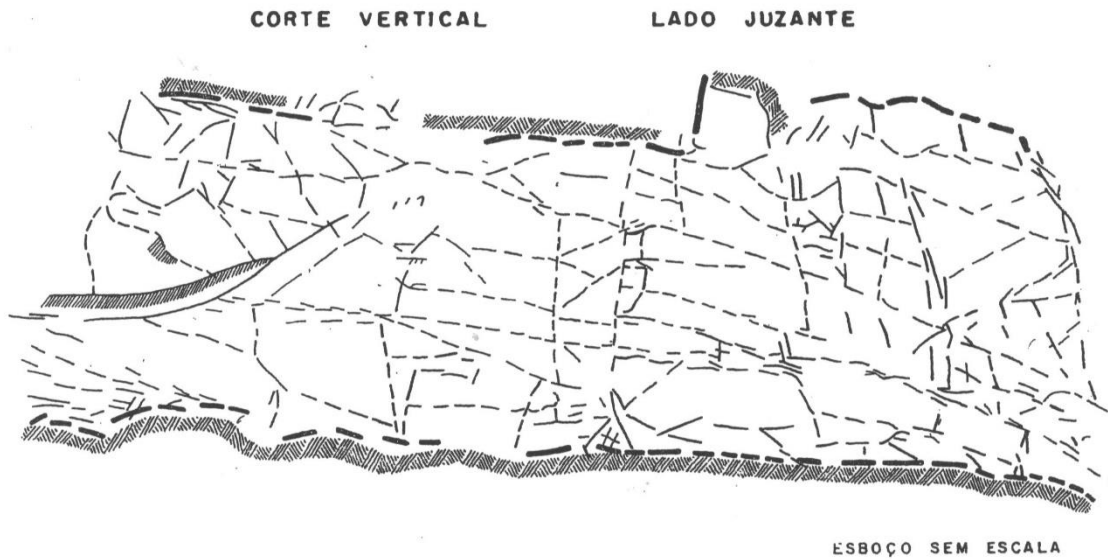


Figura 5.12 - Diaclases nas fundações da barragem da Matala (Sousa do Vale, 1960).

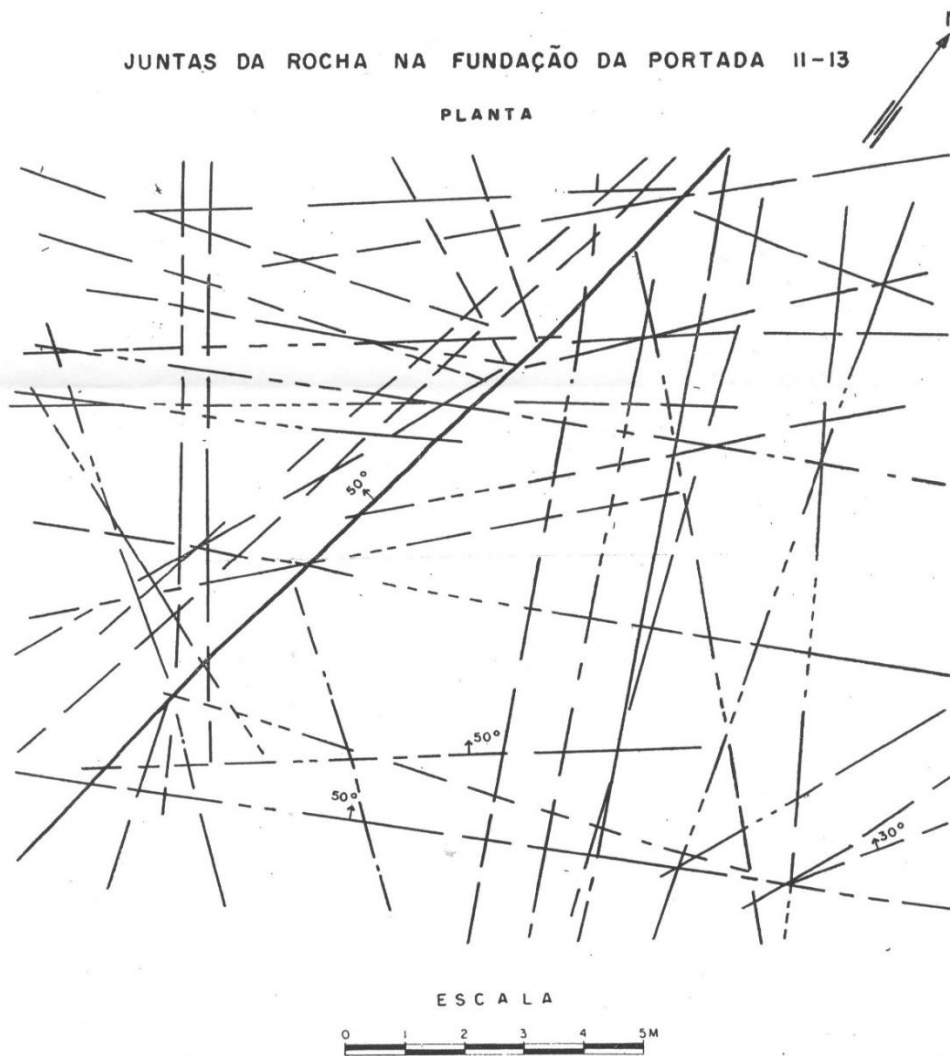


Figura 5.13 - Diaclases nas fundações da barragem da Matala (Sousa do Vale, 1960).

