



Soluções técnicas e económicas para a produção de energia eléctrica para o abastecimento de centralidade em Angola

TIAGO FILIPE OLIVEIRA VIEIRA

Outubro de 2016

SOLUÇÕES TÉCNICAS E ECONÓMICAS PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA PARA O ABASTECIMENTO DE CENTRALIDADES EM ANGOLA

Tiago Filipe Oliveira Vieira



Departamento de Engenharia Eletrotécnica
Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

2016

Relatório elaborado para satisfação parcial dos requisitos da Unidade Curricular de DSEE -
Dissertação do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

Candidato: Tiago Filipe Oliveira Vieira, Nº 1090345, 1090345@isep.ipp.pt

Orientação científica: António Augusto Araújo Gomes, aag@isep.ipp.pt



Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

2016

Agradecimentos

Após a realização deste trabalho que finaliza o meu mestrado, quero em primeiro lugar, prestar o meu agradecimento aos meus pais e tios, pelo esforço feito para me dar a oportunidade de tirar o curso, assim como todo o apoio e suporte dado ao longo deste período de aprendizagem.

Embora pela sua definição académica esta dissertação se apresente como um trabalho individual, existem outros contributos sem os quais a sua realização nunca seria possível.

Por essa razão, desejo expressar os meus sinceros agradecimentos:

À minha namorada, Adriana Costa, por estar sempre ao meu lado em todos os momentos e em todas as situações, ouvindo-me e aconselhando-me sempre da melhor maneira;

Ao Eng^o António Gomes, mostrando a sua disponibilidade para qualquer dúvida e aberto ao diálogo e discussão de ideias. O tema da minha tese teria muito provavelmente seguido outro rumo se o Eng^o não me tivesse proposto seguir uma ideia que considerava interessante;

A todos aqueles a quem solicitei dados e informações que em muito contribuíram para a execução deste estudo, nomeadamente às empresas STET Barloworld, SDMO-Autosueco e Efacec;

Aos meus amigos e familiares por sempre me apoiarem, pela paciência e compreensão manifestadas ao longo deste período de trabalho intenso.

Resumo

Ao longo dos tempos as desigualdades dos “países desenvolvidos” em relação aos “países em desenvolvimento” tem vindo a evidenciar-se em todas as dimensões, nomeadamente sociais e económicas, o que se reflete diretamente na qualidade de vida das pessoas.

Analisando desta perspetiva e tentando contribuir de alguma forma para a melhoria da situação atual, desenvolvi a presente dissertação que teve como objetivo o estudo de soluções para o abastecimento de energia elétrica em Angola. Foi escolhida a República de Angola como objeto de estudo devido à sua crescente procura de soluções para garantir a alimentação de energia elétrica à sua população. Verifica-se também que em Angola existe uma rede elétrica com grande capacidade de produção, mas que no entanto, emerge a necessidade de expansão.

O trabalho inicia-se com uma análise do estado da arte do Sistema Elétrico de Energia, abordando os modos e processos relativos à produção, ao transporte e à distribuição de energia elétrica. Ao longo do relatório vai ser notória uma descrição intensiva e com maior ênfase no que diz respeito à produção de energia. Explorando os diferentes modos de produção renovável e não-renovável, dando importância à sua constituição e ao seu funcionamento, assim como serão descritas as vantagens e desvantagens de cada fonte de produção.

As centralidades em Angola, por regra, localizam-se em zonas distantes dos grandes centros urbanos, não sendo assim possível a alimentação de energia elétrica através da rede pública. Este facto acontece, quer por razões de indisponibilidade de rede de distribuição, quer por falta de capacidade da rede existente.

Perante esta situação, a solução mais utilizada para alimentar as centralidades tem por base a produção de energia elétrica através de grupos eletrogéneos. Pondo em prática o estado da arte atual e com vista a suprir as necessidades elétricas da população alvo, no trabalho expõem-se casos de estudo concretos de centralidades onde se apresentam todos os passos que são necessários à modelização/implementação de uma central de produção de energia

elétrica, dimensionando todos os elementos constituintes da instalação assim como a análise de custo.

Este estudo permite explorar diversas possibilidades viáveis para o projeto de abastecimento de energia elétrica através de grupos eletrogéneos, oferecendo soluções standard às empresas que consultam este tipo de projetos.

No fim do estudo verificou-se que, com a metodologia utilizada foi possível apurar a melhor solução para o tipo de necessidades de cada centralidade, existindo um equilíbrio entre custo e o perfeito funcionamento da solução. Todos os elementos constituintes das soluções apresentadas foram devidamente selecionados e aplicados de modo a fornecer um abastecimento de energia elétrica fiável, tanto na qualidade, como na quantidade atendendo aos requisitos.

Palavras-Chave

Grupos eletrogéneos, Grupos geradores, Viabilidade económica, Centralidades, Angola, Sistema Elétrico de Energia, Abastecimento de energia

Abstract

Over time, the differences of "developed countries" regarding to "developing countries" has become increasingly clear in all dimensions, including social and economic situations which reflect directly on the life quality of the people.

Republic of Angola was chosen as an study object due to the growing demand for solutions to guarantee the resource of electricity to their population. It also verifies that in Angola there is a network with large production capacity, but nevertheless emerges the need for expansion.

The work begins with an analysis of the state of the art of the Electric Power System, addressing modes and processes concerning production, transmission and distribution of electricity. Throughout of the report will have an intensive description and with greater emphasis with respect to energy production. Exploring the different modes of production renewable and non-renewable, giving importance to his constitution and functioning, will be described their advantages and disadvantages each source of production.

The centralities in Angola, usually, are situated in distant regions from the foremost urban centers, consequently is not possible to connect the energy system through the public network. This happens for unavailability reasons of the distribution network, as well as for lack of existing network capacity. Due this situation, the solution mostly used to supply the centralities is based on the production of electric energy through generating sets.

At work is exposed, concrete study cases of centralities, where feature all the steps that are needed for modelling / implementation of a power station, dimensioning all the elements of the installation as well as analysis cost.

This study allow explore several options for electricity supply project through generating sets, offering standard solutions to companies that consult this type of projects.

In the end of study it was found that with the methodology used was possible to find out the best solution for the kind of needs from each centrality confirming the existence a balance

between cost and the perfect functioning of the solution. All the elements constituents from the solutions presented have been duly selected and applied to provide a reliable power supply, both in quality as in quantity taking into account the requirements.

Keywords

Generating sets, Economic viability, Centralities, Angola, Electric Power System, Power Supply

Índice

AGRADECIMENTOS.....	VII
RESUMO.....	IX
ABSTRACT.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIX
ÍNDICE DE TABELAS	XXIII
ACRÓNIMOS.....	XXV
1. INTRODUÇÃO.....	28
1.1.CONTEXTUALIZAÇÃO	28
1.2.OBJETIVOS.....	29
1.3.ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO	29
2. SISTEMA ELÉTRICO DE ENERGIA.....	31
2.1.ASPETOS GERAIS	31
2.2.PRODUÇÃO	33
2.2.1. FONTES RENOVÁVEIS.....	33
2.2.1.1. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	34
2.2.1.2. ENERGIA EÓLICA	38
2.2.1.3. ENERGIA HÍDRICA.....	41
2.2.1.4. ENERGIA GEOTÉRMICA	49
2.2.1.5. BIOMASSA (QUEIMA DE RESÍDUOS- CENTRAL TERMOELÉTRICA)	54
2.2.2. FONTES NÃO-RENOVÁVEIS.....	58
2.2.2.1. ENERGIA NUCLEAR.....	58
2.2.2.2. ENERGIA TERMOELÉTRICA (QUEIMA DE COMBUSTÍVEIS NÃO-RENOVÁVEIS).....	64
2.2.2.3. GRUPOS GERADORES DIESEL.....	67
2.2.3. FONTES DE ENERGIA NO MUNDO: ESTATÍSTICAS.....	68
2.3.TRANSPORTE	74
2.3.1. REDE DE TRANSPORTE.....	74
2.3.1.1. LINHAS DE TRANSMISSÃO	74
2.3.1.2. SUBESTAÇÕES	74
2.3.2. REDE DE INTERLIGAÇÃO.....	75

2.4.DISTRIBUIÇÃO E UTILIZAÇÃO EM BAIXA TENSÃO	76
2.4.1. REDES DE DISTRIBUIÇÃO	76
2.4.1.1. SUBESTAÇÕES.....	76
2.4.1.2. CANALIZAÇÃO.....	76
2.4.1.3. POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO.....	76
2.4.1.4. ESTRUTURAS TOPOLÓGICAS DAS REDES	77
2.4.2. TOPOLOGIA DE REDES DE ALIMENTAÇÃO.....	78
3. GRUPOS ELETROGÊNEOS	80
3.1.ASPETOS GERAIS	80
3.1.1. TIPOS E CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS	80
3.1.2. LOCAL DE INSTALAÇÃO.....	87
3.1.3. VANTAGENS E DESVANTAGENS	89
3.2.CONSTITUIÇÃO DE UM GRUPO GERADOR.....	90
3.2.1. MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA.....	90
3.2.1.1. COMBUSTÍVEL	91
3.2.1.2. SISTEMA DE VENTILAÇÃO E RUÍDO	91
3.2.2. ALTERNADOR	92
3.2.2.1. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO.....	93
3.2.2.2. NÚMERO DE FASES.....	94
3.2.2.3. FREQUÊNCIA.....	94
3.2.2.4. EXCITAÇÃO	94
3.2.2.5. ACOPLAMENTO.....	98
3.2.2.6. LIMITAÇÕES	98
3.2.3. COMPONENTES DE CONTROLO.....	99
3.2.3.1. SENSOR DE PRESSÃO DO ÓLEO LUBRIFICANTE	99
3.2.3.2. TERMOSTATO PARA A ÁGUA DE REFRIGERAÇÃO.....	99
3.2.3.3. SENSOR DE SOBREVELOCIDADE	99
3.2.3.4. SENSOR DE NÍVEL DO LÍQUIDO DE REFRIGERAÇÃO.....	99
3.2.3.5. RELÉ TAQUIMÉTRICO.....	100
3.2.3.6. SENSOR DE RUTURA DA CORREIA.....	100
3.2.3.7. SENSOR DE FREQUÊNCIA.....	100
3.2.3.8. PAINEL LOCAL DE INSTRUMENTOS.....	100
3.2.3.9. QUADRO DE COMANDO.....	100
4. SISTEMA ELÉTRICO DE ENERGIA ANGOLANO	101
4.1.ASPETOS GERAIS	101
4.2.EVOLUÇÃO LEGISLATIVA E REGULAMENTAR	102
4.3.PRINCIPAIS ENTIDADES NO SETOR.....	107
4.3.1. MINEA	107

4.3.2.	<i>IRSE</i>	107
4.3.3.	<i>PRODEL</i>	107
4.3.4.	<i>RNT</i>	108
4.3.5.	<i>ENDE</i>	108
4.3.6.	<i>INRH</i>	108
4.4.	PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	109
4.5.	REDE DE TRANSPORTE	110
4.5.1.	<i>SISTEMA ELÉTRICO NORTE</i>	111
4.5.2.	<i>SISTEMA ELÉTRICO CENTRO</i>	111
4.5.3.	<i>SISTEMA ELÉTRICO SUL</i>	112
4.5.4.	<i>FUTURO DO SISTEMA ELÉTRICO</i>	113
4.6.	CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	113
4.7.	PRINCIPAIS DIFICULDADES NO SETOR ELÉTRICO	115
5.	ESTUDO DE CASOS	117
5.1.	ASPETOS GERAIS	117
5.2.	CENTRALIDADES	118
5.2.1.	<i>ASPETOS GERAIS</i>	118
5.2.2.	<i>ALIMENTAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA</i>	119
5.3.	PRODUÇÃO DE ENERGIA PARA ABASTECIMENTO DA CENTRALIDADE 1	120
5.3.1.	<i>CARACTERIZAÇÃO DA CENTRALIDADE</i>	120
5.3.2.	<i>CARACTERIZAÇÃO DAS INFRAESTRUTURAS PÚBLICAS DE TRANSPORTE E DISTRIBUIÇÃO</i>	121
5.3.3.	<i>ESTIMATIVA DE POTÊNCIA</i>	121
5.3.3.1.	POTÊNCIA INSTALADA.....	121
5.3.3.2.	POTÊNCIA DE UTILIZAÇÃO.....	122
5.3.4.	<i>CENTRAL DE PRODUÇÃO</i>	125
5.3.4.1.	CARACTERÍSTICAS GERAIS	125
5.3.4.2.	PRINCIPAIS ELEMENTOS CONSTITUINTES DA CENTRAL GERADORA.....	126
5.3.4.3.	CENTRAL DE PRODUÇÃO COM GRUPOS GERADORES DE 400 V.....	134
5.3.4.4.	CENTRAL DE PRODUÇÃO COM GRUPOS GERADORES DE 11 kV	146
5.3.5.	<i>ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE SOLUÇÕES</i>	149
5.3.5.1.	CUSTOS DE INVESTIMENTO	150
5.3.5.2.	CUSTOS DE EXPLORAÇÃO	153
5.4.	PRODUÇÃO DE ENERGIA PARA ABASTECIMENTO DA CENTRALIDADE 2	157
5.4.1.	<i>CARACTERIZAÇÃO DA CENTRALIDADE</i>	157
5.4.2.	<i>CARACTERIZAÇÃO DAS INFRAESTRUTURAS PÚBLICAS DE TRANSPORTE E DISTRIBUIÇÃO</i>	158
5.4.3.	<i>ESTIMATIVA DE POTÊNCIA</i>	158
5.4.3.1.	POTÊNCIA INSTALADA.....	158
5.4.3.2.	POTÊNCIA DE UTILIZAÇÃO.....	159
5.4.4.	<i>CENTRAL DE PRODUÇÃO</i>	162

5.4.4.1.	CARACTERÍSTICAS GERAIS	162
5.4.4.2.	PRINCIPAIS ELEMENTOS CONSTITUINTES DA CENTRAL GERADORA	163
5.4.4.3.	CENTRAL DE PRODUÇÃO COM GRUPOS GERADORES DE 2000 KV	163
5.4.4.4.	CENTRAL DE PRODUÇÃO COM GRUPOS GERADORES DE 2500 KV	175
5.4.5.	<i>ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE SOLUÇÕES</i>	184
5.4.5.1.	CUSTOS DE INVESTIMENTO	184
5.4.5.2.	CUSTOS DE EXPLORAÇÃO	187
6.	CONCLUSÕES	190
	REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS	193

Índice de Figuras

Figura 1 – Estrutura simplificada do sistema de energia elétrica [1]	33
Figura 2 – Exemplo de aproveitamentos solares fotovoltaicos [2]	34
Figura 3 – Etapas de produção do painel fotovoltaica [3].....	35
Figura 4 – Diagrama simplificado de um sistema fotovoltaico isolado (caso doméstico)..	35
Figura 5 – Funcionamento de um sistema fotovoltaico instalado em grande escala, numa central, destinado a produção de energia elétrica e sua distribuição	36
Figura 6 – Principais elementos constituintes de uma torre eólica [5].....	39
Figura 7 – Turbinas eólicas em exploração <i>onshore</i> e <i>offshore</i> [5].....	39
Figura 8 – Aproveitamento mini-hídrico [6]	41
Figura 9 – Principais elementos constituintes de um sistema de aproveitamento mini-hídrico [6]	42
Figura 10 – Turbinas de ação ou impulsão: <i>Pelton</i> e <i>Banki Mitchell</i> [7]	43
Figura 11 – Turbinas de reação, <i>Francis</i> e <i>Kaplan</i> [7].....	44
Figura 12 – Barragem (Castelo de Bode, Portugal) [9].....	46
Figura 13 – Perfil e constituição de um sistema de aproveitamento hídrico de grande dimensão.....	47
Figura 14 – Grupo gerador hidroelétrico [10]	47
Figura 15 – Aproveitamento geotérmico.....	49
Figura 16 – Diferentes utilizações da energia geotérmica (Lindal, 1973) [11].....	52
Figura 17 – Funcionamento de uma central geotérmica [13].....	52
Figura 18 – Ciclo do carbono [14]	54
Figura 19 – Esquema representativo da produção de energia a partir de biomassa	56
Figura 20 – Central nuclear	58
Figura 21 – Estrutura do átomo de urânio-235 [17]	59
Figura 22 – Tipos de decaimento durante a radioatividade [18].....	60
Figura 23 – Capacidade de penetração dos diferentes tipos de radiação [17].....	60
Figura 24 – Contador Geiger e aparelho dotado de câmara de ionização [17]	61
Figura 25 – Esquema de funcionamento do reator de água pressurizada [17].....	63

Figura 26 – Central termoelétrica.....	65
Figura 27 – Esquema representativo da produção de energia a partir de carvão (Termoelétrica Pego) [21]	66
Figura 28 – Grupo eletrogéneo <i>diesel</i>	68
Figura 29 – Padrão de consumo de energia primária no mundo em 2014 (percentagem) [22]	69
Figura 30 – Consumo de energia primária no mundo, expresso em milhões de toneladas equivalentes de petróleo [22]	69
Figura 31 – Consumo de energia proveniente de tecnologia nuclear, expresso em milhões de toneladas equivalentes de petróleo [22]	70
Figura 32 – Produção vs. consumo de carvão no mundo, expressos em milhões de toneladas equivalentes de petróleo [22]	71
Figura 33 – Produção vs. consumo de petróleo no mundo, expressos em milhões de barris produzidos num dia [22]	71
Figura 34 – Produção vs. consumo de gás natural no mundo, expressos em bilhões de metros cúbicos [22]	71
Figura 35 – Consumo de energia proveniente de tecnologia hidroelétrica, expresso em milhões de toneladas equivalentes de petróleo [22].....	72
Figura 36 – Produção vs. consumo de renováveis no mundo, expressos em milhões de toneladas equivalentes de petróleo [22]	73
Figura 37 – Esquema de transporte de energia [25].....	75
Figura 38 Estruturas topológicas radial, anel e emalhada [25]	77
Figura 39 – Classificação “energia standby” [18].....	84
Figura 40 – Classificação “energia prime”, funcionamento por tempo ilimitado [18].....	85
Figura 41 – Classificação “energia prime”, funcionamento por tempo ilimitado [18].....	85
Figura 42 – Classificação energia de carga básica ou contínua [18]	86
Figura 43 – Exemplo de uma chapa de características de um grupo gerador	87
Figura 44 – Principais elementos constituintes de um grupo gerador.....	90
Figura 45 – Constituição de um grupo eletrogéneo aberto	92
Figura 46 – Constituição de um grupo eletrogéneo canopiado	92
Figura 47 – Estator e tampa com bobinas de campo da excitatriz; Rotor com ventilador, induzido da excitatriz e ponte retificadora [28]	93
Figura 48 – Sistema de excitação estática [28]	95

Figura 49 – Sistema de excitação <i>brushless</i> [28]	96
Figura 50 – Sistema de excitação através de íman permanente [28].....	97
Figura 51 – Acoplamento ELCO e elástico [28]	98
Figura 52 – Evolução do produto interno bruto de Angola nos últimos anos [29]	102
Figura 53 – Logótipo do programa de transformação do setor [30].....	102
Figura 54 – Objetivos para o sistema elétrico Angolano.....	103
Figura 55 – Metas a atingir através do Programa de Transformação	104
Figura 56 – Organograma das empresas do setor antes e depois do Programa de transformação [30].....	105
Figura 57 – Descrição das fases do programa e respetivas datas de ação [30]	106
Figura 58 – Metas do programa ao longo dos anos [29]	107
Figura 59 – Central de Cassaque e Barragem de Capanda, construída em 2005 com uma capacidade instalada de 520 MW [32]	109
Figura 60 – Relação entre capacidade instalada e produção de energia elétrica <i>Fonte: ENE,</i> <i>2013</i>	109
Figura 61 – Sistema Elétrico Norte [36].....	111
Figura 62 – Sistema Elétrico Centro [36].....	112
Figura 63 – Sistema Elétrico Sul [36]	112
Figura 64 – Evolução pretendida da rede elétrica Angolana até 2017 [37]	113
Figura 65 – Território Angolano dividido em agrupamentos [36]	114
Figura 66 – Cobertura de eletricidade esperada ao longo do programa de transformação [36]	115
Figura 67 – Representação de uma centralidade	119
Figura 68 – Planta de implantação da centralidade 1	120
Figura 69 – Exemplo de ligação de um transformador de corrente [42].....	127
Figura 70 – Exemplo de ligação de um transformador de tensão [42].....	128
Figura 71 – Diferentes tipos de celas de média tensão [43]	129
Figura 72 – Diagrama de sistema de abastecimento de combustível	134
Figura 73 – Grupo eletrogéneo a instalar na central da centralidade 1 [44].....	135
Figura 74 – Diagrama unifilar do quadro de média tensão (solução 400 V).....	137
Figura 75 – Celas de média tensão “Normafix”	144
Figura 76 – Disposição de celas na sala de média tensão (Centralidade 1)	145
Figura 77 – <i>Layout</i> da centralidade 1	146

Figura 78 – Grupo eletrogéneo a instalar na central da centralidade 1 [44]	147
Figura 79 – Diagrama unifilar do quadro de média tensão (solução 11 kV)	148
Figura 80 – Planta de implantação da centralidade 2	157
Figura 81 – Grupo eletrogéneo a instalar na central da centralidade 2 [44]	165
Figura 82 – Diagrama unifilar do quadro de média tensão (geradores 2000 kVA)	166
Figura 83 – Celas de média tensão “Normacel”	173
Figura 84 – Disposição de celas na sala de média tensão na solução de grupos geradores de 2000 kVA (Centralidade 2)	174
Figura 85 – <i>Layout</i> da centralidade 2 (grupos geradores 2000 kVA)	175
Figura 86 – Grupo eletrogéneo a instalar na central da centralidade 1 [44]	177
Figura 87 – Diagrama unifilar do quadro de média tensão (geradores de 2500 kVA)	178
Figura 88 – Celas de média tensão “Normacel”	182
Figura 89 – Disposição de celas na sala de média tensão na solução de grupos geradores de 2500 kVA (Centralidade 2)	183
Figura 90 – <i>Layout</i> da centralidade 2 (grupos geradores 2500 kVA)	184

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Vantagens e desvantagens da energia solar fotovoltaica.....	37
Tabela 2 – Vantagens e desvantagens da energia eólica	40
Tabela 3 – Classificação dos aproveitamentos mini-hídricos através da potência instalada e altura de queda [6]	42
Tabela 4 – Classificação do caudal relativo aos aproveitamentos mini-hídricos	42
Tabela 5 – Vantagens e desvantagens do aproveitamento mini-hídrico	45
Tabela 6 – Vantagens e desvantagens do aproveitamento hídrico (barragens).....	48
Tabela 7 – Classificação de recursos geotérmicos segundo Muffler (1978), Hochstein (1990) e Beritter e Commy (1990)	51
Tabela 8 – Vantagens e desvantagens da energia geotérmica	53
Tabela 9 – Formas de obtenção da biomassa [15].....	55
Tabela 10 – Vantagens e desvantagens da energia termoelétrica a partir da biomassa.....	57
Tabela 11 – Classificação dos principais reatores em operação comercial [19]	61
Tabela 12 – Vantagens e desvantagens da energia nuclear	64
Tabela 13 – Vantagens e desvantagens da energia termoelétrica.....	67
Tabela 14 – Classificação dos diferentes tipos de gerador	83
Tabela 15 – Descrição dos agrupamentos em relação a área, número de habitantes e potência produzida no local [36]	114
Tabela 16 – Potências estimadas para as diversas instalações de utilização da centralidade 1	122
Tabela 17 – Cálculo de potência total a alimentar pelo sistema.....	123
Tabela 18 – Características gerais dos transformadores.....	126
Tabela 19 – Especificações gerais do gerador de 2000 kVA [44].....	135
Tabela 20 – Especificação técnica dos transformadores elevadores	138
Tabela 21 – Especificação técnica do transformador abaixador	139
Tabela 22 – Designação de transformadores de tensão pela EDP Distribuição [45]	140
Tabela 23 – Designação de transformadores de corrente pela EDP Distribuição [46]	142
Tabela 24 – Características gerais técnicas dos quadros modulares “Normafix”	143

Tabela 25 – Custos estimativos das soluções de geradores 400 V para a Centralidade 1	150
Tabela 26 – Custos estimativos das soluções de geradores 11 kV para a Centralidade 1	151
Tabela 27 – Custos estimativos das soluções de média tensão para a Centralidade 1	152
Tabela 28 – Custos totais das soluções na Centralidade 1	152
Tabela 29 – Consumo de combustível na centralidade 1	154
Tabela 30 – Custos totais de exploração na centralidade 1	156
Tabela 31 – Potências estimadas para as diversas instalações de utilização da centralidade 2.....	159
Tabela 32 – Cálculo de potência total a alimentar pelo sistema	160
Tabela 33 – Especificações gerais do gerador de 2000 kVA [44]	165
Tabela 34 – Especificação técnica dos transformadores elevadores.....	168
Tabela 35 – Especificação técnica do transformador abaixador	169
Tabela 36 – Designação de transformadores de tensão pela EDP Distribuição [45].....	170
Tabela 37 – Designação de transformadores de corrente pela EDP Distribuição [46]	171
Tabela 38 – Características gerais técnicas dos quadros modulares “Normacel”	172
Tabela 39 – Especificações gerais do gerador de 2500 kVA [44]	177
Tabela 42 – Características gerais técnicas dos quadros modulares “Normacel”	180
Tabela 43 – Custos estimativos das soluções de grupos geradores para a Centralidade 2	185
Tabela 44 – Custos estimativos das soluções de média tensão para a Centralidade 2.....	186
Tabela 45 – Custos totais das soluções na Centralidade 2	187
Tabela 46 – Consumo de combustível na centralidade 1	188
Tabela 47 – Custos totais de exploração na centralidade 1	189

Acrónimos

AT	– Alta tensão
BT	– Baixa tensão
CCC	– Central de ciclo combinado
CT	– Central térmica
CTG	– Central turbina a gás
CFC	– Clorofluorocarbonetos
DNE	– Direcção Nacional de Energia
ENDE	– Empresa Nacional de Distribuição de Electricidade
ENE	– Empresa Nacional de Electricidade
PRODEL	– Empresa Pública de Produção de Electricidade
RNT	– Empresa Rede Nacional de Transporte de Electricidade
ESP	– Energia de emergência em standby (<i>Emergency standby power</i>)
COP	– Energia de operação contínua (<i>Continuous operating power</i>)
PRP	– Energia principal (<i>Prime power</i>)
CSP	– Energia solar concentrada (<i>Concentrated Solar Power</i>)
GAMEK	– Gabinete de Aproveitamento do Médio Kwanza
GEE	– Gases de efeito de estufa
GTG	– Grupo turbina a gás
HCFC	– Hidrofluorocarboneto
INRH	– Instituto Nacional de Recursos Hídricos
IRSE	– Instituto Regulador do Sector Eléctrico
MT	– Média tensão
MINEA	– Ministério de Energia e Água
MAT	– Muito alta tensão
O&M	– Operação e manutenção
PMG	– Permanent Magnet Generator

- PTSE – Programa de transformação do Setor *Elétrico*
- PWR – Reator de água pressurizada (*Pressurized water reator*)

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A presente tese aborda a necessidade de encontrar soluções para o abastecimento de energia elétrica nas centralidades disponíveis em Angola. Uma centralidade urbana é, resumidamente, um local onde diferentes atividades procuram estabelecer-se, como por exemplo zonas habitacionais, comércio a retalho e serviços. Estas encontram-se mais distanciadas dos grandes centros urbanos, não sendo por vezes possível a sua ligação à rede pública de energia elétrica. Desta forma, existe necessidade de se recorrer a soluções de alimentação de energia elétrica através de sistemas de grupos geradores, que alimentarão a centralidade no seu todo. Este tipo de instalações são de uso recorrente em Angola devido às debilidades sentidas na rede pública de abastecimento de energia elétrica.

Este trabalho pretende demonstrar e concretizar um projeto de dimensionamento de uma central produtora de energia elétrica com base em grupos eletrogéneos, tendo em conta os requisitos específicos das cargas a suportar. Neste caso, as cargas serão as instalações de utilização que constituem as centralidades. As cargas são principalmente edifícios habitacionais, comerciais e uma parte de pequenas indústrias. Posteriormente à realização de estimativa de potência é possível avançar com a modelização da melhor solução de grupos geradores a instalar nas centralidades a considerar.

Para cada centralidade são apresentadas soluções possíveis de implementação na produção de energia elétrica, apresentando os seus elementos constituintes, justificações,

funcionamento e custos estimativos. No final do estudo pode-se recorrer aos custos estimativos de investimento e exploração e assim proceder à comparação das hipóteses, conseguindo apurar a solução que melhor se pode ajustar a cada uma das centralidades.

O relatório foi conseguido através da cooperação de empresas fortemente ligadas ao setor da energia e experiência na área, tais como a Stet Barloworld e a Autosueco (SDMO).

1.2. OBJETIVOS

Sem prejuízo da realização de outras atividades, os objetivos principais da dissertação são:

- Realização de um estado da arte sobre a produção de energia elétrica;
- Realização do estado da arte sobre o Sistema Elétrico de Energia Angolano;
- Estudo de casos: Soluções técnicas e económicas para produção de energia elétrica no abastecimento de centralidades em Angola.

1.3. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

O presente relatório encontra-se organizado em seis capítulos.

O primeiro capítulo corresponde à introdução da dissertação, onde são abordados os objetivos do trabalho e a sua organização.

No segundo capítulo, intitulado "Sistema de Energia Elétrica" procura-se de forma estruturada, explorar todas as etapas deste, incluindo a produção, o transporte e a distribuição de energia elétrica. O capítulo relativo à produção encontra-se dividido por tecnologias produtoras de energia de carácter renovável e não renovável, explorando assim o funcionamento, constituição, bem como vantagens e desvantagens de cada uma destas fontes de energia elétrica. Também no final deste capítulo é realizado um levantamento estatístico mundial sobre as fontes de energia, sendo este apoiado através do relatório de avaliação estatística da Energia Mundial disponibilizado pela BP, dando importância à produção e consumo dos variados tipos energia em todo o Mundo.

No capítulo três, designado por “Grupos eletrogéneos”, é tratado o tema no qual o trabalho se irá desenvolver, constituindo-se assim como o elemento chave para todo o estudo desta dissertação. O gerador é um equipamento com a função de gerar energia elétrica para abastecer as cargas definidas em cada caso de estudo. Neste capítulo são apresentados aspetos tais como: classificação, constituição de um grupo gerador e considerações a ter na instalação destes.

No quarto capítulo é retratada a situação encontrada no “Sistema Elétrico de energia Angolano”, destacando as principais dificuldades no setor elétrico, a evolução legislativa e regulamentar de Angola. São ainda identificadas as entidades que estão responsáveis pela energia elétrica no país e são estudados os modos de produção e de transporte da Energia, assim como o consumo ao longo do território Angolano. Foi selecionado o território Angolano para tratamento de dados e definição de soluções reais, pois este apresenta grande procura de novas implementações para ultrapassar a debilidade da sua rede elétrica, tendo esta procura sido mais acentuada nos últimos tempos.

O quinto capítulo inclui os estudos de caso. Neste são apresentadas duas centralidades com necessidades distintas, pretendendo-se assim implementar um sistema que garanta o fornecimento de energia elétrica eficaz.

No sexto capítulo apresentam-se os resultados obtidos e as respetivas conclusões do estudo realizado neste trabalho. São ainda identificados alguns pontos que poderiam ser analisados futuramente.

2. SISTEMA ELÉTRICO DE ENERGIA

2.1. ASPETOS GERAIS

Um sistema elétrico de energia (SEE) é composto por equipamentos e instalações que funcionam de maneira coordenada, localizados ao longo de extensas regiões geográficas e que têm como objetivo a produção, transmissão e distribuição da energia elétrica desde a produção até ao consumidor final.

A produção de energia elétrica é realizada fundamentalmente em centrais de grande potência (térmicas, hídricas e nucleares), que, por razões técnicas, ambientais e económicas, em regra, não se encontram localizadas junto aos principais locais de consumo [1].

A energia produzida nestas centrais é entregue à rede de transporte [1], constituída por linhas de muito alta tensão (MAT¹), que realiza o seu transporte até próximo dos centros de consumo.

Através de subestações² abaixadoras de interligação a energia é entregue às redes de distribuição em alta tensão (AT)³, que fazem a distribuição em alta tensão nos centros de consumos.

Através de subestações abaixadoras da rede de distribuição os níveis de tensão são adaptados para a distribuição dentro dos centros, realizada em média tensão (MT)⁴.

Nos postos de transformação⁵ os níveis de tensão da distribuição em média tensão são convertidos para os níveis de distribuição em baixa tensão. Posteriormente, através da rede de distribuição em baixa tensão (BT)⁶ é realizada a alimentação aos clientes finais.

As instalações de produção de energia elétrica, de menor potência, de natureza descentralizada ou localizada – mini-hídrica, eólica, solar fotovoltaica ou cogeração quando surgiram era comum ligarem-se às redes de distribuição. Com a evolução das tecnologias de produção de energia elétrica renovável, estas já produzem potências consideráveis e

¹ Muito Alta tensão: Nível de tensão acima dos 110 kV (utilizada em redes de transporte);

² Subestação: Instalação de alta tensão destinada a algum ou alguns dos fins seguintes:

- a) Transformação da corrente elétrica por um ou mais transformadores estáticos, quando o secundário de um ou mais desses transformadores se destine a alimentar postos de transformação ou outras subestações;
- b) Transformação da corrente por retificadores, onduladores, conversores ou máquinas conjugadas;
- c) Compensação do fator de potência por compensadores síncronos ou condensadores.

³ Alta tensão: Nível de tensão entre 45 e 110 kV (utilizada na repartição ou grande distribuição);

⁴ Média tensão: Nível de tensão entre 1 e 45 kV (utilizada em redes de distribuição urbana ou rural);

⁵ Posto de transformação: Instalação de alta tensão destinada à transformação da corrente elétrica por um ou mais transformadores estáticos, quando a corrente secundária de todos os transformadores for utilizada diretamente nos recetores, podendo incluir condensadores para compensação do fator de potência.

⁶ Média tensão: Nível de tensão entre 1 e 45 kV (utilizada em redes de distribuição urbana ou rural);

atualmente já são conectadas nas redes de muito alta tensão, no caso de grandes centrais produtoras eólicas e solares fotovoltaicas.

A Figura 1 representa a estrutura simplificada do sistema elétrico de energia elétrica.

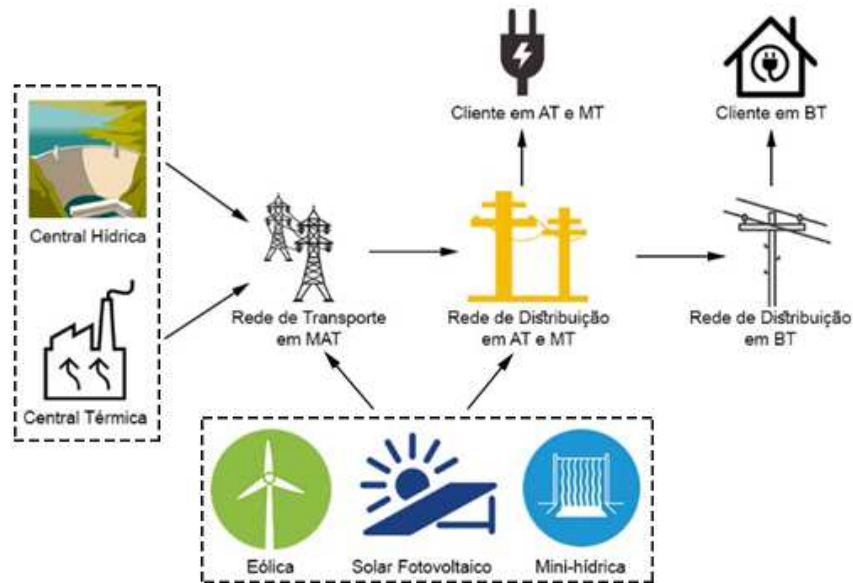


Figura 1 – Estrutura simplificada do sistema de energia elétrica [1]

2.2. PRODUÇÃO

A produção de energia elétrica pode ser realizada de diversas formas e com variados recursos. Estas podem ser de carácter renovável e não renovável. Nesta secção pretende-se explorar assim o funcionamento, constituição, bem como vantagens e desvantagens de cada uma destas fontes de energia elétrica.

2.2.1. FONTES RENOVÁVEIS

A produção de energia elétrica pode ser realizada com recurso a fontes de energia renováveis, que são aquelas cuja energia provém de fontes não fósseis renováveis, designadamente eólica, solar, geotérmica, hídrica, de biomassa e de biogás.

2.2.1.1. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A energia solar é a energia obtida através da conversão direta da luz em eletricidade (Efeito fotovoltaico).

Existem diversas técnicas de exploração deste recurso, como é o caso do aquecimento solar, dos painéis fotovoltaicos e da energia heliotérmica (*Concentrated Solar Power – CSP*).

A produção de energia elétrica através de painéis fotovoltaicos é a técnica de maior utilização, quer em ambientes domésticos, quer em grande escala, devido à sua flexibilidade de instalação e aos benefícios que poderá obter desta solução.

A Figura 2 ilustra dois exemplos de aproveitamentos solares fotovoltaicos.



Figura 2 – Exemplo de aproveitamentos solares fotovoltaicos [2]

2.2.1.1.1. FUNCIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO

Os principais constituintes de uma central solar fotovoltaica são os módulos fotovoltaicos. O módulo é formado por células fotovoltaicas, sendo este o seu componente principal. É composto por um material semicondutor, sendo o silício (constituente da areia) o mais utilizado [3]. Este carrega-se eletricamente quando é exposto à luz solar.

Na fabricação destes módulos, substâncias dopantes são adicionadas ao semicondutor, permitindo assim uma melhor conversão da potência associada à radiação solar em potência elétrica. A Figura 3 mostra os diferentes processos de transformação dos módulos fotovoltaicos.

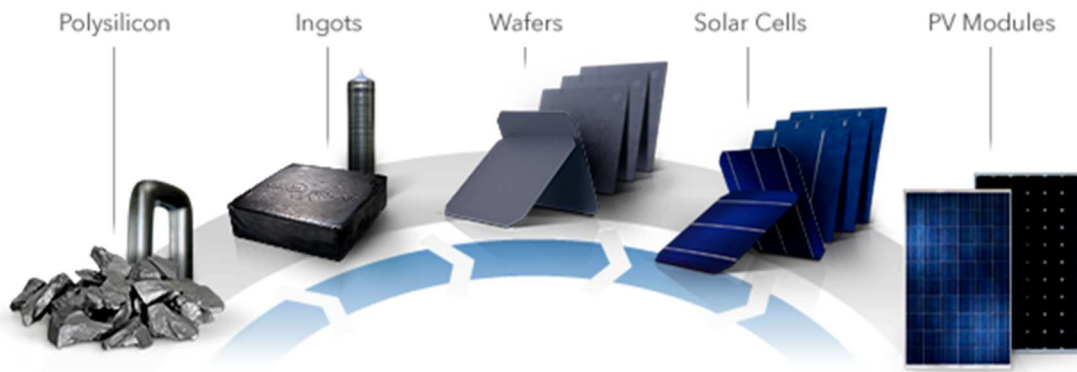


Figura 3 – Etapas de produção do painel fotovoltaica [3]

Os módulos com potências entre os 50 e 100 W são formados por células fotovoltaicas que produzem potências elétricas na ordem dos 1,5 W (correspondentes à tensão de 0,5 V e corrente de 3 A) [3]. Estas células podem ser conectadas em série ou paralelo, formando módulos ou painéis fotovoltaicos, que possuem contactos de metal nas extremidades (terminais), os quais absorvem os eletrões livres, concentrando a energia.

Neste tipo de tecnologia, a orientação dos painéis solares tem um papel fundamental, assim como a sua localização. Estes devem ser inclinados com um ângulo igual ao da latitude a que se encontram, maximizando-se assim a radiação solar incidente sobre o painel [3]. Alguns sistemas mais recentes possuem sistemas automáticos de orientação do painel, consoante a radiação ao longo do dia, época do ano e condições climáticas.

A corrente elétrica produzida pelos painéis é contínua, para que a possamos utilizar, um inversor permite a conversão para corrente alternada. Existem sistemas dotados de baterias, que permitem o armazenamento da energia produzida, e controladores de carga, cuja função é monitorizar e proteger a bateria de eventuais sobrecargas. As Figura 4 e Figura 5 ilustram os funcionamentos dos painéis em ambiente doméstico e centralizado.

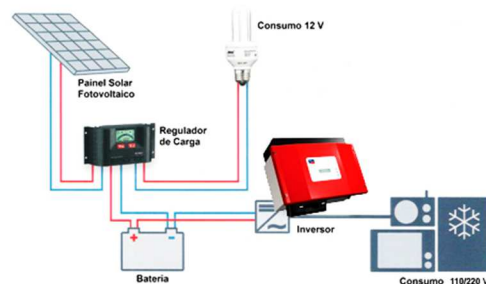


Figura 4 – Diagrama simplificado de um sistema fotovoltaico isolado (caso doméstico)

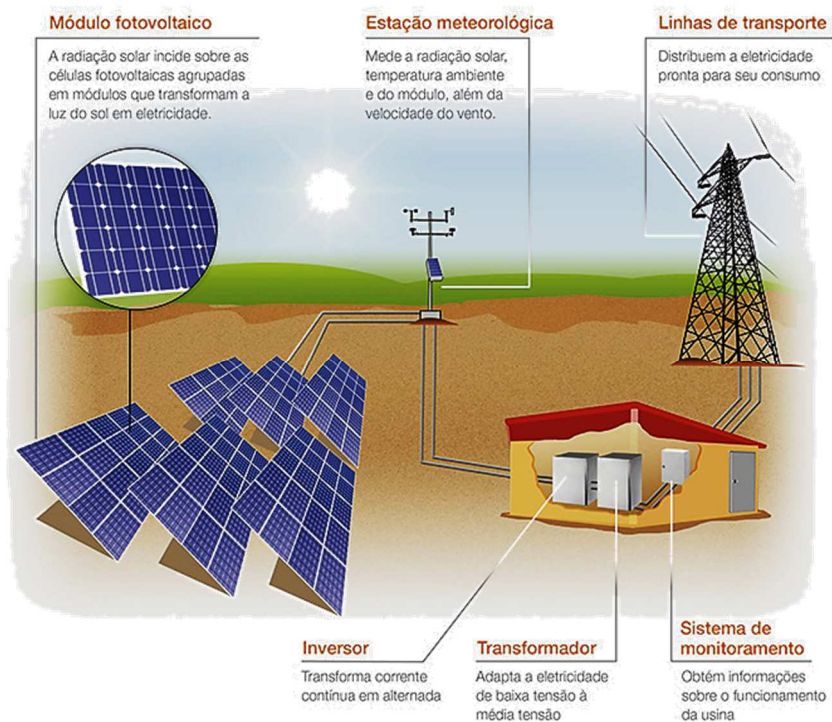


Figura 5 – Funcionamento de um sistema fotovoltaico instalado em grande escala, numa central, destinado a produção de energia elétrica e sua distribuição

2.2.1.1.2. VANTAGENS E DESVANTAGENS

Os sistemas fotovoltaicos apresentam vantagens e desvantagens relacionadas com a sua constituição e fabrico, bem como o seu método de funcionamento. Estas serão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Vantagens e desvantagens da energia solar fotovoltaica

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> - A tecnologia recorre a uma fonte primária de energia praticamente inesgotável; - O consumo da energia, na maior parte das vezes é consumida no local de produção, permitindo assim a redução de perdas no transporte de energia; - Fonte de transformação de energia com total ausência de poluição quando em funcionamento; - As centrais fotovoltaicas possuem custos operacionais baixos, pois o maior encargo será no investimento de construção e implantação do sistema; - É uma solução viável, com baixo custo em relação à rede “tradicional” de produção para eletrificação de zonas isoladas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Custos relativamente elevados na instalação do sistema; - Sistema com um período de vida útil entre os 20 e 25 anos; - Custo elevado na produção, associado à pouca disponibilidade de grandes quantidades de materiais semicondutores; - Painéis com um rendimento baixo e limitado na transformação de energia; - Sistema sensível a alterações climáticas e o impedimento de produção de energia durante o período noturno, obrigando assim a instalação de sistemas de armazenamento; - As soluções de armazenamento são pouco eficientes quando comparadas com o funcionamento através de combustíveis fósseis ou energia hídrica.

Verifica-se assim que esta tecnologia pode evoluir, permitindo eliminar ou reduzir algumas desvantagens que foram descritas. À medida que é feito mais investimento na tecnologia, maiores são os avanços verificados, permitindo desta forma um aumento da aposta nestas soluções e existindo cada vez mais maior viabilidade para uma instalação desta natureza [4].

2.2.1.2. ENERGIA EÓLICA

A energia eólica consiste na energia que é obtida pela ação do vento, ou seja, representa o aproveitamento da energia cinética contida no vento, produzindo energia mecânica (rotação das pás) que pode posteriormente ser transformada em energia elétrica através de um gerador. A energia eólica é caracterizada por uma tecnologia madura, nomeadamente na Europa e nos Estados Unidos da América. É vista como uma das fontes mais prometedoras das energias renováveis, podendo ser considerada uma das mais promissoras formas de produção de energia elétrica.

2.2.1.2.1. FUNCIONAMENTO

Utiliza-se a energia eólica para mover os aerogeradores – turbinas de grandes dimensões colocadas em lugares com muito vento. Essas turbinas têm a forma de um catavento, o vento faz mover a hélice, produzindo assim energia elétrica com o auxílio de um gerador [5].

Para que a energia se torne rentável, são dispostos grupos de geradores numa determinada área, denominando-se como parque eólico. Os parques eólicos estão interligados com a rede de distribuição de energia, por isso são chamados de *on-grid*. Também podem ser utilizados isoladamente, denominados *off-grid*, para alimentações localizadas, como localidades remotas ou distantes da rede de distribuição.

A Figura 6 em baixo apresentada legenda os aparelhos constituintes de uma torre eólica.

1. Fundação;
2. Conector à rede elétrica;
3. Torre;
4. Escada;
5. Controle de orientação (*Yaw control*);
6. Nacelle;
7. Gerador;
8. Anemômetro;
9. Freio elétrico ou mecânico;
10. Caixa de velocidades;
11. Lâmina;
12. Controle de orientação (*pitch control*);
13. Roda.

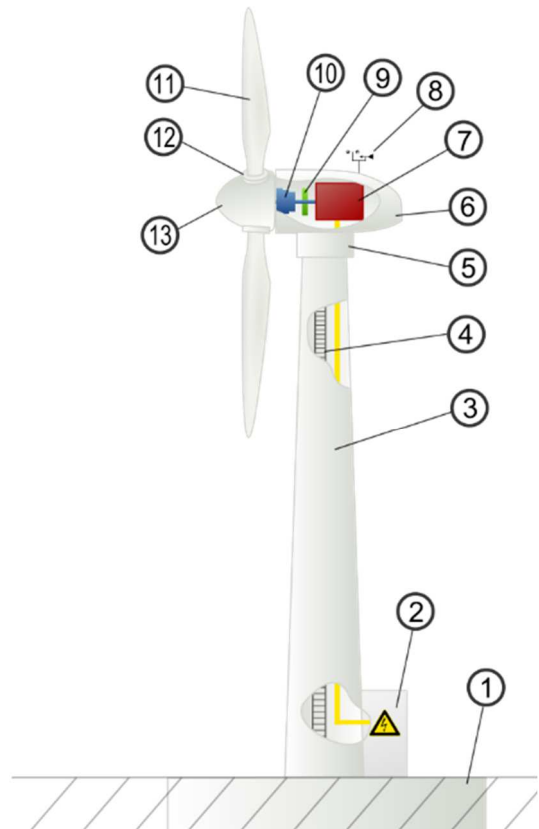


Figura 6 – Principais elementos constituintes de uma torre eólica [5]

A tecnologia de implementação da produção eólica pode ser *onshore* (em terra) ou *offshore* (marítima), sendo o custo de instalação a diferença crucial.

Em regra, o preço será mais elevado na implementação *offshore*, contudo o potencial de produção de energia também será maior. A Figura 7 mostra o ambiente em que estão instaladas as diferentes turbinas eólicas, *onshore* e *offshore*.



Figura 7 – Turbinas eólicas em exploração *onshore* e *offshore* [5]

2.2.1.2.2. VANTAGENS E DESVANTAGENS

A utilização da energia eólica comporta numerosas vantagens face às energias tradicionais e mesmo em comparação com outros tipos de energias renováveis, em função do seu maior desenvolvimento. Este tipo de aproveitamento energético eólico apresenta também desvantagens e impactos significativos principalmente no uso de grandes torres eólicas em parques. As vantagens e desvantagens encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 – Vantagens e desvantagens da energia eólica

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none">- Fonte de energia inesgotável, segura e renovável;- Fonte de energia barata;- Fácil retorno de investimento;- Baixos custos de manutenção;- Reduz a elevada dependência energética do exterior, nomeadamente a dependência em combustíveis fósseis;- Não emite gases poluentes;- Diminui a emissão de gases de efeito de estufa (GEE);- Construção rápida (menos de 6 meses);- Cria atividade económica e empregos em zonas rurais;- Os parques eólicos são compatíveis com outros usos e utilizações do terreno como a agricultura e a criação de gado.	<ul style="list-style-type: none">- A intermitência (nem sempre o vento sopra quando a eletricidade é necessária), logo torna-se mais difícil a inclusão no programa de exploração, embora seja possível;- Impacto visual e ambiental;- Impacto audível (emissão de ruído, vibração);- Impacto sobre as aves do local. A modificação de seus comportamentos habituais de migração;- Impacte ambiental na produção/construção de todo o sistema (exemplo: materiais utilizados na construção da torre eólica);- Impossibilidade de armazenamento de energia. Os sistemas químicos de armazenamento (baterias) são demasiados caros e volumosos.

2.2.1.3. ENERGIA HÍDRICA

2.2.1.3.1. APROVEITAMENTO MINI-HÍDRICO

De acordo com Decreto-Lei n.º 189/88 de 27 de Maio, Mini-Hídricas são centrais de aproveitamento hidroelétrico com potências instaladas inferiores a 10 MW. A Figura 8 ilustra um aproveitamento mini-hídrico.



Figura 8 – Aproveitamento mini-hídrico [6]

Os aproveitamentos hidroelétricos visam a produção de energia elétrica, a partir da energia potencial da água dos rios que, em regime natural, se dissipa ao longo do leito. Os aproveitamentos hidroelétricos podem funcionar como fios de água, isto é, aproveitar a energia dos caudais fluviais em regime natural ou podem armazenar, na albufeira, os caudais que ocorrem em regime natural, para a utilização em condições mais vantajosas, ou seja, durante as pontas de consumo, ou durante os períodos mais secos, alterando o regime natural de caudais afluentes ao aproveitamento. Quanto maior for a capacidade da albufeira relativamente aos caudais afluentes, maior é a eficiência com que o aproveitamento produz energia nas horas de ponta de consumo ou nos períodos secos, sendo, conseqüentemente, maior o valor da energia produzida.