Quanto à fraturação, os pórfiros da Matala apresentam-se intensamente fraturados. A rede de fraturas, dada a sua diversidade, constitui em alguns casos um agregado confuso de difícil interpretação.

Das observações feitas «in situ» há que concluir que as diaclases existentes no pórfiro são fundamentalmente dos seguintes tipos: diaclases longitudinais, diaclases transversais, diaclases horizontais e diaclases em diagonal. Os três primeiros tipos correspondem à existência de planos que permitem a divisão da rocha em blocos prismáticos (prismas assimétricos).



Figura 5.14 - Disjunção prismática no pórfiro (Sousa do Vale, 1960).



Figura 5.15 – Pórfiros compartimentados.

Devido ao fato de o maciço rochoso se encontrar acentuadamente fraturado, e de modo a impermeabilizar convenientemente a rocha de fundação da barragem foi necessário fazer injeções de cimento que, dada a natureza da fissuração, terão de ser certamente pouco espaçadas.

Durante os trabalhos de remodelação da barragem da Matala, foram instalados diversos equipamentos de modo a ser possível observar e quantificar o comportamento da estrutura, tendo para o efeito sido instalados um total de 44 equipamentos.



Figura 5.16 - Diaclases longitudinais.



Figura 5.17 – Piezómetro instalado na barragem.

Paragens	Margem	Coordenadas do lugar	Orientação das diá-Clases	Pendor	Abertura das diáclases
P1	Esquerda	S: 14° 44'36,95" E: 15°2'31,60"	1 – N66° Ev 2 – N26° Wv 3 – N56°Wv 4 – N16 °Wv 5 – N54°E 6 – N76°W 7- N36°Wv	36°Wv 56Wv 34°E 20°NE 40°Ew 66°W 56°Wv	Fechada Fechada Fechada Fechada Fechada Fechada Fechada
P2	Esquerda	S: 14° 44'35,34" E: 15° 2'32,10"	1 – N66° W 2 – N66° W 3 – N56° W 4 - N86° W	80°W 64°E 50°W 80°S	Fechada Fechada Fechada Fechada

Tabela 5.2 - Dados levantados nas paragens 1 e 2 na área da barragem.

Paragens	Margem	Coordenadas do lugar	Orientação das diá-clases	Pendor	Abertura das diáclases
P3	Esquerda	S: 14° 44'34,01" E: 15° 2'32,50"	1 - N76°W 2 – N14°E 3 - N66° W 4 – N54°E 5 – N54°E	70° S 74° E 60° Nsv 30° S 50° S	Fechada Fechada Fechada Fechada Fechada
P4	Esquerda	S: 14° 44'38,17" E: 15° 2' 37,77"	1 – N54° E 2 – N86° W 3 – N74°E 4 – N86°E 5 – N 56° W 6 – N 36° Wv 7 – N 46° Wv 8 – N 24° Ev 9 – N 19° E	24°E 44°E 45°S 50°S 50°S Sv Sv Ev 64°E	Fechada Fechada Fechada Fechada Fechada Fechada Fechada 6 cm Fechada
P5	Esquerda	S: 14° 44'31,09" E: 15° 2'35,29"	1 – N34°E 2 – N44°E 3 – N74°E 4 – N36° Wv	Sv 60° S 20° S Com uma grande continuidade	Fechada Fechada Fechada Fechada

Tabela 5.3 - Dados levantados nas paragens 3,4 e 5 na área da barragem.

Paragens	Margem	Coordenadas do lugar	Orientação das diáclases	Pendor	Abertura das diáclases
P6	Esquerda	S: 14°44'29,28" E: 15° 2'36,82"	1 – N26° S 2 - N56° Wv 3 – N86°W 4 – N91°W 5 – N44°E 6 – N76°W 7 – N26°W 8 - N76°W	64° E N60°v 70°N 54°E 70°N 45° S 54°Nw 70°N	Fechada Fechada Fechada Fechada Fechada Fechada Fechada Fechada

Tabela 5.4 - Dados levantados na paragem 6 na área da barragem.

Paragens	Margem	Coordenadas do lugar	Orientação das diáclases	Pendor	Abertura das diáclases
P7	Esquerda	S: 14° 44'28,09" E: 15° 2'37,07"	1 – N54°E 2 – N9° Ev 3 – N91°W 4 – N14°E 5 - N74°E	45° S SV 25° S 54° E 30°S	Fechada Fechada Fechada Fechada Fechada

Tabela 5.5 - Dados levantados na paragem 7 na área da barragem.



Figura 5.18 – Representação das paragens na área de estudo.

NOTA: Os trabalhos de campo foram, por questões de logística e segurança, desenvolvidos na margem esquerda da jusante da barragem.

A rocha encontrada é o pórfiro granítico que se encontra em todos locais estudados são pouco alterados. A progressão da alteração inicia-se sempre a partir da superfície das diáclases e, em algumas situações, esta tem uma pequena película com cor acastanhada, o que reflete o resultado da oxidação.

A alteração visto no local de estudo é do tipo vulgar, existente em lugares que apresenta os climas quentes e húmido. A abertura das diáclases inicia-se sempre ao longo das fendas, visto serem estes os espaços propícios à penetração das águas. As diáclases apresentam, localmente, uma abertura não significativa.

Na paragem quatro, encontrou-se uma abertura da diáclase com 6 cm, este pode alargar-se para a fonte de uma das fissuras da barragem, devido os agentes externos que podem atuar nesta diáclase. Nesta paragem, abertura é significativa.

As paragens como 1, 2, 3, 5, 6 e 7 as aberturas das diáclases estão fechadas, não são significantes, possuem pendor de diferentes direcções Norte, Este, Oeste, sudoeste e Sul, com máximo de 80° e mínimo de 20°.

O solo, resultante da alteração e desintegração do pórfiro granítico e do basalto, oferece na área em referência, um flagrante contraste, como é natural, dada a diversidade de composição destas rochas

6. Considerações Finais

A partir do problema identificado e dos objetivos traçados neste trabalho de investigação, chegou-se as seguintes conclusões:

A barragem da Matala possui uma capacidade instalada de 69,2 MW, distribuído no Aproveitamento Hidroelétrico da Matala (27,2 MW) e nas centrais térmicas do Lubango (30 MW) e Namibe (2 MW). Porém, num primeiro momento, o crescimento da demanda mais acentuado, deveria concentrar-se na região do Lubango ou Matala (Província da Huíla), que são atendidos pelo sistema de 150 kV.

A região sudoeste, Província de Namibe, é atendida por duas linhas de transporte em 60 KV, provenientes de Lubango, com aproximadamente 50 km, uma extensão elevada para linhas deste nível de tensão, provocando uma queda de tensão acentuada, o que limita o fornecimento à região do Namibe em aproximadamente 25 MW de demanda máxima, em condições normais de funcionamento. A perda de um dos circuitos da linha de 60 kV entre Lubango e Namibe causa afundamento na região do Namibe.

A experiência mundial indica que quase todos os projetos para produção de energia eléctrica e de linhas de transmissão, em conjunto com muitos projetos de distribuição, têm potenciais impactos ambientais importantes durante a sua construção e funcionamento. Isto é particularmente verdade no caso dos projectos hidroeléctricos de grande escala. A maior parte dos governos e todos os bancos internacionais exigem atualmente, como parte do processo de aprovação dos respetivos projetos, que os seus potenciais impactos ambientais estejam identificados, e que sejam elaborados planos para os minorar para níveis aceitáveis.

A alteração visto no local de estudo é do tipo vulgar, existente em lugares que apresenta os climas quentes e húmido. A abertura das diáclases inicia-se sempre ao longo das fendas, visto serem estes os espaços propícios à penetração das águas. As diáclases apresentam, localmente, uma abertura não significativa.

7. Recomendações

Recomenda-se o seguinte:

- Melhoria da qualidade dos serviços e das organizações;
- Reabilitar e adicionar capacidade de produção;
- Reabilitar e expandir a rede de transporte e de distribuição;
- Reforçar e desenvolver as competências do sector;
- Incentivo ao sector privado e aumento da competitividade;

- Equilíbrio económico-financeiro das empresas, ao aproximar os custos associados da produção e de outros, as tarifas de custos mínimos e compatíveis com a qualidade de serviços;

- Melhoria da eficiência das instalações e dos equipamentos, resultando a melhoria da prestação das operadoras;
- Aumento da confiança dos investidores na indústria;
- Eliminação progressiva dos encargos diretos do OGE feitos por via de atribuição dos subsídios, que resultará na libertação de fundos para a expansão do acesso;

- Melhoria da autoridade do Estado em todos actos na cadeia de Planeamento e Execução da produção, transporte, distribuição e na utilização das instalações elétricas.