As centrais mini-hídricas são classificadas mediante a potência instalada, conforme a *Union Internationale des Producteurs et Distributeurs D'énergie Életrique* (UNIPÉDE – Tabela 3).

Os aproveitamentos também podem ser classificados quanto à existência de armazenamento. As centrais a fio de água, as mais utilizadas, não têm capacidade de regulação de caudal, sendo este o instantâneo do rio. Ao contrário das centrais com regulação que possuem albufeira, o que permite adaptar o caudal afluente.

Tabela 3 – Classificação dos aproveitamentos mini-hídricos através da potência instalada e altura de queda [6]

Designação	Potência instalada (MW)
Pequena central hidroelétrica	< 10
Mini Central hidroelétrica	< 2
Micro Central hidroelétrica	< 0,5

As designações quanto à altura da sua queda e o seu caudal encontram-se ilustradas na Tabela 4.

Tabela 4 – Classificação do caudal relativo aos aproveitamentos mini-hídricos

Designação	Caudal (m ³ /s)	Designação	Altura queda (m)
Pequeno caudal	< 10	Queda baixa	2 – 20
Médio caudal	10 – 100	Queda média	20 – 150
Grande caudal	> 150	Queda alta	> 150

Na Figura 9 pode-se observar os principais elementos constituintes de uma central mini-hídrica.

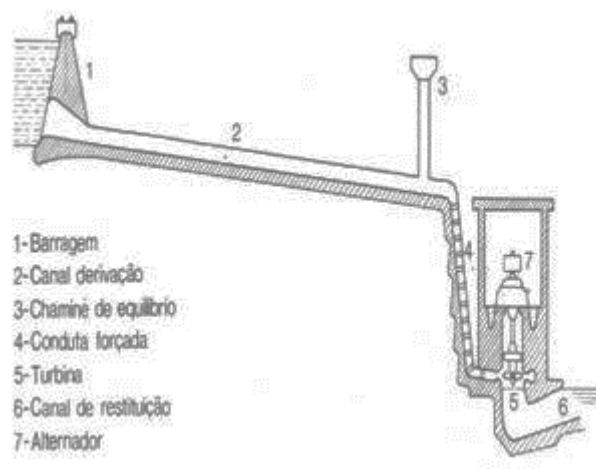


Figura 9 – Principais elementos constituintes de um sistema de aproveitamento mini-hídrico [6]

O circuito hidráulico é constituído por uma tomada de água, uma conduta adutora e uma conduta forçada.

A adução é normalmente feita com um pequeno declive, que pode ser em canal aberto, em conduta ou túnel. A conduta forçada tem maior declive, localizada entre a cota de jusante da adução e a cota da central.

A central é o edifício que suporta o grupo, turbina-alternador que têm a função de produzir a energia elétrica através da energia hidráulica. A central é localizada num ponto estratégico, de modo a obter o máximo caudal, produzindo assim o máximo de energia elétrica.

O número, o tipo de turbina e suas características são selecionadas em função da queda da água e do caudal [7]. As turbinas são então classificadas em: turbinas de ação (ou de impulsão) e turbinas de reação.

As turbinas de ação, do tipo Pelton ou Banki Mitchell (apresentadas na Figura 10), não funcionam imersas na água turbinada, mas sim ao ar livre. A água entra em contacto com as pás do rotor, em forma de concha, através de jatos, sendo a pressão de entrada e saída iguais [7]. Estas adequam-se quando a queda é relativamente elevada e o caudal baixo.

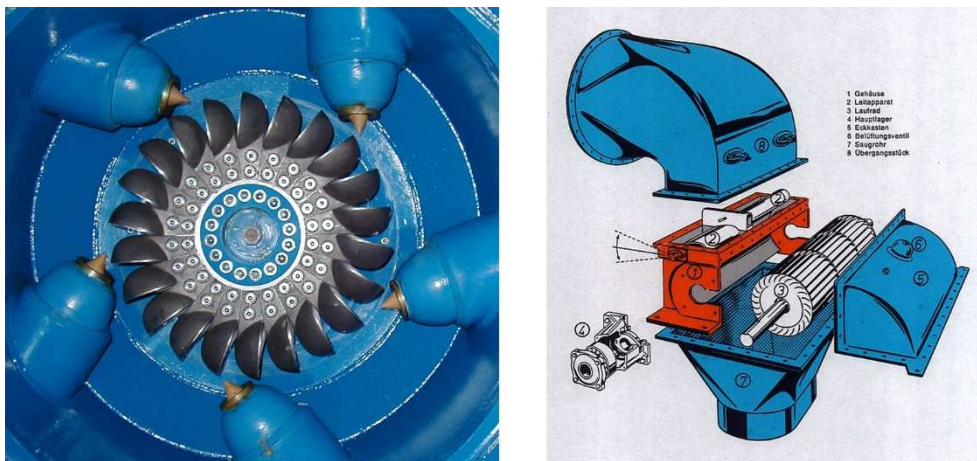


Figura 10 – Turbinas de ação ou impulsão: *Pelton e Banki Mitchell* [7]

As turbinas de reação funcionam diretamente no seio da água turbinada, podendo assim optar por dois tipos de turbinas: as Francis e Kaplan (apresentadas na Figura 11). Neste caso, a água penetra no rotor por toda a periferia, fazendo a descarga paralela ao eixo de rotação. A

pressão à saída é menor que à entrada [7]. Estas são turbinas adequadas para funcionamento em queda e caudal baixo e médio.



Figura 11 – Turbinas de reação, *Francis* e *Kaplan* [7]

No Gráfico 1 pode-se verificar as características de cada tipo de turbina, assim como onde são melhor aplicadas. A escolha da turbina depende de três parâmetros – queda, caudal e potência.

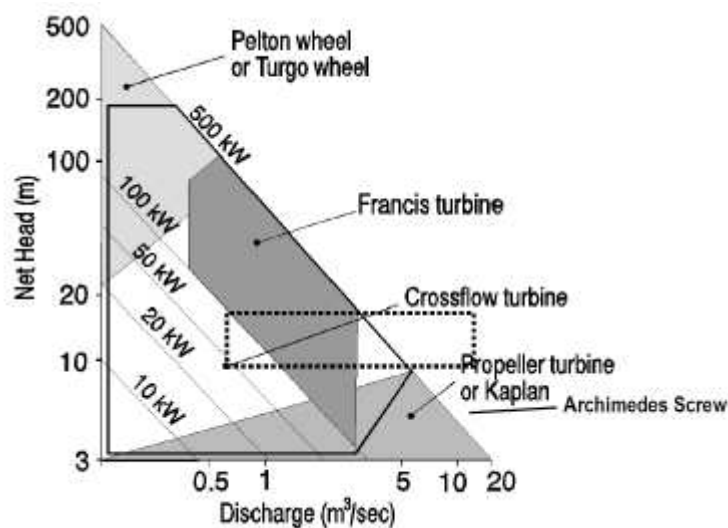


Gráfico 1 – Gráfico utilizado para seleção preliminar de turbinas [6]

O Gráfico 2 mostra as curvas de rendimento de cada tipo de turbinas mencionadas anteriormente, deste retira-se que as turbinas têm maior rendimento quando submetidas a caudais maiores, tais como as de turbina fixa e Francis. As turbinas Kaplan, Pelton e de fluxo cruzado podem funcionar com pouca variação do rendimento seja o caudal pequeno ou grande.

Rendimento das Turbinas

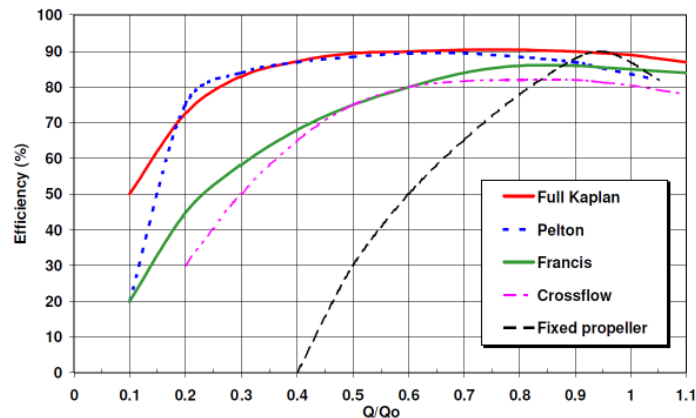


Gráfico 2 – Curvas típicas de rendimento das turbinas [6]

2.2.1.3.1.1. Vantagens e desvantagens

A Tabela 5 apresenta as vantagens e desvantagens relativas ao aproveitamento mini-hídrico.

Tabela 5 – Vantagens e desvantagens do aproveitamento mini-hídrico

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> - É uma energia renovável, isto é, que não se esgota; - Tecnologia renovável com a melhor relação custo-benefício; - Elevado rendimento; - Boa previsibilidade, de acordo com os padrões anuais de precipitação; - Fonte de energia regular (possibilidade de funcionar 24h); - Tempo de vida longo (≥ 50 anos); 	<ul style="list-style-type: none"> - Existência de uma certa intermitência, não é certa a garantia de abastecimento (dificuldade se utilizada em rede isolada); - Impacte visual, existe alteração da paisagem natural; - Barreira às rotas migratórias, reduzindo a taxa piscícola e pondo em causa determinadas espécies.

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> - Interligação com o sistema electroprodutor nacional sem perturbações; - Manutenção reduzida; - Fácil montagem; - Em alguns casos são centrais automatizadas, são exploradas em modo abandonado. 	

2.2.1.3.2. APROVEITAMENTO HÍDRICO DE ALBUFEIRA

Atualmente, a obtenção de eletricidade a partir de energia hídrica é principalmente realizada através de centrais hidroelétricas que estão associadas a barragens, as quais, assim, podem ter o duplo papel de reservatórios de água e centrais produtoras de energia. De acordo com a agência internacional de energia (IEA), de toda energia gerada no mundo, cerca de 16% é obtida através de energia hidroelétrica [8]. A Figura 12 demonstra uma barragem.



Figura 12 – Barragem (Castelo de Bode, Portugal) [9]

Na Figura 13 mostra-se a disposição de uma barragem onde estão explícitos os elementos funcionais: o reservatório, o edifício da central onde se encontra o gerador e as turbinas. São

também necessárias as condutas de admissão e condução de água, transformadores e cabos de alta tensão que têm a função de transportar a energia produzida na central.

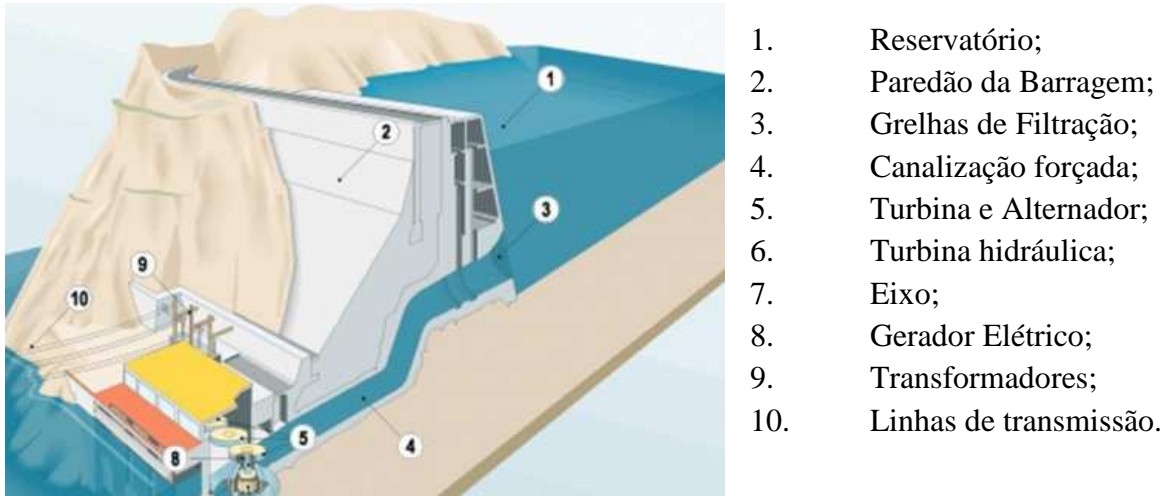


Figura 13 – Perfil e constituição de um sistema de aproveitamento hídrico de grande dimensão

2.2.1.3.2.1. Funcionamento

O princípio fundamental do funcionamento de uma central hidroelétrica baseia-se na cota de água, ou seja, a diferença de altura entre a superfície de água na albufeira (reservatório) e o nível das turbinas. Quanto maior a cota, maior é a energia potencial contida na água e, portanto, mais energia mecânica recebem as pás das turbinas.

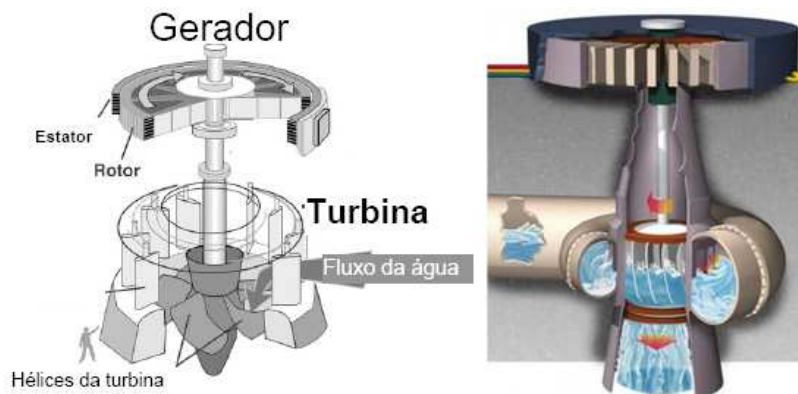


Figura 14 – Grupo gerador hidroelétrico [10]

O funcionamento do grupo turbina-gerador (ver Figura 14) baseia-se nos princípios descobertos por Faraday. Este defendia que quando um íman passa por um condutor causa um fluxo de corrente.

Como qualquer gerador, o hidráulico é equipado com eletroímãs no rotor, estando este ligado ao eixo da turbina e rodando a uma velocidade constante, o que vai criar uma diferença de potencial nos terminais do gerador. Assim sendo, energia mecânica é transformada em energia elétrica. Posteriormente, a tensão é elevada através de transformadores, de modo a ser transportada na rede elétrica até aos consumidores finais.

2.2.1.3.2.2. Vantagens e desvantagens

A energia hídrica constitui-se como um dos mais antigos aproveitamentos energéticos a grande escala. Na

Tabela 6 encontram-se descritas as vantagens e desvantagens da utilização de aproveitamentos hídricos de albufeiro.

Tabela 6 – Vantagens e desvantagens do aproveitamento hídrico (barragens)

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> - Gera energia a partir de uma fonte limpa, renovável e sem emissões de dióxido de carbono para a atmosfera; - Permite a regularização de caudais, protegendo contra cheias; - Serve de reservatório para sistemas de rega e também para abastecimento de água às populações; - O único aproveitamento em todo o sistema electroprodutor, que pode responder de forma satisfatória e rápida (cerca de 90 segundos) às solicitações de energia em horas de pico de procura; 	<ul style="list-style-type: none"> - Construção dispendiosa e demorada; - Alteração da paisagem natural; - Barreira às rotas migratórias, reduzindo a taxa piscícola e pondo em causa determinadas espécies, podendo destruir habitats naturais - Em alguns casos, impossibilita a navegação; - Alteração no sistema de escoamento; - Eutrofização – Alteração na qualidade da água, que estando estagnada leva ao

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> - Boa previsibilidade, de acordo com os padrões anuais de precipitação; - Criam milhares de empregos durante a sua construção, de forma direta ou indireta; - Baixo custo de operação. 	<ul style="list-style-type: none"> aparecimento de microrganismos que podem torná-la imprópria para consumo; - Destruição de fauna e flora.

2.2.1.4. ENERGIA GEOTÉRMICA

A energia geotérmica consiste no aproveitamento da temperatura proveniente do interior da Terra. Teoricamente, é possível explorar este tipo de energia em qualquer ponto do planeta, no entanto para esta exploração ser economicamente competitiva, o local de implementação da central geotérmica deve ter determinadas características geológicas de modo a tirar maior rentabilidade e maior produção de energia possível. A Figura 15 ilustra uma central de aproveitamento geotérmico.



Figura 15 – Aproveitamento geotérmico

O fluido geotérmico normalmente utilizado é a água, servindo esta de veículo de transporte do calor gerado no interior da Terra para a superfície. A utilização da energia geotérmica

depende da gama de temperaturas e dos caudais disponíveis [11]. Estes vão determinar as dimensões da central, sendo o tipo de aplicação geotérmica condicionada pela temperatura.

Existem três formas de utilização da energia geotérmica:

- Utilização direta – reservatórios geotérmicos de temperaturas baixas e moderadas (20°C a 150°C) que podem ser aproveitadas diretamente para fornecer calor para a indústria, aquecimento ambiente, termas e outros aproveitamentos comerciais;
- Bombas de calor geotérmicas – aproveitam as diferenças de temperatura entre o solo e o ambiente, fornecendo calor e frio;
- Centrais geotérmicas – aproveitamento direto de fluidos geotérmicos em centrais a altas temperaturas (> 150°C) utilizados para movimentar uma turbina e produzir energia elétrica.

Os recursos geotérmicos são assim classificados em alta, média e baixa entalpia, conforme apresentado na Tabela 7.

Tabela 7 – Classificação de recursos geotérmicos segundo Muffler (1978), Hochstein (1990) e Beritter e Commy (1990)

Classificação do recurso em função da entalpia	Temperatura (°C)		
	Muffler	Hochstein	Benderitter e Commy
Baixa	< 90	< 90	< 100
Média	90 - 150	125– 225	100 – 200
Alta	> 150	> 225	> 200

No processo de produção de eletricidade ou aquecimento, praticamente toda a gama de temperaturas de fluidos geotérmicos, vapor e água, podem ser utilizados. No entanto para aplicações específicas exigem temperaturas de alimentação de energia geotérmica definidas, independentemente da necessidade de água ou vapor. Os requisitos mínimos de temperatura são, na maior parte das vezes, um fator limitante na concepção de um processo, e temperaturas elevadas geralmente podem ser facilmente ajustadas. O diagrama de Lindal [12] apresentado na Figura 16, organiza algumas aplicações da energia tendo em conta uma escala de

temperatura de fluídos geotérmicos, aproximando os requisitos de temperaturas para as diferentes aplicações.



Figura 16 – Diferentes utilizações da energia geotérmica (Lindal, 1973) [11]

O princípio de funcionamento desta tecnologia consiste na extração de vapor de água através de bombas de calor geotérmicas. Estas necessitam de uma fonte de calor (ar exterior), dois permutadores de calor (um para absorver e outro para libertar o calor) e uma pequena quantidade de energia motriz para manter o sistema em funcionamento. Neste sistema encontra-se também um gerador constituído por turbinas, fazendo a transformação do vapor em energia eléctrica. Este vapor é posteriormente condensado de modo a ser injetado novamente no aquífero. A Figura 17 ilustra o funcionamento da tecnologia.

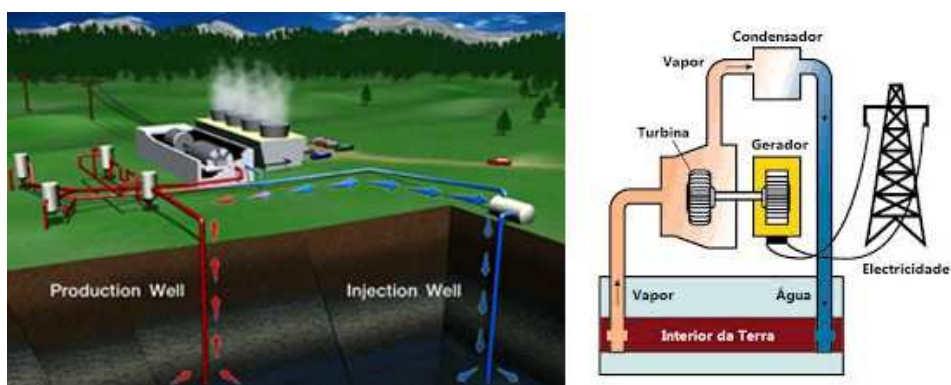


Figura 17 – Funcionamento de uma central geotérmica [13]

2.2.1.4.1. VANTAGENS E DESVANTAGENS

As vantagens e desvantagens da energia geotérmica encontram-se na Tabela 8.

Tabela 8 – Vantagens e desvantagens da energia geotérmica

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none">- Energia limpa, pois recorre a recursos renováveis, ajudando a conservar combustíveis fósseis não renováveis;- Não prejudica a terra, utilizando o mínimo de espaço em área de terreno para a sua instalação;- Tem elevada eficiência energética com baixa emissão de CO₂;- Fiável, são centrais que podem produzir durante 24 horas por dia;- Flexível, são centrais facilmente ativadas de modo a quando for necessário, ajustando-se à crescente procura de eletricidade;- Não existe nenhum gasto com combustível, existe sempre o recurso geotérmico;- É uma solução viável para países em desenvolvimento, garantindo melhor nível de qualidade de vida.	<ul style="list-style-type: none">- Escassez de locais com elevado potencial geotérmico;- Poderá ser uma energia dispendiosa no seu investimento inicial, isto se não for instalada numa zona onde o calor do interior da terra chega à superfície através de geiseres e vulcões. Esse investimento torna-se dispendioso devido aos trabalhos de perfuração e introdução de tubagem;- Os anti gelificantes utilizados em localizações mais frias são poluentes, apesar de terem uma baixa toxicidade, originam a emissão de Clorofluorcarbonetos (CFC's) e Hidrofluorcarbonetos (HCFC's). Podem originar cheiros desagradáveis;- Manutenção dispendiosa, bomba de sucção de calor (que por estar situada no interior da Terra ou dentro de um edifício não está exposta ao mau tempo, é contrabalançada pelo elevado custo de manutenção dos canos (onde a água causa corrosão e depósitos minerais) [10].

2.2.1.5. BIOMASSA (QUEIMA DE RESÍDUOS- CENTRAL TERMOELÉTRICA)

O termo biomassa, do ponto de vista de geração de energia abrange os derivados recentes de organismos vivos empregados como combustíveis ou para a sua produção. Do panorama da ecologia, biomassa é a quantia total de matéria viva presente num ecossistema ou numa população animal ou vegetal. Os dois conceitos estão, portanto, interligados, embora sejam desiguais.

Na definição de biomassa para a geração de energia não se contabiliza os tradicionais combustíveis fósseis, embora estes também sejam derivados da vida vegetal (carvão mineral) ou animal (petróleo e gás natural), mas são produto de diversas transformações que requerem milhões de anos para acontecerem. A biomassa pode considerar-se um recurso natural renovável, contrariamente aos combustíveis fósseis.

A biomassa pode ser considerada como uma forma de armazenar a energia do sol. Através da fotossíntese, o CO_2 presente na atmosfera e a água absorvida pelas raízes das plantas geram hidratos de carbono que promovem o crescimento da biomassa. A energia do sol fica então armazenada nas ligações químicas dos componentes estruturais das plantas. Durante a combustão da biomassa, o oxigênio combina-se com o carbono presente na biomassa formando CO_2 e água, que ficam assim disponíveis para promover o crescimento de uma nova planta, sendo este processo cíclico [14], tal como ilustra a Figura 18.

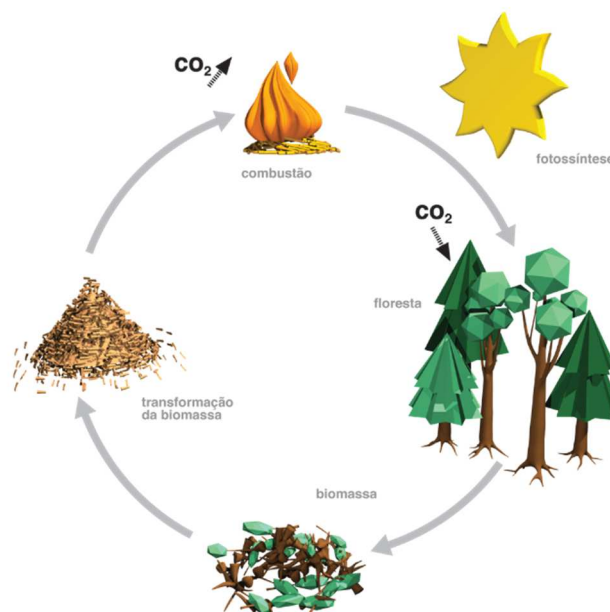


Figura 18 – Ciclo do carbono [14]

2.2.1.5.1. OBTENÇÃO E TRANSFORMAÇÃO DA BIOMASSA

A biomassa pode surgir de três formas, conforme a seguinte Tabela 9.

Tabela 9 – Formas de obtenção da biomassa [15]

Biomassa sólida	Tem como origem os produtos e resíduos de agricultura (incluindo vegetais e animais), os resíduos de floresta, das indústrias conexas e a fração biodegradável dos resíduos industriais e urbanos.
Biocombustíveis gasosos ou biogás	<p>Tem origem nos efluentes agropecuários, agroindustriais, e urbanos (lamas de estações de tratamento dos efluentes domésticos) e ainda nos aterros de resíduos sólidos urbanos.</p> <p>O biogás resulta da degradação biológica anaeróbia da matéria orgânica contida nos resíduos anteriormente referidos e é constituído por uma mistura de metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂).</p>
Biocombustíveis líquidos	<p>Existem três tipos de biocombustíveis líquidos:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ O biodiesel ou éter metílico, que pode ser obtido a partir do óleo de colza ou girassol;▪ O etanol, obtido da fermentação dos hidratos de carbono (açúcar, amido e celulose) presentes em culturas como a cana-de-açúcar ou através de processos sintéticos;▪ O metanol, que resulta da síntese do gás natural ou da gaseificação da madeira.

Existem quatro formas de transformar a biomassa em energia [14]:

1. Pirólise: a biomassa é exposta a elevadas temperaturas sem a presença de oxigénio, acelerando a sua decomposição. O produto da decomposição é uma mistura de gases, líquidos (óleos vegetais) e sólidos (carvão vegetal);
2. Gasificação: assim como na pirólise, neste processo a biomassa também é aquecida na ausência de oxigénio, originando como produto final um gás inflamável. Esse gás ainda pode ser filtrado, visando a remoção de alguns componentes químicos

residuais. A diferença básica em relação à pirólise é o fato da gasificação exigir menor temperatura e resultar apenas gás;

3. Combustão: a queima da biomassa é realizada a altas temperaturas na presença abundante de oxigênio, produzindo vapor a alta pressão. Esse vapor geralmente é utilizado em caldeiras ou para a movimentação de turbinas. É uma das formas mais utilizadas atualmente, estando a sua eficiência energética situa-se na faixa de 20 a 25%;
4. Co-combustão: este processo de transformação propõe a substituição de parte do carvão mineral utilizado em centrais termoelétricas por biomassa, diminuindo-se consideravelmente a emissão de poluentes. A faixa de desempenho da biomassa encontra-se entre os 30 e 37%, sendo por isso uma escolha mais económica e apelativa nos dias de hoje.

2.2.1.5.2. FUNCIONAMENTO

O funcionamento de uma central de biomassa é idêntico a uma central termoelétrica (Figura 19), apenas diferindo no facto de utilizar como combustível, a biomassa, que é menos poluente. O funcionamento de uma central termoelétrica pode ser consultado no ponto 2.2.2.2 deste mesmo capítulo.

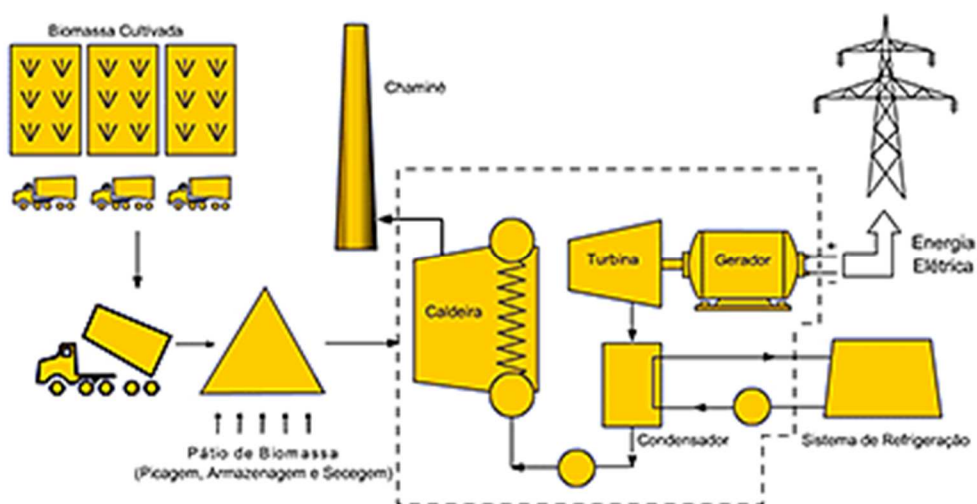


Figura 19 – Esquema representativo da produção de energia a partir de biomassa

2.2.1.5.3. VANTAGENS E DESVANTAGENS

A Tabela 10 apresenta as vantagens e desvantagens referentes ao aproveitamento da biomassa.

Tabela 10 – Vantagens e desvantagens da energia termoelétrica a partir da biomassa

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none">- Neutralidade da biomassa em termos de emissões de dióxido de carbono (CO₂) representando uma fonte de energia sustentável;- Segurança de abastecimento pela multiplicidade de fontes e possibilidades de utilização;- Diminuição das emissões de poluentes;- Benefícios florestais resultantes das operações de limpeza e desbastes;- Segurança no abastecimento ao serem utilizados recursos endógenos;- Baixas emissões de dióxido de enxofre (SO₂) para a atmosfera, quando comparadas com os combustíveis fósseis;- A biomassa sólida é extremamente barata, sendo as suas cinzas menos agressivas para o ambiente;- Reutilização dos resíduos da queima, nomeadamente cinza da madeira, nas florestas.	<ul style="list-style-type: none">- A densidade energética da biomassa comparada com a de outros combustíveis é muito menor. Por exemplo: Em relação ao petróleo, para atingir a mesma quantidade de energia é necessário um peso 4,5 vezes superior ou um volume de 12,5 vezes superior;- Desflorestação de florestas, e por consequência, a destruição de habitats;- Uma vez que é necessário a utilização de maior quantidade, existe dificuldade no armazenamento e transporte da biomassa [16]. Esta tecnologia requer assim muito espaço para os resíduos combustíveis.

2.2.2. FONTES NÃO-RENOVÁVEIS

A produção de energia elétrica pode ser realizada com recurso a fontes de energia não renováveis, que são aquelas cuja energia provém de fontes fósseis de carácter não-renovável, designadamente nuclear e térmica.

2.2.2.1. ENERGIA NUCLEAR

A energia nuclear é obtida a partir da fissão do núcleo do átomo de urânio enriquecido, libertando uma grande quantidade de energia. Este processo ocorre em centrais nucleares, estando um exemplo representado na Figura 20.



Figura 20 – Central nuclear

A transformação de energia através da reação nuclear depende de três importantes elementos, estes são: o átomo, o urânio e a radioatividade.

O átomo é o constituinte básico dos elementos químicos que formam a matéria, é um conjunto de prótons, neutrões e eletrões. O núcleo do átomo possui uma carga elétrica positiva (prótons e neutrões), estando quase todo o peso do átomo aí concentrado. Os eletrões são partículas carregadas negativamente que orbitam em torno do núcleo. O número de prótons e eletrões é igual, existindo um equilíbrio e fazendo com que o átomo seja eletricamente neutro.

Um átomo é definido pelo número de prótons e pelo número de eletrões existente no seu núcleo. Os átomos do mesmo elemento, que têm o mesmo número de prótons, podendo variar quanto ao número de neutrões. Por exemplo o hélio-4 tem 2 prótons e 2 neutrões, enquanto o hélio-3 tem 2 prótons e 1 neutrão [17]. Estes diferentes átomos são chamados

isótopos: têm as mesmas propriedades químicas, mas têm propriedades físicas e nucleares diferentes.

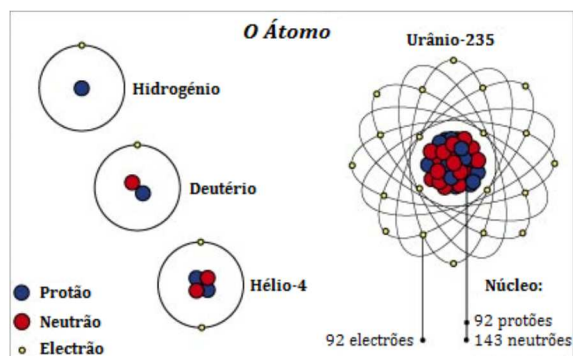


Figura 21 – Estrutura do átomo de urânio-235 [17]

O urânio é um metal duro, radioativo, de cor prateada e extremamente denso. É o átomo com o núcleo mais pesado existente naturalmente da Terra: tem 92 prótons. Os seus principais isótopos são o urânio-235, demonstrado na Figura 21 (que possui 143 neutrões) e o urânio-238 (que possui 146 neutrões). O núcleo do urânio-235 é instável, o seu comportamento é um pouco à semelhança de uma gota de água que se divide, ou “fissiona-se”, em duas gotas de água mais pequenas à mais pequena perturbação. A fissão liberta uma quantidade de energia considerável e é a base de funcionamento dos reatores nucleares atuais. O urânio-238, por outro lado, não é suscetível de sofrer fissão nos reatores nucleares atuais. O urânio-238 é mais abundante na natureza que o urânio-235.

A radioatividade é um fenómeno no qual um certo núcleo instável se desintegra espontaneamente, formando assim novos núcleos mais leves e mais estáveis. Este fenómeno liberta energia na forma de um ou mais tipos de radiação: alfa, beta ou gama. Estes fenómenos de desintegração e libertação de energia são denominados de decaimentos.

Esta obtenção de calor pode ser feita através de cisão nuclear ou fissão nuclear.

A cisão nuclear consiste na desintegração de um átomo pesado e cindível, através de um conjunto, autossustentado, de reações em cadeia, que produzem como produtos das reações vários núcleos mais pequenos e alguns subprodutos como neutrões livres, raios gama e partículas alfa e beta.

A fusão nuclear consiste na coalescência dos núcleos de dois átomos, com redução da massa dos produtos da reação quando comparada com a massa dos reagentes e a consequente liberação de energia [18].

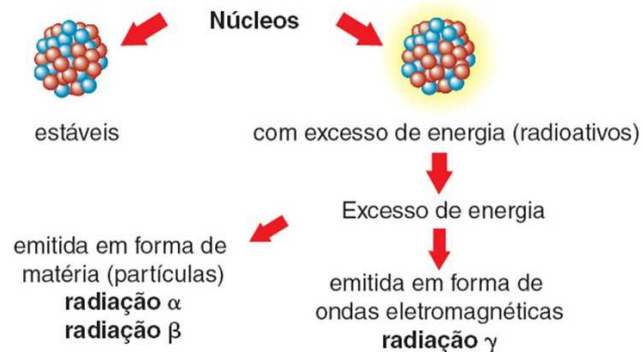


Figura 22 – Tipos de decaimento durante a radioatividade [18]

A radiação alfa tem muita energia e é a mais perigosa dos três tipos de radiação. Contudo uma folha de papel é suficiente para travar estes raios. A radiação gama consiste em fótons que têm uma frequência maior e um comprimento de onda menor que a luz, tendo menos energia que a radiação alfa, mas podendo percorrer grandes distâncias. É necessário uma parede de betão para a proteção contra raios gama. A Figura 23 ilustra a capacidade de penetração de cada tipo de radiação.

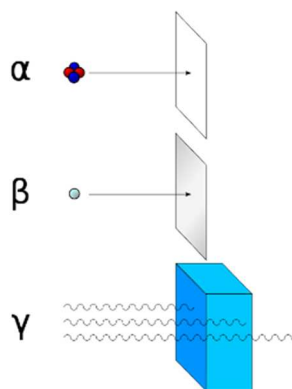


Figura 23 – Capacidade de penetração dos diferentes tipos de radiação [17]

A unidade de medida utilizada para quantificar a radioatividade é o Becquerel (Bq), este exprime o número de decaimentos de um átomo por segundo. Para medir a radioatividade são utilizados equipamentos como contadores Geiger e câmaras de ionização, como se pode verificar na Figura 24.



Figura 24 – Contador Geiger e aparelho dotado de câmara de ionização [17]

2.2.2.1.1. REATOR NUCLEAR

Um reator nuclear é definido como um equipamento capaz de iniciar, manter e controlar as reações de fissão em cadeia que ocorrem no núcleo [19]. Os elementos constituintes dos reatores nucleares são: combustível, refrigerador, barras de controlo, elementos estruturais, e moderador no caso de reatores nucleares térmicos.

2.2.2.1.1.1. Classificação de reatores

Os reatores nucleares são classificados no seu princípio de funcionamento, combustível e tipo de utilização. Uma das classificações relativas aos reatores baseia-se no tipo de fissão, ou seja, térmica (reatores térmicos) ou rápida (reatores rápidos). Outra classificação atribuída diz respeito ao tipo de moderador ou refrigerador, onde se destacam os reatores moderados a grafite, água (leve ou pesada) e reatores moderados com elementos leves (sal fundido ou metal líquido). Quanto ao tipo de combustível, os reatores podem utilizar combustível sólido (urânio), combustível líquido (Reatores homogêneos aquosos e reatores a sal fundido) e combustível gasoso (teórico). Os reatores também podem ser classificados quanto à sua utilização, eles podem ser utilizados para produção de energia elétrica (centrais nucleares), propulsão (propulsão nuclear naval) e reatores para investigação. A Tabela 11 mostra a classificação dos diferentes tipos de reatores em operação comercial.

Tabela 11 – Classificação dos principais reatores em operação comercial [19]

Tipo de reator	Combustível	Refrigerador	Moderador
Reator de água pressurizada (PWR)	Urânio enriquecido (UO ₂)	Água Leve	Água Leve

Tipo de reator	Combustível	Refrigerador	Moderador
Reator de água em ebulição (BWR)	Urânio enriquecido (UO ₂)	Água Leve	Água Leve
Reator de água pesada pressurizada 'CANDU' (PHWR)	Urânio enriquecido (UO ₂)	Água pesada	Água pesada
Reator refrigerado a gás (AGR & Magnox)	U natural (metal), Urânio enriquecido (UO ₂)	CO ₂	Grafite
Light Water Graphite Reactor (RBMK)	Urânio enriquecido (UO ₂)	Água Leve	Grafite
Reator de nêutrons rápidos (FBR)	PuO ₂ e UO ₂	Sódio líquido	-

2.2.2.1.1.2. Funcionamento do reator de água pressurizada

O reator de água pressurizada (*Pressurized water reactor (PWR)*) é um reator térmico, moderado a água leve, arrefecido com água pressurizada, de combustível sólido, direcionado para a produção de eletricidade. É o tipo de reator mais utilizado no mundo nomeadamente em França, Reino Unido, Japão, Rússia e Coreia do Sul.

No reator PWR o refrigerador primário (água) é bombeado sob alta pressão para o núcleo do reator onde é aquecido pela energia gerada pela fissão de átomos. A água aquecida, então, flui para um permutador de calor, onde este por sua vez transfere a sua energia térmica para um sistema secundário onde o vapor é gerado e flui para turbinas que estão acopladas a um

alternador, que por sua vez gera energia elétrica. Em contraste com um reator de água em ebulição, a pressão no circuito de arrefecimento primário é mantida em circuito fechado, impedindo assim que a água entre em ebulição e por conseguinte evapore dentro do reator. Por esta razão este tipo de reator é chamado de *Pressurized water reactor*.

O hidrogénio contido na água leve torna-a um bom moderador reduzindo assim a energia dos neutrões provenientes do processo de fissão. Apesar disto este moderador tem uma secção de absorção de neutrões elevada. Não se poderia usar urânio natural neste tipo de reator, pelo facto de este ter uma taxa de produção de neutrões significativamente baixa perante a taxa de absorção dos mesmos por parte do moderador. Por esta razão a solução de combustível neste tipo de reator é o urânio enriquecido [19].

A Figura 25 representa esquematicamente o perfil do reator PWR.

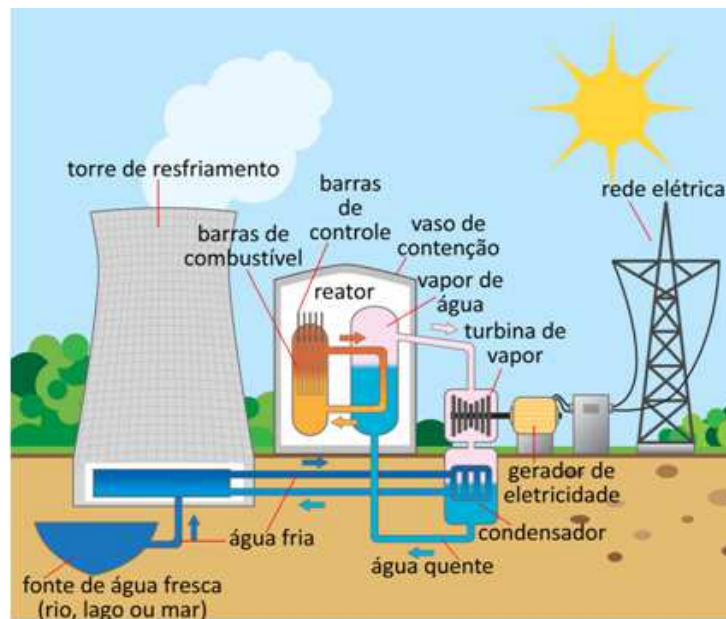


Figura 25 – Esquema de funcionamento do reator de água pressurizada [17]

2.2.2.1.2. VANTAGENS E DESVANTAGENS

A energia Nuclear e a sua possibilidade de utilização, que possui elevados riscos, mas em contrapartida também possui um enorme potencial na transformação de eletricidade, para tal encontram-se as vantagens e desvantagens na Tabela 12.

Tabela 12 – Vantagens e desvantagens da energia nuclear

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> - Reduzidas emissões de GEE; - Consumo reduzido de combustíveis fósseis; - Baixo custo de operação e produção; - Vida útil longa do sistema, ronda um período entre 40 e 60 anos; - Não depende da sazonalidade climática (chuvas, ventos, sol, etc.); - Necessita de uma área de implementação de menores dimensões, em relação a outras tecnologias; - Combustível fácil de transportar. 	<ul style="list-style-type: none"> - Difícil manuseamento de resíduos nucleares gerados, assim como o seu armazenamento em locais devidamente isolados [20]; - Ultrapassado o tempo de vida útil tem de ser desmantelado; - Investimento inicial muito elevado; - Risco de acidente na central nuclear, visto que qualquer falha humana pode causar uma catástrofe sem retorno (exemplo de Chernobyl e Fukushima); - Perigo aos funcionários, operando na proximidade de substâncias radioativas estão expostos a risco de contaminação; - As elevadas temperaturas da água utilizada no aquecimento causa a poluição térmica pois esta é lançada nos rios e nas ribeiras, destruindo assim ecossistemas e interferindo com o equilíbrio destas mesmas.

2.2.2.2. ENERGIA TERMOELÉTRICA (QUEIMA DE COMBUSTÍVEIS NÃO-RENOVÁVEIS)

Uma central termoelétrica, ilustrada na Figura 26, é uma instalação destinada à produção de energia elétrica através da transformação de energia de combustíveis sólidos, líquidos ou

gasosos, tais como o carvão, gás natural, petróleo e naftas. Estes combustíveis são fontes de energia primária não renováveis.



Figura 26 – Central termoelétrica

2.2.2.2.1. CONSTITUIÇÃO E FUNCIONAMENTO DO SISTEMA

Tudo começa a partir dos combustíveis, depois da sua extração são transportados através de gasodutos (*pipelines*), via terrestre, marítima ou ferroviária até estas centrais. Antes de serem queimados, os combustíveis sofrem algumas alterações de maneira a aumentar a sua rentabilidade: o carvão é esmagado em pó fino; o petróleo sofre processos de destilação; apenas o gás natural é que é utilizado de origem sem qualquer transformação.

O combustível é posteriormente encaminhado para caldeiras, sendo queimado e produzido energia calorífica (a temperaturas entre os 500 e 600°C), que aquece água. A água aquecida a tal temperatura evapora originando grandes quantidades de vapor fazendo movimentar as pás das turbinas. Acionando assim um gerador, transformando energia mecânica em energia elétrica.

O vapor ao sair da turbina é encaminhado ao condensador transformando o vapor em líquido em seguida é levado até à torre de arrefecimento. A água arrefecida, juntamente com a água que é adicionada na torre de arrefecimento, é transportada de novo ao condensador que por sua vez converte a água fria em vapor. O vapor condensado é conduzido a caldeira dando início a um novo ciclo. Toda a água utilizada neste processo provém de lagos, rios ou mares.

Tabela 13 – Vantagens e desvantagens da energia termoelétrica

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> - As centrais térmicas podem ser construídas próximas aos locais de consumo, resultando assim na economia no custo das linhas de transmissão; - Embora utilize combustíveis fósseis, pode funcionar com o gás natural, sendo este uma alternativa menos poluente em relação aos restantes; - Processo de construção mais rápido, em relação a uma central hidroelétrica; - São alternativas para países que não possuem uma variedade de escolha no que respeita às fontes de energia disponíveis; - Turbinas a vapor apresentam valores elevados de eficiência, tal como o seu tempo de vida útil. 	<ul style="list-style-type: none"> - Queima de derivados de petróleo (recursos não renováveis), que resulta na poluição do ambiente. O carvão mineral produz gás carbônico, fuligem e contribui para a produção do efeito de estufa; - Provoca o aquecimento das águas dos rios, sendo utilizada em vapor, por vezes não é adequadamente resfriada antes de ser devolvida. Destruindo assim ecossistemas e interferindo com o equilíbrio destas; - Elevado gasto com a compra de combustíveis necessários à transformação de energia; - Preços elevados dos combustíveis.

2.2.2.3. GRUPOS GERADORES DIESEL

Embora seja uma tecnologia maioritariamente adotada como segunda opção ou opção de emergência/socorro em países desenvolvidos, esta é utilizada como fonte principal de fornecimento de eletricidade em países pouco desenvolvidos, quando a rede é inexistente ou que possuem debilidades na sua rede pública. Os consumidores de energia elétrica optam por uma solução através de gerador para alimentar cargas cruciais, quando há falha de energia perante o distribuidor público, o que acontece muito pontualmente.

Este trabalho recai sobre esta tecnologia e pode-se assim juntar esta forma de obtenção de energia elétrica junto dos sistemas apresentados anteriormente.

A Figura 28 ilustra um exemplo de uma solução de grupos geradores adotados em sistemas de socorro, de segurança ou até mesmo fonte primária nas instalações elétricas.



Figura 28 – Grupo eletrogéneo *diesel*

Esta forma de obtenção de energia vai ser estudada de forma mais aprofundada num capítulo dedicado, uma vez que será a opção que irá ser abordada nos casos de estudo analisados mais à frente.

2.2.3. FONTES DE ENERGIA NO MUNDO: ESTATÍSTICAS

O mercado da energia tem imensa importância por todo o Mundo, sendo um negócio crucial e que agita mercados. O consumo de energia primária continua numa evolução crescente de ano para ano, registando valores record todos os anos.

Relativamente a 2014 as economias emergentes continuam a dominar no crescimento do consumo interno global de energia, tais como a China, Índia e Estados Unidos (ver Figura 29 e Figura 30). A União Europeia e Japão nesse mesmo ano registam um declínio relativo ao consumo de energia [22].

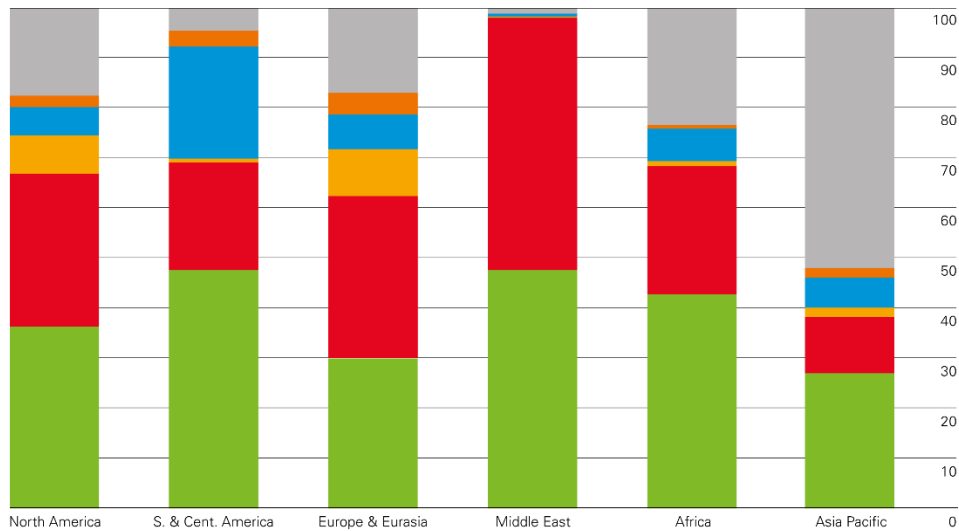


Figura 29 – Padrão de consumo de energia primária no mundo em 2014 (percentagem) [22]

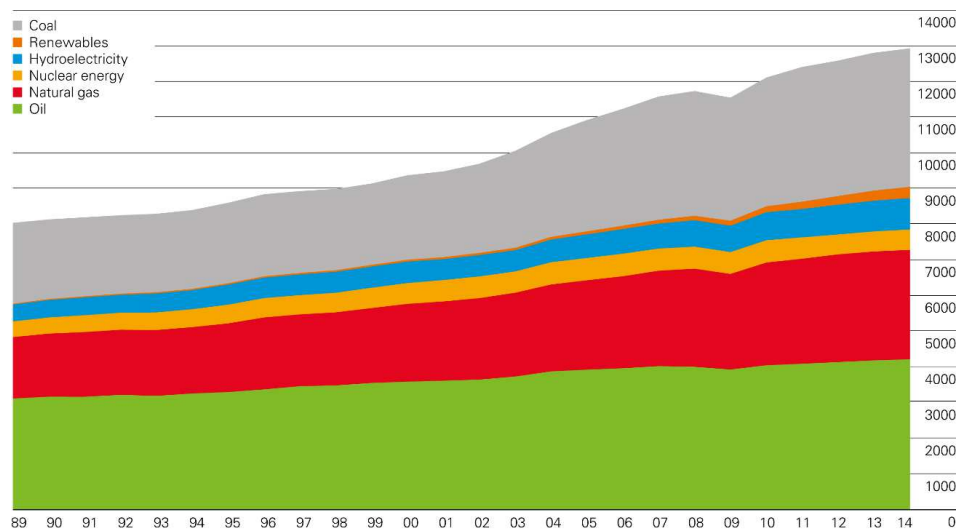


Figura 30 – Consumo de energia primária no mundo, expresso em milhões de toneladas equivalentes de petróleo [22]

Nesta secção irão ser apresentadas as estatísticas mundiais de produção e consumo de algumas das energias que foram abordadas anteriormente, como é o caso da energia nuclear, das energias renováveis e dos combustíveis fósseis utilizados em centrais térmicas e grupos geradores: o petróleo, o gás natural e o carvão.