- Facilitar acesso, aos investigadores para melhorar a qualidade dos trabalhos prestados aos utentes.

8. Fontes de Informação e Mais Leituras

ACI – Committee 201(1980). Mass Concrete for Dams and Other Massive Structures. American Concrete Institute.

Batista, A. L. e Gomes, P. (2014). Diagnóstico e Reabilitação de Barragens Afectadas por Reações Expansivas do Betão. Seminário “Barragens no Espaço da CPLP. Experiências, Soluções e Desafios. Maputo.

Bureau of Reclamation (1996). Guide to Concrete Repair. Bureau of Reclamation.

Carvalho Quintela, Cardoso. J. L. e Mascarenhas, J. M. (1986). Aproveitamentos Hidráulicos Romanos a Sul do Tejo. Contribuição para a sua Inventariação e Caracterização. Ministério do Plano e da Administração do Território. Direcção Geral dos Recursos e Aproveitamentos Hidráulicos.

Cruz, P. T. (1996). Permeabilidade e Condutividade. In 100 barragens brasileiras. Casos históricos, materiais de construção, projeto. Oficina de Textos, São Paulo, pp. 258 – 278.

Decreto – Lei nº 5/02, de 16 de Abril (Lei de delimitação do sector das actividades Económicas).

Decreto – Lei nº 344/2007, de 15 de Outubro.

Decreto presidencial nº 256/11 de 29 de Setembro.

Goodman, Richard E. (1993). Engineering Geology. Rock in Engineering Construction. John Wiley & Sons, London, 432 p.

Henriques A. G. (1994). Impacto de Aproveitamentos Hidráulicos. In Partidário M. Jesus “Avaliação do impacto ambiental”. Centro de Estudos de Planeamento e Gestão do Ambiente, Lisboa, pp. 285-336.

ICOLD (1997). Concrete Dams. Control and Treatment of Cracks. Bulletin 107. International Commission on Large Dams, Paris.

Louis, C. (1972). Rock Hydraulics. In Rocks Mechanics. ed. L. Müller, Springer-Verlag, Wien, Estados Unidos.

McLean, Adam C., Gribble & Colin D. (1992). Geology for Civil Engineers. Second Edition. E & FN Spon, London, 314 p.

Mineiro, A. (1981). Mecânica dos Solos e Fundações. Vol. 1 Introdução. Universidade Nova de Lisboa.

Montenegro de Andrade, M. (1953). Rochas Graníticas de Angola. Dissertação de Doutoramento. Universidade de Coimbra.

Mouta, F. (1954). Notícia Explicativa do Esboço Geológico de Angola 1/2.000.000. Junta de Investigações do Ultramar. Lisboa.

Mouta, F. (1954). Notícia Explicativa do Esboço Geológico de Angola.

Mussi, J., Moser, D. e Oliveira, L. (1999). Monitoring systems of Salto Caxias hydroelectric powerplant. In: International Conference on Dam Safety and Monitoring.

Oliveira, R. (1986). Geologia de Engenharia e Mecânica das Rochas. Conceitos fundamentais. Metodologia de Estudo dos Maciços Rochosos. II Simpósio Sul Americano de Mecânica das Rochas, pp. 203-214. Porto Alegre, Brasil.

Rocha, M. (1981). Mecânica das Rochas. LNEC, Lisboa.

Rosso, J. e Piasentim, C. (1996). Critérios Usados no Projeto de Auscultação da Barragem de Itaipu e sua Reavaliação com Base no Desempenho da Instrumentação. In: Simpósio Sobre Instrumentação de barragens. Belo Horizonte.

Sanches, R. (1999). O Aproveitamento do rio Cunene. Sua Importância Internacional e para o Sul de Angola. Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Silva, S. A. (2007). Reações Expansivas no Betão. Seminário Materiais em Ambiente Marítimo.

Sousa do Vale, F. (1960). Estudo Geológico da Área da Barragem da Matala. Boletim dos Serviços de Geologia e Minas (Angola), nº 1, pp.67-105

Vale Cunha F. (1960). Carta Explicativa - Estudo Geológico da Área da Barragem da Matala. nº 1, pp.67-105.

Wahlstrom E. E. (1974). Dams, Dam Foundations, and Reservoir Sites. Developments in Geotechnical Engineering. Elsevier.

Sites Consultados

www.irse.gov.ao

[Http://www.kunenerak.org/ptinternal/showImage.aspx?i=53994.](http://www.kunenerak.org/ptinternal/showImage.aspx?i=53994)

[Http://www.google.pt/search?q= bacia +hidrografia+ do + rio Cunene& biw = 1366&source =lnn& tbn =isch&.](http://www.google.pt/search?q=bacia+hidrografia+do+rio+Cunene&biw=1366&source=lnn&tbn=isch&)