Depois de desastres nucleares como Chernobyl (1986) e mais recentemente Fukushima (2011) verifica-se o abandono de investimento nesta tecnologia que tem enorme potencial na transformação de energia, mas o funcionamento destas centrais se não existirem medidas

de segurança extremamente rigorosas podem culminar num desastre ambiental enorme. Começam a surgir tecnologias menos evasivas e renováveis que podem substituir o uso de centrais nucleares, por isso a utilização desta estagnou a partir de 2011, como se pode observar na Figura 31.

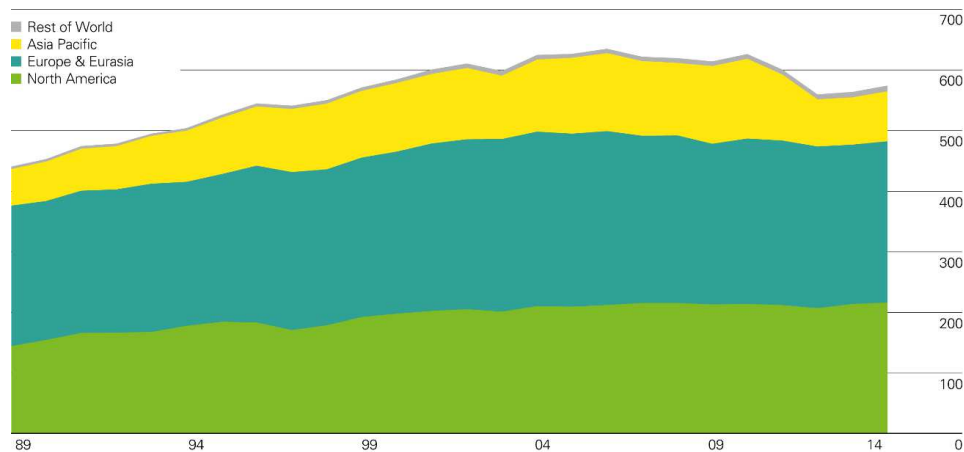


Figura 31 – Consumo de energia proveniente de tecnologia nuclear, expresso em milhões de toneladas equivalentes de petróleo [22]

O carvão, o petróleo e o gás natural seguem a mesma tendência, ou seja, o crescente consumo constante de ano para ano. A maior parte da procura mundial é suprimida por meio da utilização destes combustíveis que se formam através da decomposição de organismos animais e vegetais. Embora existam esforços governamentais de forma a reduzir a sua dependência, estes ainda são os combustíveis mais consumidos, mas começam a surgir alternativas menos poluentes para o ambiente. As Figura 32, Figura 33 e Figura 34 representam os perfis de produção e respetivo consumo de cada combustível fóssil. Ao longo dos anos denotou-se uma ligeira quebra no consumo destes combustíveis na Europa, embora os restantes continentes continuem a suprimir toda a procura e o consumo seja maior.

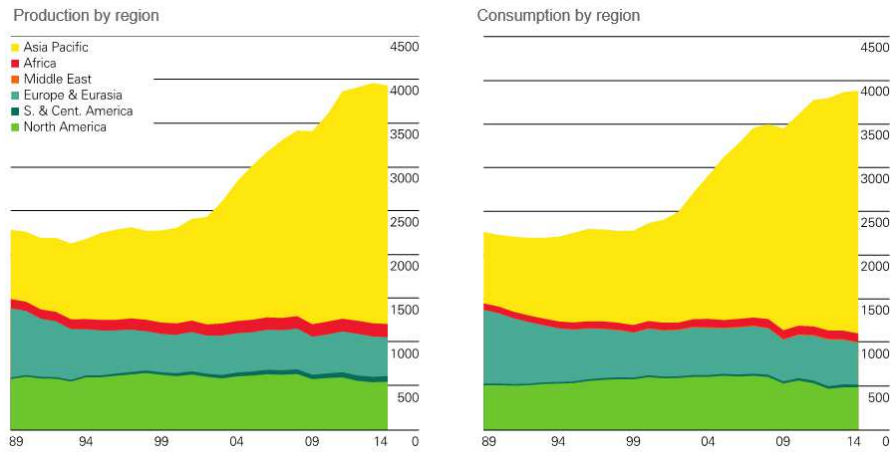


Figura 32 – Produção vs. consumo de carvão no mundo, expressos em milhões de toneladas equivalentes de petróleo [22]

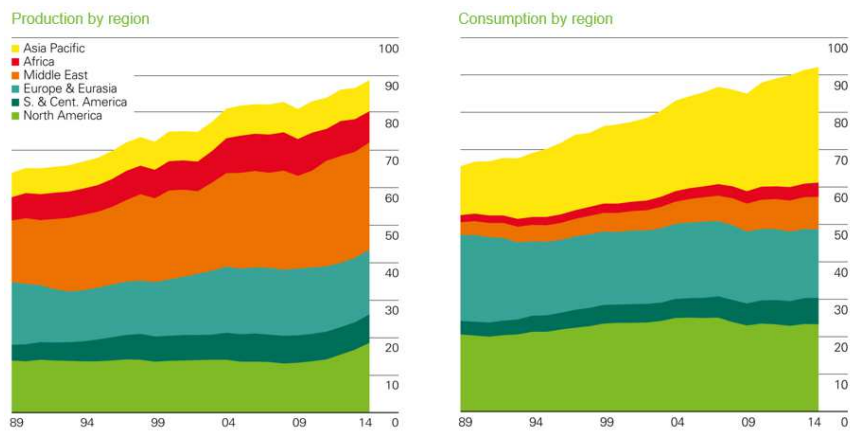


Figura 33 – Produção vs. consumo de petróleo no mundo, expressos em milhões de barris produzidos num dia [22]

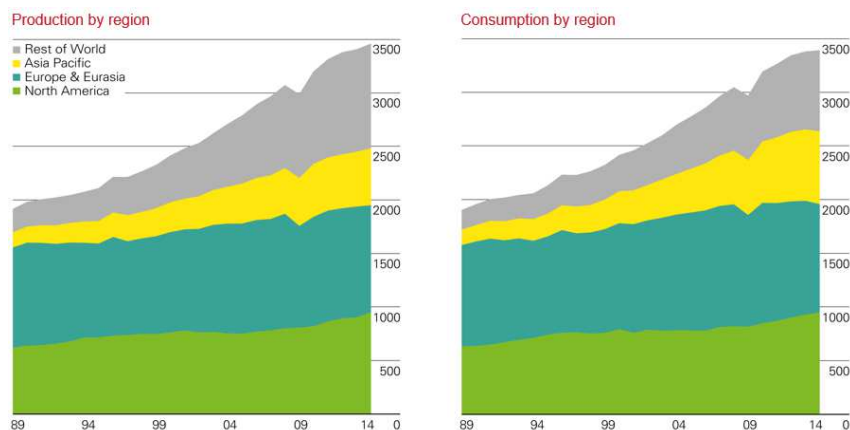


Figura 34 – Produção vs. consumo de gás natural no mundo, expressos em bilhões de metros cúbicos [22]

Em relação às soluções de transformação de energia que recorrem a fontes renováveis, como a utilização de barragens hidroelétricas, os painéis solares fotovoltaicos e os parques eólicos.

As Figura 35 e Figura 36 representam respetivamente a evolução da produção e dos consumos da tecnologia hidroelétrica e o conjunto de renováveis enunciados anteriormente. Estas demonstram que estas soluções começam a ganhar força e podem ser alternativa ao uso de combustíveis fósseis, como se pode verificar no gráfico contido na Figura 36 através da exponencial utilização destas tecnologias para produção de energia em países desenvolvidos e com grande potencial para alimentar estas soluções, como é o caso das condições favoráveis de vento, de níveis de radiação solar e ter bacias hidrográficas que possibilitem a aposta na transformação de energia através de recursos renováveis.

Os continentes que apostam cada vez mais nestas tecnologias limpas são a Europa, a Ásia e a América do Norte. Já o continente Africano e o Médio Oriente mostram que a presença deste tipo de tecnologias é quase nula, pois a presença de combustíveis fósseis em abundância faz com que não exista procura de tecnologias diferentes. Também pode influenciar a não existência de regulamentos e acordos de estratégias sustentáveis para o crescimento dos países de forma inteligente.

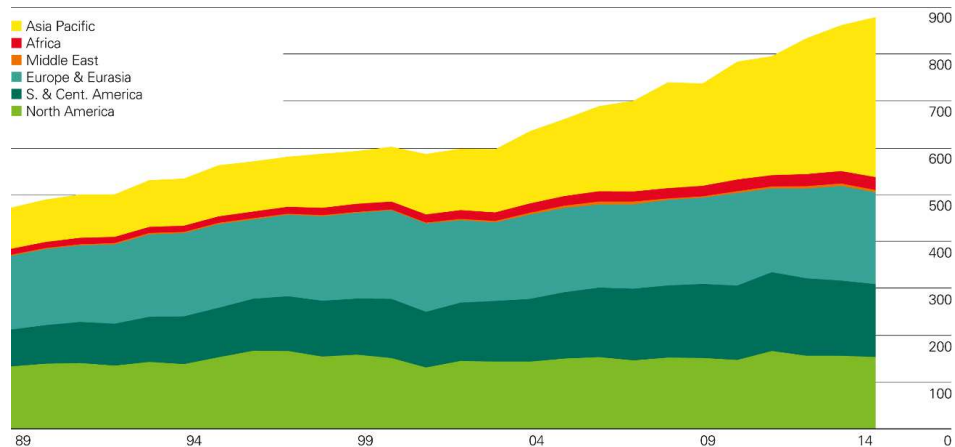


Figura 35 – Consumo de energia proveniente de tecnologia hidroelétrica, expresso em milhões de toneladas equivalentes de petróleo [22]

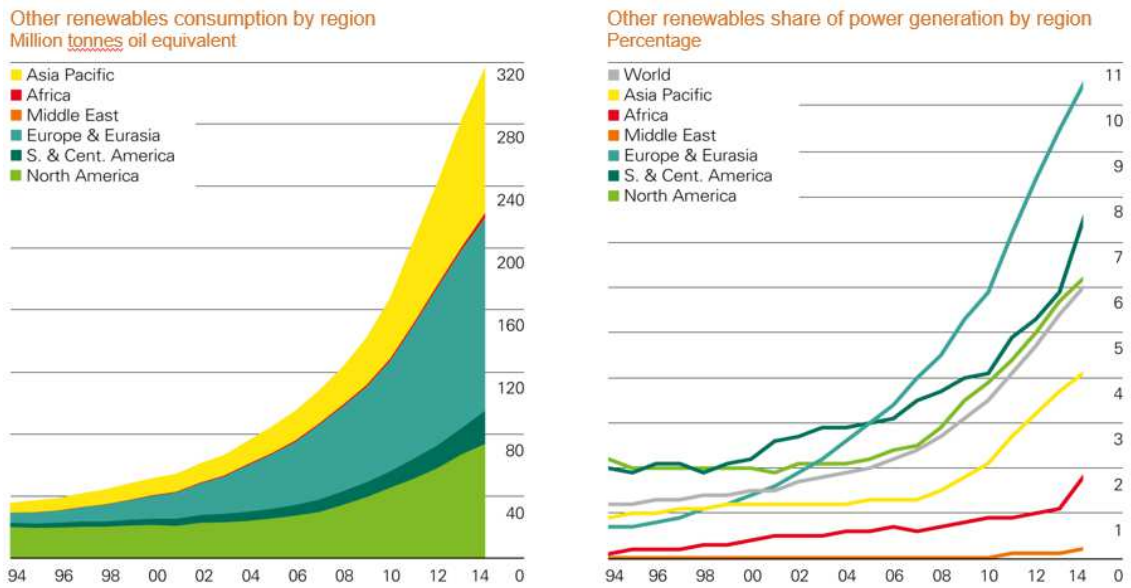


Figura 36 – Produção vs. consumo de renováveis no mundo, expressos em milhões de toneladas equivalentes de petróleo [22]

Através deste relatório de revisão relativo à produção e consumos dos combustíveis e formas de obtenção de energia retira-se que os países mais desenvolvidos encontram-se numa evolução gradual positiva. É possível observar que existe uma aposta maior em tecnologias que implicam menor impacto ambiental nas suas populações e no planeta. Com isto, importa salientar que os consumos respeitantes aos combustíveis fósseis encontram-se a diminuir.

2.3. TRANSPORTE

Depois de caracterizado o sistema electroprodutor, será necessário escoar a energia produzida ou importada, para isso são utilizadas redes de transporte e de interligação com o apoio de subestações, as quais irão ser abordados neste capítulo.

2.3.1. REDE DE TRANSPORTE

Estas redes, em muito alta tensão, cobrem um espaço geográfico alargado, assegurando o trânsito de elevados volumes de energia, entregue pelos grandes centros produtores, até às subestações de interface com as redes de distribuição.

2.3.1.1. LINHAS DE TRANSMISSÃO

As linhas de transmissão de alta e muito alta tensão asseguram o transporte de energia elétrica desde as centrais produtoras até os consumidores finais. Estas linhas permitem a interligação de redes nacionais, que normalmente cobrem grandes distâncias e transmitem através de tensões elevadas, permitindo menores perdas.

As linhas aéreas de transporte são constituídas por condutores de alumínio ou cobre, apoiadas por isoladores e postes que podem ter entre 20 a 100 metros de altura [23], de acordo com o guia de boas práticas para a integração paisagística de infraestruturas elétricas da EDP distribuição [24].

2.3.1.2. SUBESTAÇÕES

As subestações são instalações de alta tensão destinadas aos seguintes fins:

- Transformação da corrente elétrica: esta é feita por um ou mais transformadores estáticos. O secundário desses transformadores destina-se a alimentar postos de transformação ou outras subestações [25]. Neste caso, para alterar níveis de tensão denominam-se subestações transformadoras (elevadora ou abaixadora);
- Transformação da corrente: por retificadores, onduladores, conversores ou máquinas conjugadas. Estas instalações denominam-se de subestações conversoras;
- Compensação do fator de potência: por compensadores síncronos ou condensadores, chamando-se por isso subestações compensadoras.

Na produção são utilizadas subestações elevadoras, estabelecendo assim a ligação entre as máquinas geradoras e as linhas de alta tensão que permitem o transporte.

No transporte, as subestações que são utilizadas denominam-se de abaixadoras de interligação ou de repartição. A função destas é a interligação de linhas AT/MAT de uma rede de transporte de energia, diretamente (se as linhas forem da mesma tensão) ou através de transformadores (se forem de tensões diferentes). As subestações efetuam a ligação entre as linhas de transporte e as linhas de AT de uma rede geral de distribuição.

2.3.2. REDE DE INTERLIGAÇÃO

Estas redes asseguram a ligação entre redes de transporte operadas por empresas distintas, por exemplo dois países ou regiões vizinhas. Todas as redes europeias funcionam interligadas através de uma tensão de 220 e 400 kV [1] com uma frequência comum de 50 Hz, situação que apresenta diversas vantagens: por um lado, melhora a segurança das redes, por via do socorro recíproco em caso de perda de unidades geradoras, permitindo assim reduzir a reserva, quer estática quer girante; por outro lado, permite trocas comerciais entre produtores e consumidores situados em áreas de controlo distintas, condição chave para o funcionamento de um mercado de eletricidade alargado.

Na Figura 37 está representado um esquema ilustrativo do percurso e etapas da energia elétrica. O transporte acontece desde a etapa inicial denominada “produção” até aos “postos de transformação”. Os restantes passos referem-se à distribuição em baixa tensão que irá ser abordado de forma mais aprofundada no ponto 2.4.

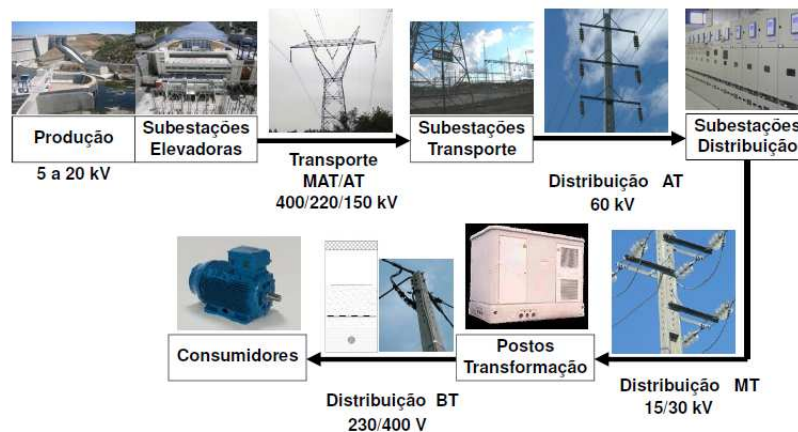


Figura 37 – Esquema de transporte de energia [25]

2.4. DISTRIBUIÇÃO E UTILIZAÇÃO EM BAIXA TENSÃO

2.4.1. REDES DE DISTRIBUIÇÃO

As redes de distribuição tem como função transportar a energia até junto dos consumidores domésticos ou industriais, sendo utilizados três níveis de tensão: a baixa tensão (BT), às quais estão diretamente ligados os aparelhos; a média tensão (MT), que alimenta os postos de transformação; e por fim, a alta tensão (AT), que fornece a energia às subestações. As redes de distribuição também recebem a energia produzida pelos produtores independentes que usam fontes renováveis (como são exemplo: as mini-hídricas, a energia eólica e energia solar fotovoltaica) ou cogeração.

2.4.1.1. SUBESTAÇÕES

Na distribuição também estão presentes subestações, estas denominadas por abaixadoras de distribuição. Estas estabelecem a ligação entre a rede de AT e as linhas de distribuição em MT, que por sua vez alimentam postos de transformação.

2.4.1.2. CANALIZAÇÃO

A canalização ou linhas que permitem a distribuição de energia em média tensão são provêm das subestações dirigindo-se até aos Postos de transformação. Esta é feita num nível de tensão inferior ao mencionado anteriormente entre a produção e as subestações. Se o caminho for de subestação para subestação, o nível de tensão poderá rondar os 60 kV; se a origem for de uma subestação para posto de transformação o nível de tensão será 15 ou 30 kV. Também de salientar que esta pode ser feita através de linhas aéreas (zonas rurais) ou de forma subterrânea (zonas urbanas).

2.4.1.3. POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO

Os postos de transformação são instalações de média tensão destinadas à transformação da corrente elétrica por um ou mais transformadores estáticos. A corrente secundária dos transformadores é utilizada diretamente nos recetores, por isso encontram-se localizados junto dos consumidores em baixa tensão (BT) podendo incluir condensadores para compensação do fator de potência [25]. Estas instalações têm como função:

- Realizar um novo abaixamento no nível da tensão, para que a energia elétrica possa ser utilizada diretamente pelos consumidores de baixa tensão (BT);

- Passar o nível de tensão de distribuição em Média Tensão, para o nível da distribuição em Baixa Tensão (230/400 V).

2.4.1.4. ESTRUTURAS TOPOLÓGICAS DAS REDES

Nas redes de distribuição é importante o fator fiabilidade. Se qualquer elemento das redes ficar sujeito a avaria, pode originar interrupções no fornecimento de energia, se não existir redundância. Este fator implica assim investimento, estabelecendo assim um equilíbrio entre os custos e os benefícios que acarretam, o qual se reflete na estrutura topológica da rede. Na Figura 38 Estruturas topológicas radial, anel e emalhada Figura 38 estão representadas três das mais utilizadas redes topológicas.

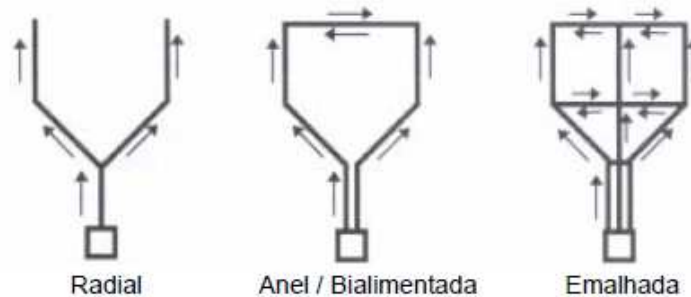


Figura 38 Estruturas topológicas radial, anel e emalhada [25]

- Rede radial

Uma rede radial é constituída, a partir de um ponto de alimentação, por linhas que se vão ramificando sem jamais se encontrarem num ponto comum. São caracterizadas por ser de estrutura simples, menor fiabilidade e também de menor custo. Se não existir produção a elas ligadas, o sentido do trânsito de energia é do ponto de alimentação para a carga;

- Rede em anel

As redes em anel comportam um número maior ou menor de anéis fechados, cada um dos quais pode incluir uma ou duas fontes de alimentação. As cargas existentes nos anéis podem receber energia através de dois trajetos diferentes e o corte de um troço de linha num destes trajetos não implica a interrupção da alimentação das

cargas. Estas asseguram uma fiabilidade superior às radiais, o custo é mais elevado, mas em caso de anomalia o número de consumidores afetados é menor;

- Rede emalhada

Com este tipo de rede todos os consumidores podem ser alimentados por vários pontos ligados de forma a constituírem malhas fechadas. Os geradores estão ligados de forma que o trânsito de energia até ao consumidor se possa fazer por diversos percursos. Todas as linhas devem estar dimensionadas para transmitir a potência necessária em caso de avaria de outra linha. Estas redes asseguram uma maior fiabilidade, naturalmente, com um custo mais elevado, usando-se obrigatoriamente para as redes de transporte.

2.4.2. TOPOLOGIA DE REDES DE ALIMENTAÇÃO

A exploração da energia elétrica numa instalação pode ser realizada através de duas vertentes: por um lado sendo realizada a integração da instalação na rede elétrica pública, ou então, pode ser criado um sistema isolado de alimentação.

A estrutura das redes de alimentação das instalações elétricas dependem: das condições de fornecimento de energia no local, das características dos recetores e, da continuidade de serviço pretendida. Tendo por base a classificação das cargas existentes na instalação (normais, de emergência e críticas) existem três tipos distintos de alimentação: normal, de emergência e socorrida.

A alimentação normal é responsável pela alimentação geral da instalação, ou seja, é a fonte primária que fornece eletricidade à instalação. Esta pode ser proveniente da rede pública ou de uma rede isolada. Normalmente, só é utilizada a rede isolada em situações particulares, como sendo o caso das instalações que se encontram muito distantes das infraestruturas de distribuição (rede pública). Tipicamente alimentam os circuitos de iluminação normal, circuitos de tomadas e de força motriz, os sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado.

A alimentação de segurança ou de emergência é destinada a garantir o funcionamento de equipamentos essenciais à segurança das pessoas, cuja operacionalidade importa manter em caso de falta de energia da rede de abastecimento de energia elétrica. Tipicamente alimentam

os circuitos de iluminação de emergência, sinalização de saída, elevadores, ventilação de segurança, bombagem de incêndios, bombagem de água e de esgotos, câmaras frigoríficas, etc..

A alimentação de socorro, de segurança ou de reserva é adotada por algumas instalações elétricas previstas para manter em funcionamento uma instalação ou partes desta em caso de falta da alimentação normal por razões que não sejam a segurança das pessoas. Tipicamente alimentam os circuitos de iluminação de socorro, centrais de segurança, os equipamentos e sistemas informáticos, salas de operação hospitalar ou similar.

3. GRUPOS ELETROGÊNEOS

3.1. ASPETOS GERAIS

Um grupo eletrogêneo pode ser definido como um dispositivo composto por um motor de combustão interna que aciona um gerador elétrico rotativo para produzir um fornecimento contínuo de corrente elétrica.

Os grupos geradores são máquinas preparadas para fornecer energia elétrica de forma contínua ou em condições de ausência da fonte principal de fornecimento de eletricidade.

3.1.1. TIPOS E CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS

A instalação de um grupo gerador deve ser previamente e devidamente projetada mediante o fim a que se destina, ou seja ao tipo de instalação que vai suportar. Assim sendo, surgem dois tipos de instalação:

- Alimentação normal: Alimentação prevista para funcionamento contínuo, socorrendo a totalidade das cargas ou meramente cargas selecionadas durante o tempo todo;
- Instalação de socorro: Alimentação prevista para manter em funcionamento uma instalação ou partes desta, em caso de falha de alimentação normal por razões que não sejam a segurança de pessoas;

- Instalação de segurança (Emergência): Alimentação prevista para manter em funcionamento os equipamentos essenciais à segurança de pessoas.

Estes sistemas permitem alimentar variados equipamentos, dos quais alguns podem ser exigidos por lei quando se tratam de edifícios de serviços públicos [26], alguns exemplos de alimentações são:

- Iluminação: Iluminação de saídas de emergência, sinais luminosos de saída, iluminação de segurança, luzes de advertência, iluminação da sala de operação, iluminação interna de elevadores, iluminação da sala do gerador, etc;
- Transporte: Elevadores para uso pelo corpo de bombeiros;
- Sistemas mecânicos: Exaustão de fumos e controlo de ventilação;
- Refrigeração: Bancos de sangue, armazenamento de alimentos, etc;
- Produção: Energia para processos críticos em laboratórios, processos de produção na indústria farmacêutica, etc;
- Processamento de dados: Sistemas UPS e refrigeração para evitar a perda de dados;
- Suporte à vida: Hospitais, enfermarias e outras instalações similares;
- Sistemas de comunicações: Telecomunicações de emergência, como polícia e corpo de bombeiros, sistemas de antenas de telecomunicações em edifícios públicos, etc;
- Sistemas de sinalização: Controlo de tráfego ferroviário, marítimo e aeronáutico.

Os grupos geradores podem ser classificados conforme o tipo, classe do equipamento e sua potência.

Segundo a norma ISO 8528-1, estas dividem-se por três tipos de potências de serviço:

Potência de emergência ou ESP (*Emergency stand by Power*): Estes são sistemas de emergência, normalmente são instalados por imposição legal. Estes destinam-se ao fornecimento de energia durante curtos períodos de tempo, com os seguintes propósitos: permitir a evacuação segura dos edifícios, evitar que ocorra falha de energia elétrica para

sistemas de suporte à vida e equipamentos para pessoas com necessidades especiais, e evitar que falte energia elétrica para sistemas críticos de telecomunicações. Em geral, existem normas técnicas que especificam o equipamento e a carga mínima necessária ao tipo de instalação. Dentro destes também podem haver sistemas de energia opcionais, que são instalados em locais onde a segurança não será o fator fundamental, entretanto, a falha de energia poderá causar perdas de negócios, perdas de receita, interrupção de processos críticos, causando assim inconveniências e desconfortos. Neste, o proprietário do sistema pode selecionar as cargas a serem conectadas ao sistema de “*backup*”.

Potência principal ou PRP (*Prime Power*): Os sistemas de energia prime são normalmente utilizados:

- Como fonte de energia principal, ao invés de utilizar a energia fornecida pela rede pública, pode esta carga encontrar-se numa área onde os serviços da rede distribuidora de energia não esteja disponível. Estes sistemas utilizam pelo menos dois grupos geradores. Um dos geradores funciona continuamente, com carga variável, enquanto o outro serve como reserva para o caso de uma eventual queda de energia ou até avaria do principal (permitindo assim a manutenção). É também possível utilizar um relógio temporizador no comutador permitindo assim um funcionamento alternado entre os grupos geradores.
- Em operação durante picos de consumo de energia, permitindo redução de custos. É utilizado como fonte de produção localizada durante os picos de consumo, de modo a reduzir ou nivelar o consumo da eletricidade proveniente da rede pública, com o objetivo de economizar gastos durante o horário de maior procura de eletricidade. Este tipo de sistema necessita de um controlador que acione o gerador nos momentos apropriados. Por vezes os grupos geradores do tipo ESP também são usados para esta finalidade.

Potência em contínuo ou COP (*Continuous power operating*): Estas instalações utilizam toda a energia proveniente dos grupos geradores no local, ou seja, existe um consumo constante de potência elétrica. Geralmente, estas instalações são propriedade das empresas de distribuição de energia elétrica ou estão sob seu controle. Também este sistema é frequentemente utilizado em tecnologias de cogeração, correspondendo à utilização

combinada entre o grupo gerador e o aproveitamento de calor desperdiçado por processos localizados em determinadas indústrias, sendo o calor posteriormente transformado em energia elétrica.

Assim podemos resumir a classificação dos grupos geradores com a Tabela 14.

Tabela 14 – Classificação dos diferentes tipos de gerador

	Classificação do Grupo Gerador		
Tipo de sistema	Standby	Prime	Contínua
	Emergência	Energia prime	Carga básica
	Standby imposto por lei	Corte de pico	Cogeração
	Standby opcional	Redução de custos	

A classificação dos grupos geradores através da potência tem por base o tempo definido de funcionamento e a percentagem relativa à capacidade de sobrecarga, se esta for permitida.

Em relação à classificação “energia standby”, para esta não se admite qualquer valor para capacidade de funcionamento em sobrecarga. Esta classificação é aplicada apenas para instalações servidas de uma fonte confiável de energia (rede pública) e cargas variáveis que apresentem um fator médio de consumo de carga correspondente a 80% da classificação “energia standby” durante um período de tempo máximo de 200 horas de operação por ano, ou, por um período de tempo máximo de 25 horas por ano, com consumo de carga correspondente a 100% de sua classificação “energia standby”, conforme pode-se afirmar com a Figura 39.

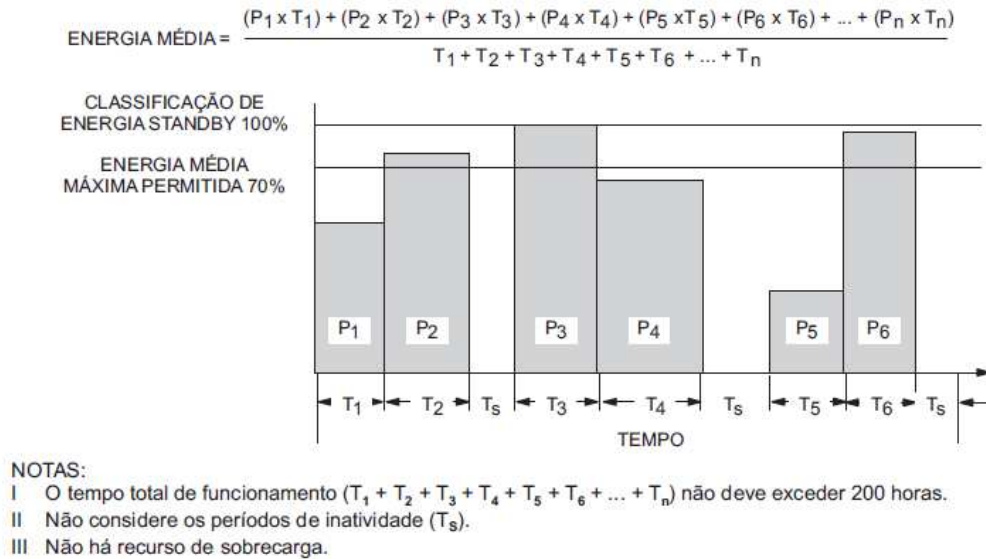
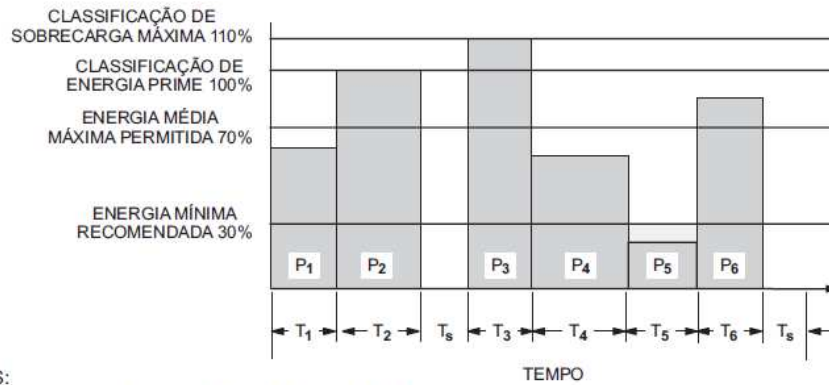


Figura 39 – Classifica\u00e7\u00e3o “energia standby” [18]

Na classifica\u00e7\u00e3o “energia prime” esta pode tomar dois tipos de funcionamento: com tempo ilimitado ou limitado de funcionamento.

Com tempo ilimitado, conforme ilustra a Figura 40, permite que o grupo gerador esteja dispon\u00edvel por um n\u00famero “ilimitado” de horas de opera\u00e7\u00e3o, ao ano, em aplica\u00e7\u00f5es com “carga vari\u00e1vel”. Aplica\u00e7\u00f5es que exijam qualquer opera\u00e7\u00e3o em paralelo com a rede p\u00fablica de energia, com carga constante est\u00e3o sujeitas a limita\u00e7\u00f5es de tempo de funcionamento. Em aplica\u00e7\u00f5es com carga vari\u00e1vel, o fator de carga m\u00e9dio n\u00e3o deve exceder 70% da Classifica\u00e7\u00e3o “energia prime”. Uma capacidade de sobrecarga de 10% \u00e9 admiss\u00edvel, por um per\u00edodo m\u00e1ximo de 1 hora para cada 12 horas de opera\u00e7\u00e3o, por\u00e9m, n\u00e3o dever\u00e1 exceder 25 horas ao ano de sobrecarga. O tempo total de opera\u00e7\u00e3o na classifica\u00e7\u00e3o “energia prime” nestas condi\u00e7\u00f5es n\u00e3o deve exceder 500 horas por ano.

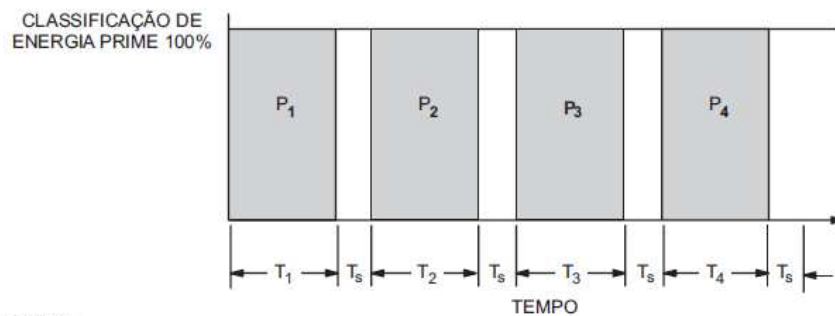
$$\text{ENERGIA M\u00c9DIA} = \frac{(P_1 \times T_1) + (P_2 \times T_2) + (P_3 \times T_3) + (P_4 \times T_4) + (P_5 \times T_5) + (P_6 \times T_6) + \dots + (P_n \times T_n)}{T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + \dots + T_n}$$



- NOTAS:
- I Considere cargas de menos de 30% como 30% (P_6).
 - II N\u00e3o considere os per\u00edodos de inatividade (T_s).
 - III O n\u00famero total de horas por ano na ou acima da Classifica\u00e7\u00e3o de Energia Prime (P_3 e P_3) n\u00e3o deve exceder 500 horas.

Figura 40 – Classifica\u00e7\u00e3o “energia prime”, funcionamento por tempo ilimitado [18]

Com tempo limitado, conforme ilustra a Figura 41, permite que o grupo gerador esteja dispon\u00edvel por um n\u00famero “limitado” de horas de opera\u00e7\u00e3o, ao ano, em aplica\u00e7\u00f5es com “carga constante”, tais como, falha de energia ou interrup\u00e7\u00e3o, redu\u00e7\u00e3o de carga, corte de pico e outras aplica\u00e7\u00f5es que, em geral, envolvem a opera\u00e7\u00e3o em paralelo com a rede p\u00fablica de energia. Os grupos geradores podem operar em paralelo com a rede p\u00fablica de energia durante at\u00e9 750 horas por ano, em valores de pot\u00eancia que n\u00e3o excedam a classifica\u00e7\u00e3o “energia prime”. Deve-se ter em aten\u00e7\u00e3o que a vida \u00fatil do motor ser\u00e1 reduzida caso seja utilizado de modo constante para alimentar altos valores de carga.



- NOTAS:
- I O tempo total de funcionamento ($T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + \dots + T_n$) n\u00e3o deve exceder 750 horas.
 - II N\u00e3o considere os per\u00edodos de inatividade (T_s).
 - III A capacidade de sobrecarga m\u00e1xima n\u00e3o \u00e9 permitida para a classifica\u00e7\u00e3o de energia Prime de tempo de funcionamento limitado.

Figura 41 – Classifica\u00e7\u00e3o “energia prime”, funcionamento por tempo limitado [18]

A classificação “energia de carga básica” ou “contínua” aplica-se ao fornecimento contínuo de energia para uma carga de até 100% da classificação básica, por um número ilimitado de horas. Não é especificada qualquer capacidade de sobrecarga sustentada disponível para esta classificação. Nesta classificação, o grupo gerador trabalha sob carga constante por longos períodos de tempo. A Figura 42 representa este modo de funcionamento.

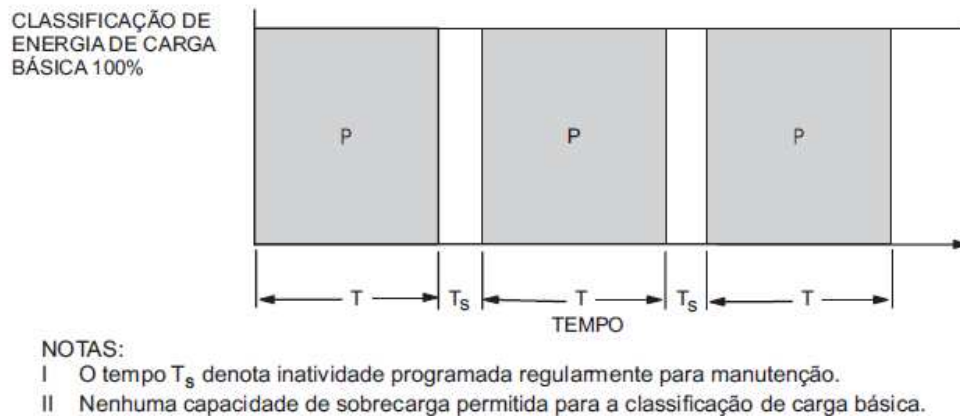


Figura 42 – Classificação energia de carga básica ou contínua [18]

Através da informação anterior sobre a classificação dos geradores pode-se confirmar e verificar que a chapa de características do aparelho indica assim a capacidade limite de funcionamento em cada regime de funcionamento. No caso da Figura 43 que representa uma chapa de características, em regime “prime” este pode trabalhar até à potência de 100 kVA, enquanto em que na classificação ou regime “*stand by*” a capacidade será maior, cerca de 110 kVA.

Para além da potência máxima de funcionamento, a chapa de características contém mais informações, como o ruído produzido (decibéis), o número de série e peso da máquina, a tensão de saída, a frequência, as rotações por minuto (rpm), o fator de potência ($\cos \phi$), o número de fases (monofásico ou trifásico), a temperatura ambiente de funcionamento e a altitude adequado ao seu funcionamento.



Figura 43 – Exemplo de uma chapa de características de um grupo gerador

3.1.2. LOCAL DE INSTALAÇÃO

Durante a fase de projeto para instalação de um grupo gerador deve-se ter em consideração o local de implementação do mesmo. Este pode ser instalado em local externo ou interno. O custo total, a facilidade de instalação e o sucesso de funcionamento do aparelho dependem deste crucial planeamento, tendo em conta, a localização do motor-gerador (dentro de um edifício, uma construção ou abrigo, etc) [26], a localização do tanque de combustível e a disposição de condutas de ventilação.

Devem ser considerados os seguintes fatores:

- Montagem do grupo gerador;
- Localização do quadro de distribuição;
- Segurança contra inundações, incêndios, formação de gelo e vandalismo;
- Contenção de derramamento acidental ou vazamento de combustível ou de líquido de arrefecimento;
- Possibilidade de danos simultâneos nos serviços da fonte normal e de emergência;
- Facilidade de acesso para manutenção e inspeções;

- Facilidade de acesso e espaço de trabalho para manutenção, contando assim com remoção e substituição de componentes.

Optando pela acomodação do equipamento num local externo, deve-se ter em conta [26]:

- Emissão de ruídos e atenuação dos níveis de ruído. Barreiras de som podem ser instaladas. Além disso, uma distância grande entre o grupo gerador e a área sensível a barulho pode diminuir o barulho percebido. Para tal canópias acústicas estão disponíveis e podem ser implementadas para satisfazer as necessidades dos clientes ou regulamentações locais de ruído;
- Canópia de proteção contra intempéries, como o próprio nome sugere, oferece uma proteção contra fatores climáticos, mas também fornece um certo grau de segurança para o grupo gerador;
- Por vezes pode falhar no arranque em determinados períodos específicos. Este problema é mais frequente quando é instalado em locais com temperaturas ambientes baixas. Em alguns casos, nos sistemas de emergência a temperatura mínima em redor do grupo gerador está regulamentada por normas (varia entre os 4 e os 10°C);
- Condicionamento de combustível e aquecimento. Nos locais com baixas temperaturas ambientes o gasóleo (*diesel*) utilizado como combustível torna-se mais viscoso, podendo entupir os filtros e bombas e não fluirá adequadamente pelas tubagens. Misturas de combustíveis ou pré-aquecimento do combustível a temperaturas controladas são frequentemente utilizadas para solucionar este problema;
- A maresia em regiões litorâneas pode causar problemas de corrosão nos grupos geradores instalados em canópias de aço expostas ao ar livre, plataformas e tanques de combustível. Considera-se uma prática apropriada de instalação o uso de uma canópia opcional de alumínio, devido à resistência extra contra corrosão;
- É necessário implementar cercas de segurança e barreiras visuais;
- Ter em atenção o distanciamento de propriedades;

- O escape/exaustão de gases deve ser direcionado para longe de sistemas de ventilação ou entradas de ar existentes em edifícios;
- Deverá ser implementado um sistema de proteção contra raios.

Se a instalação do grupo-gerador seja em local interno, deve-se tomar em consideração [26]:

- O recinto de instalação deverá ter classificação de segurança contra incêndios. Este deve ter classificação de resistência ao fogo de, no mínimo, 1 a 2 horas;
- Área de trabalho. Deve haver pelo menos 1 metro de espaço livre em torno de cada grupo gerador. Além disso, o projeto da instalação deverá prever o acesso para grandes trabalhos (por exemplo, o condicionamento ou substituição de componentes, como o radiador);
- Tipo do sistema de arrefecimento - Recomenda-se o uso de um radiador, todavia, o ventilador do radiador pode criar uma pressão negativa significativa dentro do recinto. As portas de acesso devem, se possível, permitir a entrada de ar, optando por portas de lâminas;
- Escape do motor - A saída de escape do motor deverá ser instalada tão alto quanto possível, e, situada num local a favor dos ventos dominantes;
- A localização de instalação de um grupo gerador deve ser feita de tal forma que permita uma fácil entrega e descarga do equipamento, permita o acesso para manutenção (exemplos: no andar térreo, próximo a um estacionamento aberto);
- As instalações sobre lajes, embora sejam comuns, exigem um planeamento complementar e avaliações cuidadosas sobre o projeto estrutural, devido às vibrações causadas durante o funcionamento do sistema.

3.1.3. VANTAGENS E DESVANTAGENS

Dependendo da utilização do gerador este tem os seus pontos fortes e fracos.

As vantagens que um grupo gerador pode oferecer podem ser a versatilidade de potências que as marcas dispõem (podem chegar aos 7000 kVA), os custos de manutenção dos aparelhos são relativamente baixos, a vida útil dos componentes podem ser estendidos se

estes forem alvo de manutenção preventiva. São soluções práticas para eventos pontuais quando surgem dificuldades de fornecimento através da rede pública e é uma fonte de energia secundária disponível, caso exista uma falha de energia elétrica perante a rede pública este poderá entrar em funcionamento e socorrer as cargas mais importantes da instalação.

No que respeita às desvantagens, estas encontram-se em menor número, tais como o ruído produzido pelo funcionamento do sistema pode causar desconforto em determinadas situações. Estes equipamentos emitem gases poluentes para a atmosfera e o investimento inicial numa solução desta tecnologia pode ser inicialmente elevado.

3.2. CONSTITUIÇÃO DE UM GRUPO GERADOR

Um grupo gerador é composto por dois subsistemas básicos: o primeiro constituído pelo gerador, composto pelo motor primário, o alternador, o regulador e sistema de arrefecimento; o segundo formado pelo comutador de transferência e o sistema de distribuição de energia que irá alimentar as cargas. Na Figura 44 está representado um grupo gerador e os seus elementos constituintes.

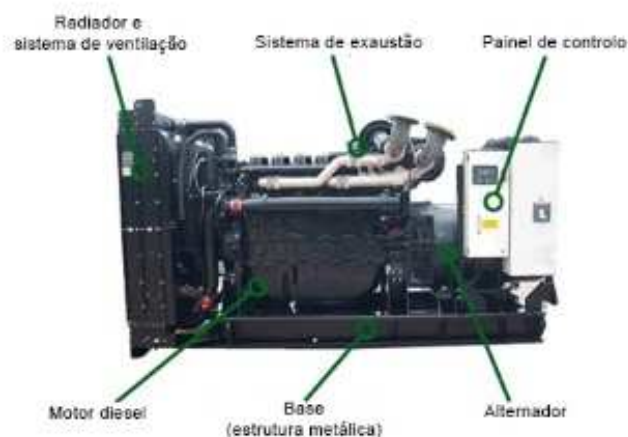


Figura 44 – Principais elementos constituintes de um grupo gerador

3.2.1. MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA

O motor de combustão de interna é o elemento que proporciona o movimento do sistema. Em termos básicos este converte o combustível em movimento mecânico através das suas partes móveis. A mistura de ar e o combustível depois de inflamada cria uma explosão

interna controlada (combustão) dentro dos cilindros criando assim através dessa expansão o movimento. O motor mais comum nestes grupos eletrogéneos é o motor de 4 tempos. É conhecido como 4 tempos devido as suas etapas que ocorrem no ciclo de combustão, estas são: a admissão de ar e combustível, a compressão da mistura, a explosão e o escape [27].

3.2.1.1. COMBUSTÍVEL

Existem quatro tipos de combustíveis mais utilizados. Nestes estão incluídos o gásóleo, o gás natural, petróleo líquido e a gasolina. A seleção do tipo de combustível depende do fim a que se destina o grupo gerador, o armazenamento (espaço disponível), os custos e acessibilidade.

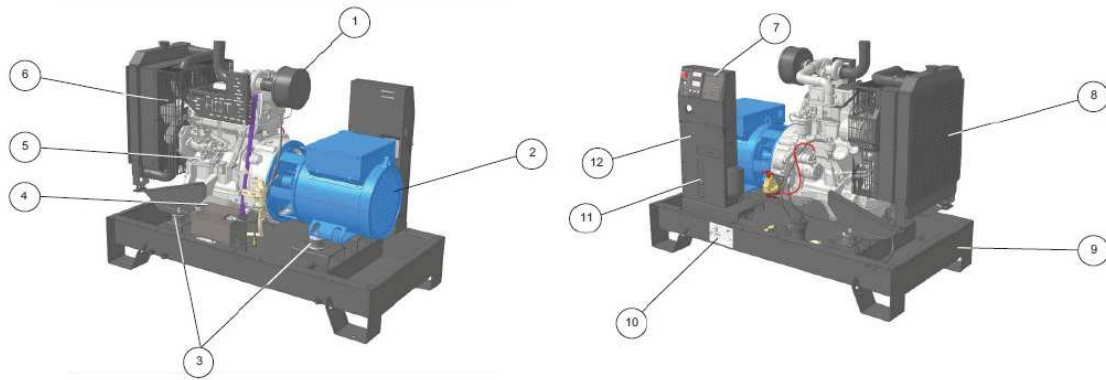
O projeto de toda a instalação também deve incluir o projeto de um local para o armazenamento do combustível, podem em certos países serem controlados através de normas técnicas com instruções exigidas na construção e implementação dos tanques de combustível.

3.2.1.2. SISTEMA DE VENTILAÇÃO E RUÍDO

Deve ser projetado o local onde vai ser instalado o grupo gerador, de maneira a estudar e garantir o correto fluxo de ar e sua renovação. Também o sistema deve estar protegido da chuva, neve, detritos e poeiras que possam afetar o sistema.

O controlo de emissão de ruídos, se necessário, deve ser considerado desde o início do projeto. Em geral, as soluções para controlo da emissão de ruídos resultam num aumento de custos considerável e também aumentam a área física necessária para a instalação. Um grupo gerador é uma fonte complexa de geração de ruídos, que inclui ruídos do ventilador de arrefecimento, do motor e do escape. Como os ruídos podem ser mais ou menos intensos numa determinada direção, deve-se ter em conta a localização, orientação e distância do grupo gerador em relação aos limites ou locais da propriedade onde os ruídos possam ser um problema.

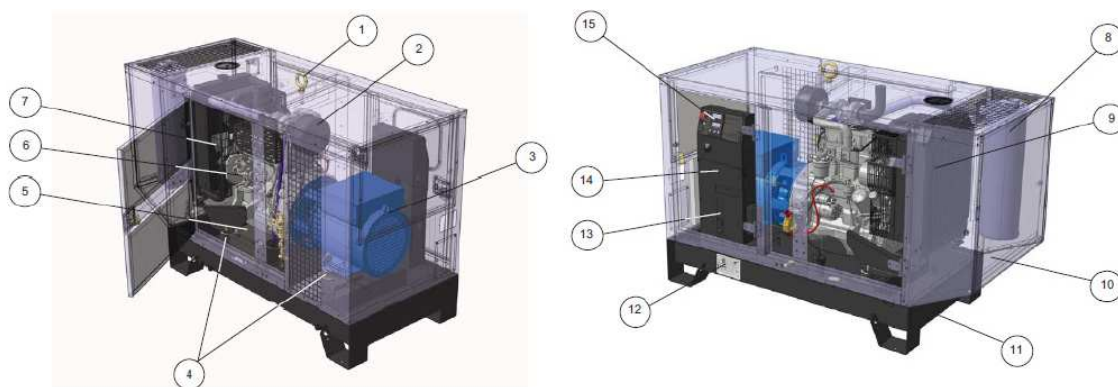
O grupo gerador pode ser aberto ou canopiado como se pode verificar na Figura 45. Esta escolha depende da localização do sistema, tal como o ruído e vibração que este possa causar.



1	Filtro de ar	5	Motor	9	Chassis
2	Alternador	6	Grelha de protecção das partes rotativas	10	Placa de identificação
3	Pinos amortecedores	7	Bloco de comando	11	Disjuntor
4	Bateria de arranque	8	Radiador	12	Consola

Figura 45 – Constituição de um grupo eletrogéneo aberto

Um grupo canopiado, como é mostrado na Figura 46, é um sistema envolvido numa estrutura metálica oferecendo assim melhor proteção às condições climatéricas, podendo também garantir insonorização, através de tratamento acústico no interior (lã de rocha ou espuma) e dotado de um sistema de escape silencioso.



1	Anel de elevação	6	Motor	11	Chassis
2	Filtro de ar	7	Grelha de protecção das partes rotativas	12	Placa de identificação
3	Alternador	8	Escape	13	Disjuntor
4	Pinos amortecedores	9	Radiador	14	Consola
5	Bateria de arranque	10	Tampa de protecção	15	Bloco de comando

Figura 46 – Constituição de um grupo eletrogéneo canopiado

3.2.2. ALTERNADOR

O alternador é o elemento gerador capaz de produzir corrente alternada. Os geradores são máquinas destinadas a converter energia mecânica em energia elétrica. A transformação de energia nos geradores é fundamentada através do princípio físico conhecido como Lei de

Lenz [28]. Esta lei afirma que “quando existe indução magnética, a direção da força eletromotriz é tal, que o campo magnético dela resultante tende a parar o movimento que produz a força eletromotriz”.

3.2.2.1. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

Os alternadores pertencem à categoria das máquinas síncronas, isto é, máquinas cuja rotação é diretamente relacionada ao número de polos magnéticos e a frequência da força eletromotriz. Não há, basicamente, diferenças construtivas entre um alternador e um motor síncrono, podendo um substituir o outro sem prejuízo de desempenho. Assim, um alternador quando tem seu eixo acionado por um motor, produz energia elétrica nos terminais e, ao contrário, recebendo energia elétrica nos seus terminais, produz energia mecânica no extremo do eixo, com o mesmo rendimento.

Mecanicamente, o alternador é constituído por duas partes principais: uma fixa, que é a carcaça, onde se encontram os pés de fixação, e a outra móvel (girante). A parte fixa chamamos estator e a parte móvel chamamos rotor.

Eletricamente, também, são duas partes principais. Uma delas é responsável pelo campo magnético, onde estão localizados os polos do alternador, que se chama de campo (ou indutor). A outra parte é onde aparece a força eletromotriz, a qual se chama de induzido. Pode-se observar os constituintes de um alternador na Figura 47.



Figura 47 – Estator e tampa com bobinas de campo da excitatriz; Rotor com ventilador, induzido da excitatriz e ponte retificadora [28]

O posicionamento do campo e do induzido dão origem a dois tipos de máquinas diferentes. Quando o campo está localizado no estator, temos o que chamamos de máquina de polos fixos (ou de polos externos) e, ao contrário, quando o campo se encontra no rotor, temos o que chamamos de máquina de polos girantes (ou de polos internos). As máquinas de polos

fixos são pouco utilizadas devido ao inconveniente da necessidade de escovas para retirar a energia gerada. As máquinas de polos girantes são as mais utilizadas por permitirem a retirada da energia diretamente dos terminais das bobinas.

3.2.2.2. NÚMERO DE FASES

Pode-se ainda distinguir os alternadores segundo o número de fases, que, no caso presente, são:

Alternadores monofásicos: São aqueles que possuem as bobinas do enrolamento induzido de tal forma que a tensão de saída é obtida em dois pontos terminais.

Alternadores trifásicos: Possuem três grupos independentes de bobinas, montadas desfasadas em 120° entre si, sendo ligadas de tal maneira que podemos ter três ou quatro opções de ligação.

3.2.2.3. FREQUÊNCIA

Como dissemos anteriormente, o alternador é uma máquina síncrona e que sua velocidade de rotação e frequência estão relacionadas com o número de polos.

$$f = \frac{N \cdot N_p}{120} \quad (1)$$

Sendo f = frequência (em Hz); N = velocidade de rotação (em rpm) e N_p = Número de polos.

Assim, um alternador de 50 Hz que trabalha a 1500 rpm tem:

$$50 = \frac{1500 \cdot N_p}{120} \Leftrightarrow N_p = 4 \text{ polos} \quad (2)$$

Analogamente, um alternador de 6 polos, para gerar tensão em 60 Hz, precisa girar a:

$$60 = \frac{N \cdot 6}{120} \Leftrightarrow N = 1200 \text{ rpm} \quad (3)$$

3.2.2.4. EXCITAÇÃO

Como visto anteriormente, para induzir a força eletromotriz necessitamos de um circuito magnético – o campo do alternador.

Para manter constante a tensão de saída do alternador, é necessário regular o sistema de excitação, pois é a intensidade do campo magnético quem determina este valor. Portanto, necessitamos de um regulador de tensão, que é o elemento capaz de “sentir” as variações de tensão de saída do alternador e atuar diretamente na excitatriz para que esta aumente ou diminua o fluxo de corrente no campo magnético, mantendo constante a tensão para qualquer solicitação de carga.

Quanto à forma construtiva, existem duas configurações básicas para o sistema de excitação do alternador; excitação dinâmica e excitação estática. O primeiro, a excitação dinâmica, é montado no próprio eixo do alternador. O segundo, a excitação estática, é constituído por um retificador de corrente que utiliza a própria energia gerada pelo alternador para alimentar o campo com corrente retificada. Um circuito eletrônico acoplado ao retificador faz a função de regulador de tensão, abrindo ou fechando o “gate” de um tiristor.

EXCITAÇÃO ESTÁTICA:

No sistema de excitação estática, ilustrado na Figura 48, a corrente que alimenta o campo do alternador é retificada e controlada por uma excitatriz eletrônica. A condução da corrente se faz por meio de um par de anéis com escovas montado no eixo do alternador. Como utiliza a tensão gerada pelo alternador, necessita de um mínimo de tensão inicial, gerada pelo magnetismo remanente do alternador durante a partida, para iniciar o processo de retificação e alimentação do campo. Este processo de início de geração é denominado escorva do alternador.

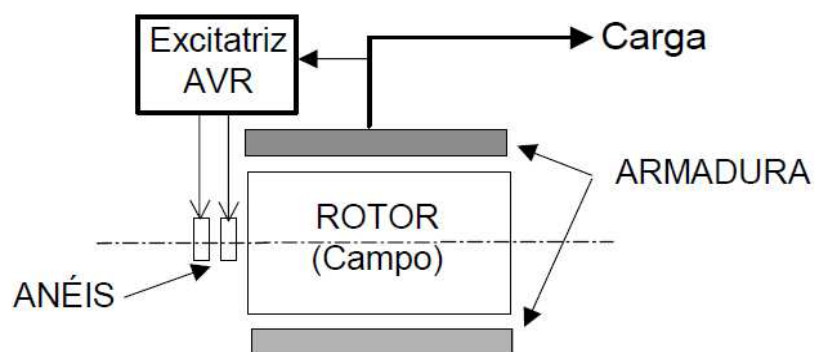


Figura 48 – Sistema de excitação estática [28]

O sistema de excitação estática tem resposta de regulação mais rápida do que o sistema de excitação dinâmica, uma vez que o regulador atua diretamente no campo do alternador, o que lhe proporciona maior capacidade de partir motores elétricos de indução. Entretanto, como o fluxo de corrente é controlado por pulsos dos tirístores, introduz deformações na forma de onda da tensão gerada, o que o torna contraindicado para alternadores que alimentam equipamentos sensíveis.

EXCITAÇÃO BRUSHLESS:

No sistema de excitação dinâmica utiliza-se um gerador de corrente contínua, montado no próprio eixo do alternador. O campo deste gerador é alimentado por um regulador externo que, modernamente, é eletrônico semelhante ao empregado na excitação estática. Nos alternadores antigos este gerador de corrente contínua era um dínamo, com escovas e coletor de lâminas de cobre. Atualmente utiliza-se um pequeno alternador de polos fixos, cuja corrente alternada gerada no induzido rotativo é retificada por uma ponte retificadora de onda completa, também girante, que transfere a corrente retificada diretamente ao campo do alternador, sem a necessidade de escovas. Este sistema é denominado “*Brushless*” e pode ser observado na Figura 49.

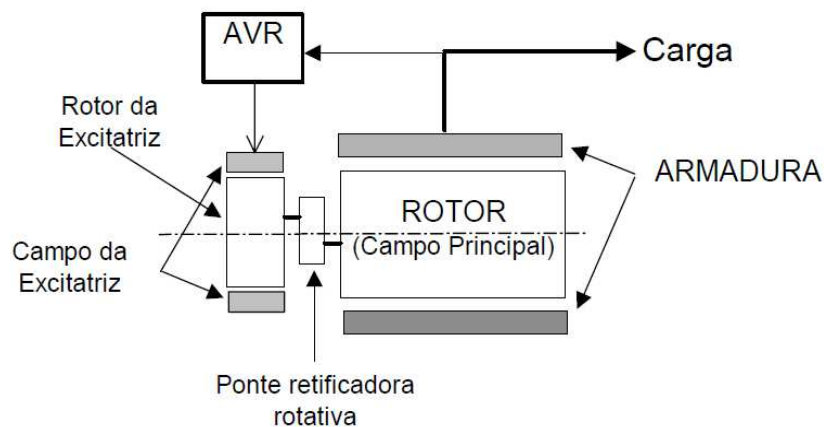


Figura 49 – Sistema de excitação *brushless* [28]

EXCITAÇÃO POR ÍMAN PERMANENTE:

Sistema de excitação por magneto (ou imã) permanente, também conhecido por excitação PMG, abreviatura da denominação em inglês de *Permanent Magnet Generator*. Trata-se de um sistema de excitação onde uma excitatriz auxiliar, constituída por um campo magnético

constante produzido por uma peça magnetizada antes da montagem, a qual funciona como indutor girando no interior de um enrolamento fixo, este trabalhando como induzido. Esquemáticamente, tal sistema pode-se representar como na Figura 50.

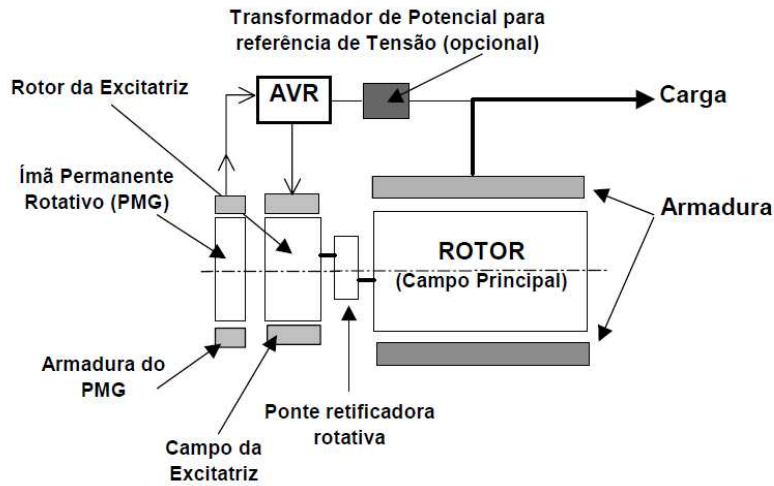


Figura 50 – Sistema de excitação através de ímã permanente [28]

Neste tipo de alternador, a energia fornecida ao campo da excitatriz (campo fixo) é proveniente do PMG e independe da energia fornecida à carga. Constitui-se, portanto, num sistema de excitação independente. Os valores de tensão nos terminais do alternador que alimentam a carga, são usados apenas como referência, opcionalmente através de um transformador de potencial, podendo ser monitorados em duas ou três fases, também opcionalmente, em função do projeto adotado pelo fabricante.

O regulador automático de tensão (identificado acima como AVR – abreviatura de *Automatic Voltage Regulator*) difere do regulador de tensão utilizado num alternador convencional, auto-excitado, na medida em que não supre o campo da excitatriz com a mesma energia que alimenta os consumidores. Isto é particularmente vantajoso nas aplicações onde o alternador aciona grandes motores elétricos porque possibilita a manutenção de valores elevados de corrente durante a partida destes motores, sem as grandes quedas de tensão que se verificam nos alternadores que não utilizam excitação independente. Também oferecem melhor desempenho do alternador quando alimentando cargas não lineares, tais como motores de corrente contínua alimentados por tirístores, motores de corrente alternada com chaves de partida “*Soft Start*” ou sistemas UPS (*Uninterruptible*

Power Supply) também conhecidos como “*No Breaks*” estáticos. É a opção desejável para todos os casos onde se requer melhor qualidade da energia gerada.

O regulador de tensão (AVR) compara a tensão de saída do alternador com o padrão ajustado no potenciômetro de ajuste de tensão e efetua as correções atuando no campo da excitatriz.

3.2.2.5. ACOPLAMENTO

A ligação entre os eixos do alternador e do motor Diesel se faz por meio de um acoplamento elástico capaz de absorver pequenos desalinhamentos radiais e axiais, bem como as vibrações provenientes das variações de carga. O alinhamento dos centros dos eixos é essencial para o bom funcionamento do equipamento, na medida em que não introduza vibrações e desgaste prematuro dos rolamentos do alternador e dos mancais do motor Diesel. Existem muitos tipos de acoplamentos disponíveis no mercado destinados à montagem de alternadores em motores Diesel. Na Figura 51 podemos observar dois tipos de acoplamentos. O mais frequentemente encontrado é o tipo Elco [28], por ser de menor custo e montagem simples, é constituído por 6, 8 ou 12 mangas de borracha sobre pinos de aço instalados numa das metades do acoplamento, que se encaixam em furos existentes na segunda metade. Também existe a solução de acoplamento elástico que permite boa absorção das irregularidades de montagem, nivelando grandes diferenças de alinhamento radial, axial e angular e são isentos de manutenção.

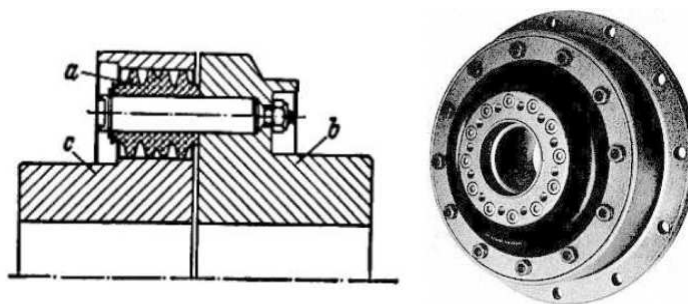


Figura 51 – Acoplamento ELCO e elástico [28]

3.2.2.6. LIMITAÇÕES

O que limita a potência do alternador é a temperatura alcançada pelo enrolamento do induzido. Por isso, são máquinas que sofrem perdas por aquecimento, que pode resultar da temperatura ambiente ou da altitude. Os alternadores de linha normal de produção são fabricados para operar com temperatura ambiente máxima de 40°C e altitude de 1.000 m

acima do nível do mar. Para serviço em condições mais adversas, é necessário corrigir para menos a potência do alternador.

3.2.3. COMPONENTES DE CONTROLO

Os grupos Diesel/geradores trabalham em modo automático, sem qualquer supervisão constante, fornecendo energia elétrica aos consumidores e automaticamente corrigindo a tensão e a frequência fornecidas. A pressão do óleo lubrificante, a temperatura da água de refrigeração sendo reguladas pelas válvulas reguladora de pressão e termostática, como visto anteriormente. Se ocorrer uma deficiência de funcionamento nos sistemas de lubrificação ou de refrigeração, o motor Diesel poderá sofrer sérias avarias antes que seja possível uma intervenção do operador. Para prevenir estas falhas, os motores Diesel para aplicação em grupos geradores são dotados de sistemas de proteção, que, dependendo das especificações do cliente, incluem:

3.2.3.1. SENSOR DE PRESSÃO DO ÓLEO LUBRIFICANTE

Tem a finalidade de fazer desligar o motor Diesel quando a pressão do óleo lubrificante cai abaixo de um valor predeterminado. Em algumas aplicações, utilizam-se dois pressostatos (ou sensores de pressão) sendo um para alarme, quando a pressão do óleo atinge determinado valor e o outro para desligar o motor imediatamente

3.2.3.2. TERMOSTATO PARA A ÁGUA DE REFRIGERAÇÃO

Com função idêntica à acima, também, em algumas aplicações, são utilizados dois sensores, para atuarem quando a temperatura do meio refrigerante ultrapassa valores predeterminados;

3.2.3.3. SENSOR DE SOBREVELOCIDADE

Este serve para desligar o motor Diesel quando a velocidade de rotação ultrapassa valores predeterminados (geralmente 20% acima da rotação nominal). Em algumas aplicações, onde há o risco de aspiração de gases inflamáveis, o sensor de sobrevelocidade é interligado a um dispositivo de corte do ar de admissão, para parar o motor por abafamento, além do corte de combustível.

3.2.3.4. SENSOR DE NÍVEL DO LÍQUIDO DE REFRIGERAÇÃO

Na maioria dos casos, este sensor é utilizado para acionar um dispositivo de alarme, indicando a necessidade de completar o nível do sistema de refrigeração.

3.2.3.5. RELÉ TAQUIMÉTRICO

Este relé tem a finalidade de desligar o motor de arranque quando a rotação do motor Diesel ultrapassa determinado valor, em geral 500 rpm. Em muitos casos, esta função é também inerente ao sensor de sobrevelocidade, quando este permite o controle de mais que uma faixa de operação. Este dispositivo impede acionar o motor de partida com o motor funcionando.

3.2.3.6. SENSOR DE RUTURA DA CORREIA

Em algumas aplicações, é exigido que o motor Diesel seja parado antes da temperatura da água se elevar, no caso de rutura da correia da bomba d'água.

3.2.3.7. SENSOR DE FREQUÊNCIA

Este sensor pode ser utilizado para supervisionar tanto a frequência do grupo gerador quanto da rede local. Nos grupos geradores equipados com sistema de arranque automático comanda o desligamento da rede local e aciona o arranque automático do grupo gerador, ou vice-versa.

3.2.3.8. PAINEL LOCAL DE INSTRUMENTOS

Este painel é utilizado para avaliar a performance do motor Diesel, dotado de manômetro para o óleo lubrificante, termômetro para o sistema de refrigeração, chave de ignição, comando manual para desligar o sistema, indicador de carga de bateria e outros instrumentos tais como voltímetro e amperímetro para a bateria, tacômetro e termômetro para o óleo lubrificante, conforme o caso, é instalado junto ao motor Diesel.

3.2.3.9. QUADRO DE COMANDO

Este quadro elétrico abriga os componentes afetos ao alternador, rede local e às cargas, conforme o caso. Normalmente é dotado de disjuntores para a entrada dos cabos provenientes do alternador, voltímetro, frequencímetro, amperímetros, regulador automático de tensão do alternador e demais componentes elétricos, tais como arranque automático, sensores de tensão e frequência, inversores de carga automáticos, interface para comunicação e transmissão de dados, carregador/flutuador de baterias, voltímetro e amperímetro do sistema de excitação ou outros instrumentos, conforme requerido para a aplicação.

4. SISTEMA ELÉTRICO DE ENERGIA ANGOLANO

4.1. ASPETOS GERAIS

A energia assume-se como um serviço que propicia o desenvolvimento de qualquer país, devido ao facto da indústria estar fortemente dependente dela e de contribuir para o melhoramento do bem-estar da população. Angola, segundo a evolução do produto interno bruto, como ilustra a Figura 52, demonstra uma maior evolução a partir de 2014, denotando-se maior investimento e maior atividade económica. Nestes investimentos encontra-se incluindo o sistema elétrico do país, que sofreu aperfeiçoamentos. Para tal, o estado Angolano através de um programa de transformação pretende o melhoramento das suas infraestruturas e serviços de fornecimentos elétrico, cujo objetivo é a satisfação das necessidades do país a nível industrial e social.

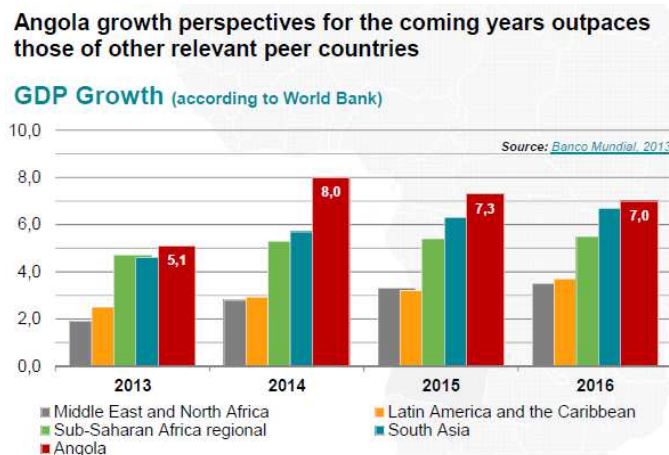


Figura 52 – Evolução do produto interno bruto de Angola nos últimos anos [29]

4.2. EVOLUÇÃO LEGISLATIVA E REGULAMENTAR

O Programa de Transformação do sector Elétrico (PTSE) foi criado em 12 de Outubro de 2012, com objetivo de impulsionar a melhoria operacional de toda a cadeia de valor, por forma a obter a melhoria progressiva da eficiência de cada uma das novas empresa e a desenvolver/fortalecer as competências necessárias dos trabalhadores do sector elétrico angolano. A Figura 53 representa o logótipo do programa e o seu lema e objetivos.

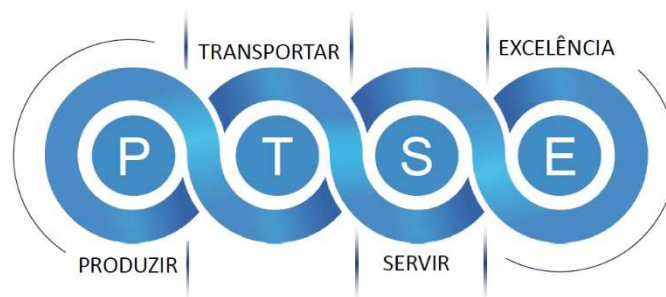


Figura 53 – Logótipo do programa de transformação do setor [30]

O Decreto Presidencial nº 256/11 define um conjunto ambicioso de objetivos para o setor elétrico, conforme ilustra a Figura 54:

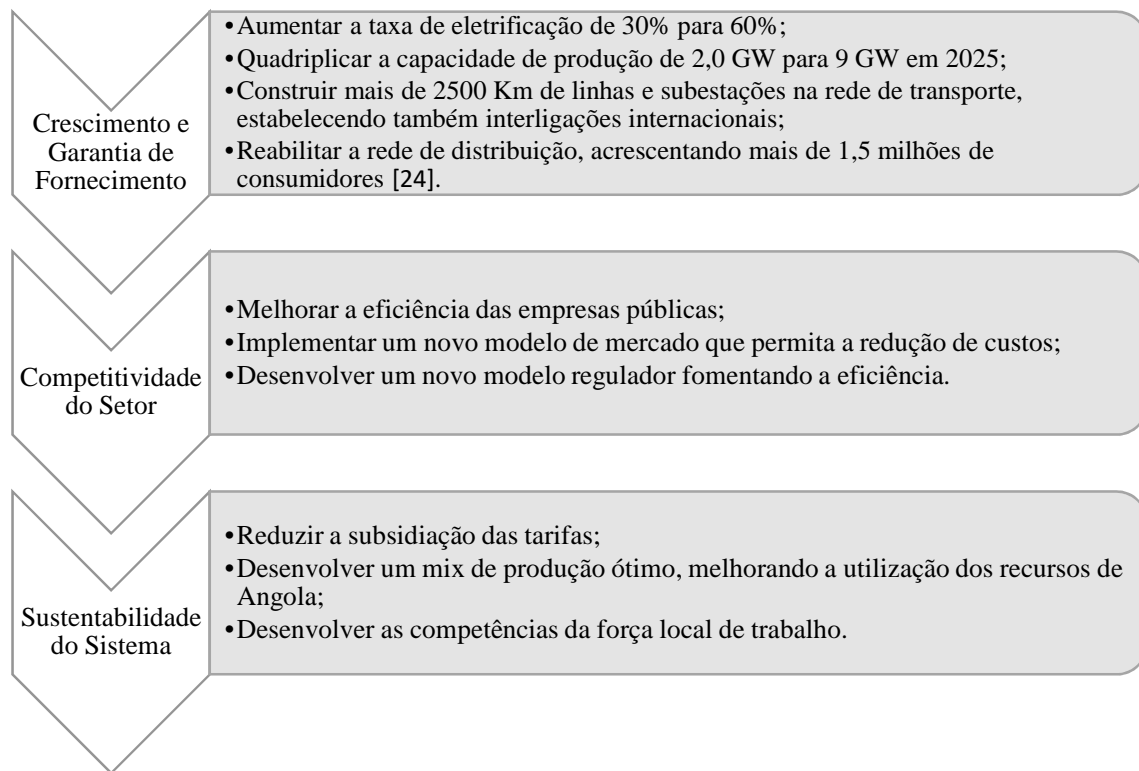


Figura 54 – Objetivos para o sistema elétrico Angolano

Para atingir com sucesso estas metas mencionadas anteriormente é necessário um grande investimento em ativos de produção em infraestruturas de redes de transporte e distribuição de eletricidade. Mas, para além deste investimento em infraestruturas, o Ministério da Energia e Águas (MINEA) estabeleceu outro conjunto de iniciativas que permitem a reestruturação progressiva e o desenvolvimento organizado do sector, criando o PTSE.

Conforme apresenta a Figura 55, este programa em linhas gerais pretende:

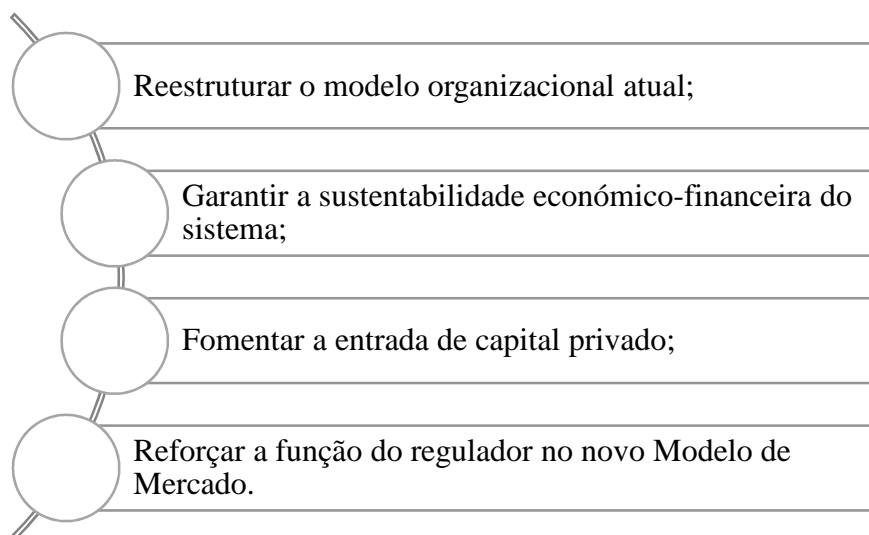


Figura 55 – Metas a atingir através do Programa de Transformação

A 20 de Novembro de 2014 foi publicado o Decreto Presidencial nº305/14 com o objetivo de reestruturar as empresas que apoiam e exploram o Setor elétrico. Este decreto extingue a Empresa Nacional de Eletricidade (ENE-EPE) e criou três novas empresas, aprovando os respetivos estatutos orgânicos, nomeadamente: a Empresa Pública de Produção de Eletricidade (PRODEL-EP), a Empresa Rede Nacional de Transporte de Eletricidade (RNT-EP) e a Empresa Nacional de Distribuição de Eletricidade (ENDE-EP) [30].

O Património da PRODEL, que desenvolve a sua atividade em todo o território nacional, resulta da fusão dos ativos da unidade de negócio da extinta ENE e do Aproveitamento Hidroelétrico de Capanda, do Gabinete de Aproveitamento do Médio Kwanza (GAMEK).

A Figura 56 identifica as entidades que foram extintas e foram criadas após o Programa de Transformação do Setor Elétrico Angolano.

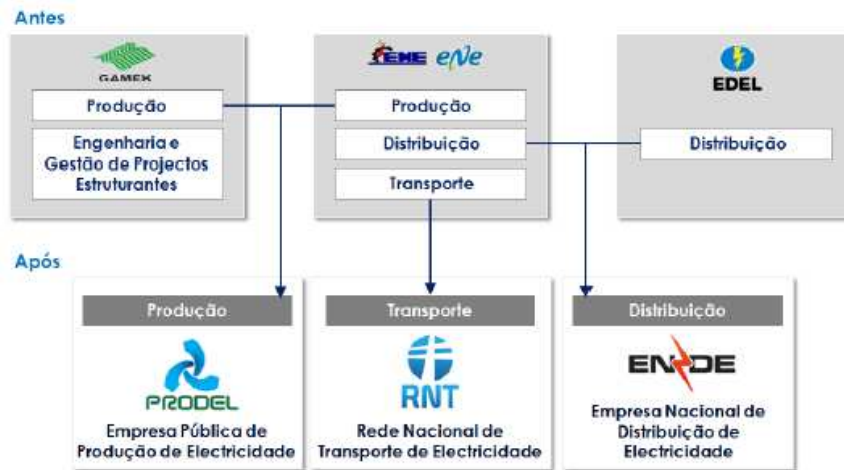


Figura 56 – Organograma das empresas do setor antes e depois do Programa de transformação [30]

O Programa está dividido em várias fases, das quais, as Fases I e II já estão concluídas tendo sido aprovadas estruturas organizacionais das novas empresas e processos de segregação contabilística, alocação de RH, dimensionamento das organizações, equidade salarial [30], plano de transição, plano de sistemas, desenvolvimento de capacidades e gestão da mudança.

A Figura 57 descreve as metas e períodos de conclusão das diferentes fases do projeto.

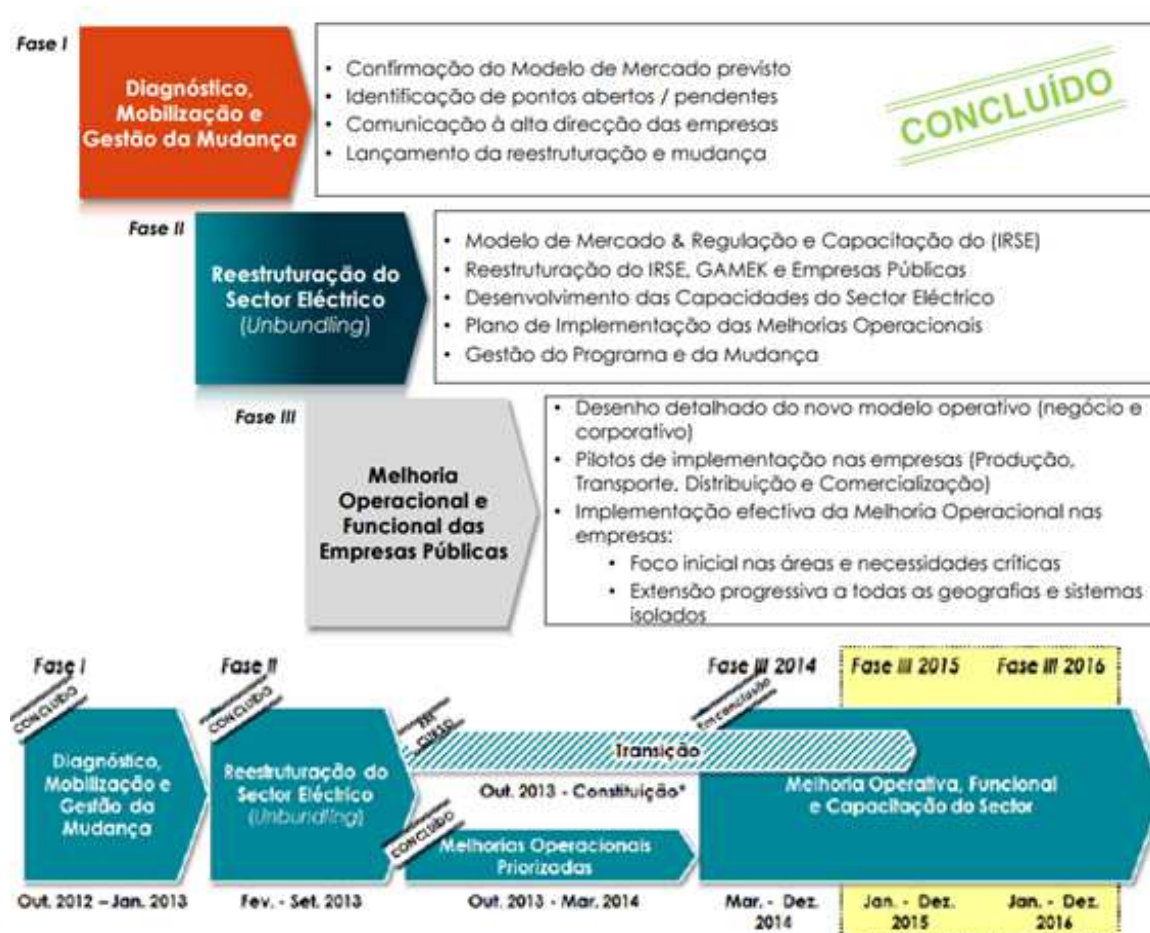


Figura 57 – Descrição das fases do programa e respetivas datas de ação [30]

As metas finais pretendem ser seguidas conforme ilustram os seguintes gráficos (ver Figura 58). Ou seja, quadruplicar a capacidade de produção de energia, garantir a segurança e qualidade do fornecimento de energia elétrica. Também é esperado um significativo investimento a nível do transporte de energia, de modo a interligar os três sistemas e novos pontos de produção [29]. Por fim e também de grande importância, terá como o alvo o número de clientes, de modo a conseguir que a distribuição de energia elétrica se expanda e com isso obter maior número de consumidores finais.



Figura 58 – Metas do programa ao longo dos anos [29]

4.3. PRINCIPAIS ENTIDADES NO SETOR

4.3.1. MINEA

O Ministério da Energia e Águas [31] é a principal entidade governamental com poderes de decisão no sector da eletricidade. A sua Direção Nacional de Energia (DNE) é responsável pelo planeamento, coordenação e supervisão da produção, assim como pelo transporte e distribuição de energia. O Ministério das Finanças fixa as tarifas e subsídios aplicáveis.

4.3.2. IRSE

O Instituto Regulador do Sector Eléctrico [31], entidade reguladora do Sector Eléctrico, tem por objetivo a regulação das atividades de produção, transporte, distribuição e comercialização de energia eléctrica no SEP (Sistema Eléctrico Público), a regulação do relacionamento comercial entre estes sistema e os agentes que não lhe estejam vinculados, bem como o exercício de funções ligadas à composição de interesses dos diferentes intervenientes nas atividades do sector eléctrico.

4.3.3. PRODEL

A Empresa Pública de Produção de eletricidade tem por objeto social a produção de energia eléctrica no âmbito do SEP, nos termos e condições das respetivas concessões ou licenças.

Esta empresa surge na combinação de recursos humanos provenientes das empresas extintas ENE e GAMEK [31], constituída por 2406 colaboradores.

4.3.4. RNT

A Rede Nacional de Transporte de Eletricidade [31] tem como objetivo principal o transporte de energia elétrica através da exploração da RNT (Rede Nacional de Transporte), que compreende a rede de Muito Alta Tensão (MAT), a rede de interligação, as instalações de despacho nacional e os bens e direitos conexos, em paralelo com a função de operador de mercado (comprador único), nos termos da concessão da lei geral da eletricidade e seus regulamentos.

Esta empresa surge através de recursos humanos provenientes da empresa extinta ENE, constituída por 732 colaboradores.

4.3.5. ENDE

A Empresa Nacional de Distribuição de Eletricidade tem por objeto principal a distribuição e comercialização de energia elétrica a nível nacional [31], no âmbito do SEP, através da exploração das infraestruturas das redes de distribuição (AT, MT, BT) em Alta, Média e Baixa Tensão, em regime de serviços públicos nos termos da Lei Geral de Eletricidade e seus Regulamentos.

Esta empresa surge na combinação de recursos humanos provenientes das empresas extintas ENE e EDEL, constituída por 4341 colaboradores. A ENDE serve cerca de 1.600.000 de clientes em Angola.

4.3.6. INRH

O Instituto Nacional de Recursos Hídricos tem como missão assegurar a execução da política nacional de recursos hídricos [31], em matérias relativas ao planeamento e gestão integrada destes, seu uso, preservação, proteção, supervisão e controlo.

A esta entidade atribuíram-se as seguintes funções:

- Promover a inventariação, classificação e registo do Domínio Público Hídrico, nomeadamente dos cursos de água, lagos, lagoas, pântanos, nascentes, albufeiras, zonas estuarinas e outros corpos de água, tendo como base os Planos Gerais de Desenvolvimento e Utilização de cada Bacia Hidrográfica;

- Licenciar, nos termos da legislação em vigor, as atividades relativas a utilização dos recursos hídricos, incluindo os empreendimentos hidráulicos, públicos e privados;
- Fiscalizar as utilizações dos recursos hídricos e proceder em conformidade com os resultados da prática inspetiva.

4.4. PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Os modos de produção de energia elétrica em Angola provêm da tecnologia hídrica e térmica. Na Figura 59 encontram-se ilustrados dois exemplos de centrais localizadas em Angola, estas são: a central térmica de Cassaque, com uma potência instalada de 25 MW; e a central hidroelétrica de Capanda, construída em 2005 e que conta com uma capacidade instalada de 520 MW.



Figura 59 – Central de Cassaque e Barragem de Capanda, construída em 2005 com uma capacidade instalada de 520 MW [32]

Existe maior capacidade térmica instalada em relação à hídrica, no entanto é produzida mais energia através de barragens (ver Figura 60).

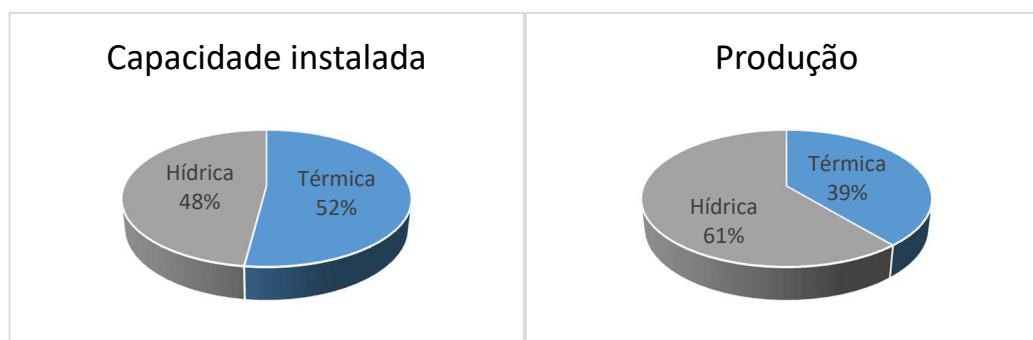


Figura 60 – Relação entre capacidade instalada e produção de energia elétrica *Fonte: ENE, 2013*

É notada a frequente utilização de grupos geradores alugados de modo a socorrer a procura de energia, de forma a estabilizar a rede de fornecimento de energia elétrica. Por vezes estes

são implementados devido a intervenções de melhoria em certas centrais produtoras, como o aumento de potência (adição de grupos geradores ou melhoria de barragens) ou manutenção de equipamentos em caso de avarias.

A maioria das indústrias e alguns dos consumidores domésticos têm os seus próprios geradores de recurso para compensar as frequentes interrupções de abastecimento da rede, o que cria, na prática, custos bastante elevados para muitos consumidores, não obstante as tarifas serem baixas.

Quase todos os sistemas isolados e de recurso funcionam com gasóleo. As redes rodoviárias e ferroviárias são muito deficientes, pelo que dificultam o fornecimento de combustível aos sistemas isolados. [33]

“Eletricidade: Angola poderia construir 150 barragens hidroelétricas!
A energia hidroelétrica representa cerca de dois terços da eletricidade angolana. O outro terço corresponde à energia produzida por geradores a diesel, designadamente os que são geridos pelas autoridades provinciais e locais e os geradores particulares. Estima-se que em certas cidades, como por exemplo o Lubango, os geradores domésticos possam corresponder a mais de 50% da capacidade instalada de geração de eletricidade [...] Angola dispõe de apenas 5 barragens hidroelétricas de grande dimensão, para além de outras tantas de menor dimensão. Mas um estudo recente do Banco Mundial afirma que o país poderia construir 150 barragens, excluindo as mini ou micro hidroelétricas.” [In “Energy in Angola: Beyond petroleum”] [34]

4.5. REDE DE TRANSPORTE

O transporte de energia elétrica em Angola, tal como as fontes de produção encontram-se em evolução. Os níveis de tensão para transporte de energia elétrica variam entre os 60 e os 400 KV. Este é feito ao longo de 2850 km de cabos de alta tensão, sendo o sistema constituído por 36 subestações [35].

A prioridade do Governo Angolano parece ser a completa integração dos três sistemas (Norte, Centro e Sul) de produção e distribuição de eletricidade existente no país, ou seja,

interligar os três sistemas, de maneira a aproveitar a sobrecarga existente a norte do país e conseguir escoar para os restantes sistemas que carecem de energia [34].

4.5.1. SISTEMA ELÉTRICO NORTE

O sistema Norte é o mais desenvolvido dos três sistemas. É aquele que sustenta a capital, Luanda, que é responsável por mais de 65% do consumo nacional.

Em termos de produção, o sistema norte é o que possui mais capacidade instalada e o que beneficia de maior produção hídrica e térmica. Esta zona beneficia de quatro pontos hídricos (Lauca, Cambambe, Mabubas e Capanda) capazes de produzir cerca de 3500 MW. Em centrais térmicas dispõe de mais alguma potência, cerca de 1000 MW, centrais como Soyo, Cazenga, Viana, etc. Na Figura 61 está representado o sistema elétrico da zona norte de Angola.

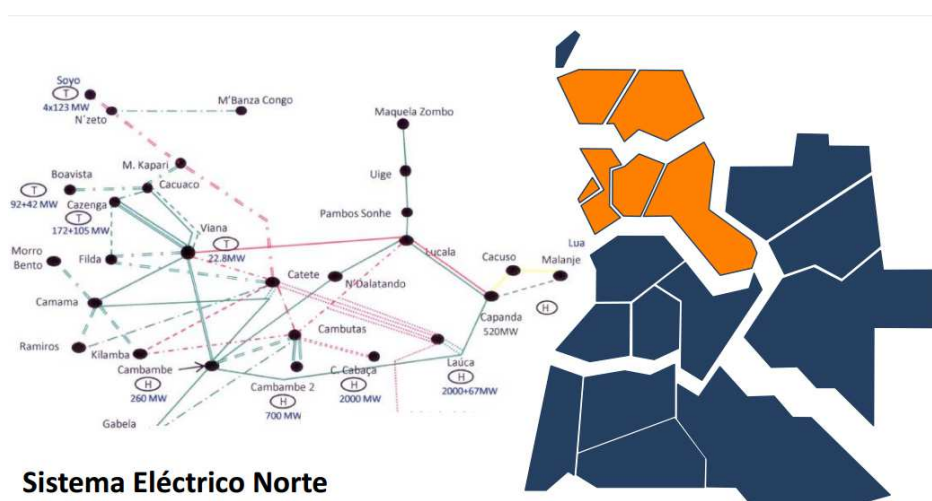


Figura 61 – Sistema Elétrico Norte [36]

Relativamente ao transporte, o nível máximo de transmissão encontra-se neste sistema, linha de 400kV, uma vez que este dispõe de maior capacidade produtora e que exige maior resposta perante os consumidores.

4.5.2. SISTEMA ELÉTRICO CENTRO

O Sistema Elétrico da zona centro é composto por 7 unidades de produção: Biópio, Cavaco, Benguela Centro, Benguela Norte, Catumbela, Lobito e Kileva. De acordo com a pesquisa a potência instalada nestes centros de produção ronda os 427 MVA.

O nível máximo de tensão para transporte é de 220 kV, embora predomine os níveis de 20 e 30 kV. Na Figura 62 encontra-se representado o sistema elétrico da zona centro.



Figura 62 – Sistema Eléctrico Centro [36]

4.5.3. SISTEMA ELÉTRICO SUL

O Sistema Eléctrico da zona sul é composto por 6 unidades de produção: Namibe (eólica e térmica), Baynes, Matala, Jamba-Ya-Oma e Lubango. De acordo com a pesquisa estes centros de produção poderão produzir cerca de 621 MW.

Na Figura 63 encontra-se representado o sistema elétrico da zona sul.

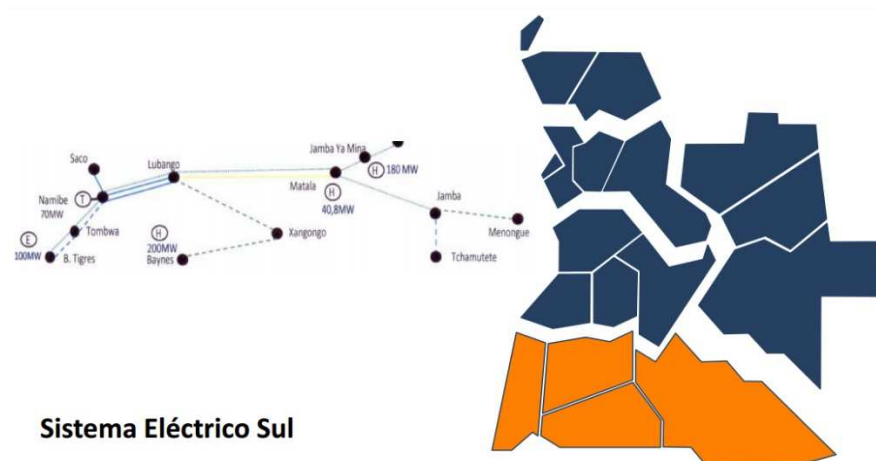


Figura 63 – Sistema Eléctrico Sul [36]

4.5.4. FUTURO DO SISTEMA ELÉTRICO

Até 2017 serão feitas alterações e melhoramentos ao longo da rede elétrica Angolana, em termos de produção, transporte e distribuição de energia elétrica. A Figura 64 mostra a evolução pretendida perante o Estado de Angola.

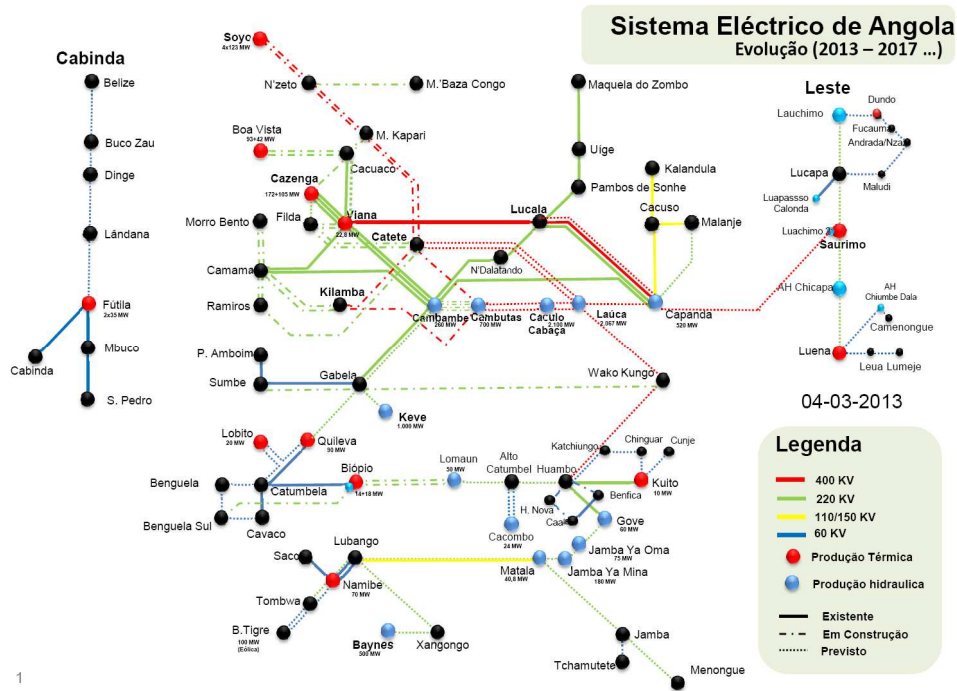


Figura 64 – Evolução pretendida da rede elétrica Angolana até 2017 [37]

4.6. CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Embora o sistema elétrico divida geograficamente Angola em três zonas (zona norte, zona centro e zona sul), o seguinte estudo divide em cinco agrupamentos (ver Figura 65) de maneira a explicar pormenorizadamente o fornecimento e capacidade da energia elétrica. Angola tem cerca de 20.069.400 habitantes, uma área disponível de 1.246.600 km², o que equivale a 16 habitantes por km² e em termos de potência disponível recaem 44 W para cada habitante. Pode-se verificar na Tabela 15 a potência produzida em cada agrupamento [36].

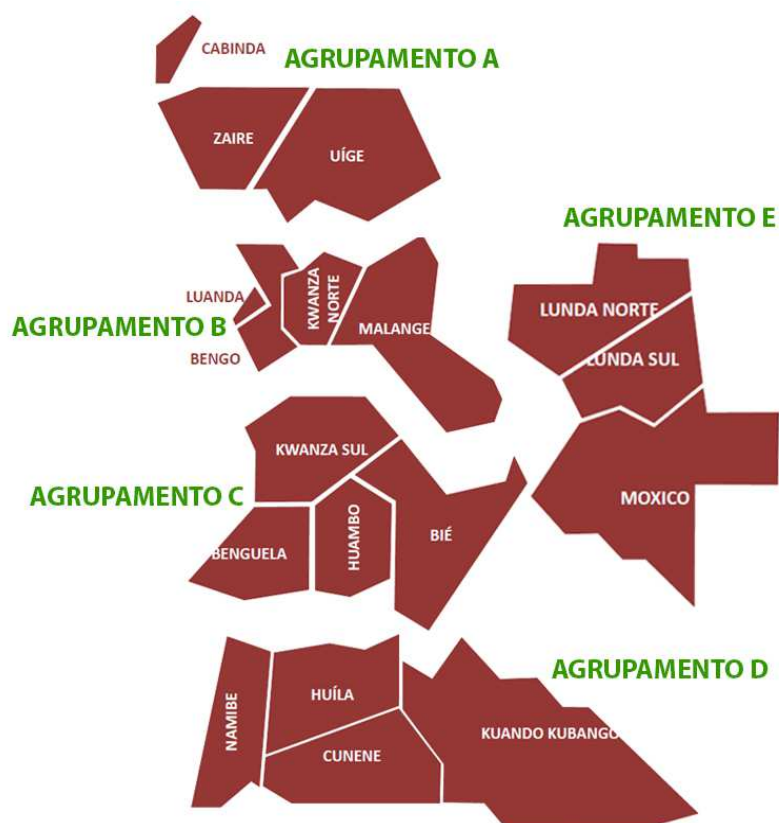


Figura 65 – Território Angolano dividido em agrupamentos [36]

Tabela 15 – Descrição dos agrupamentos em relação a área, número de habitantes e potência produzida no local [36]

	Nº habitantes	Área (km ²)	Potência Produzida (MW)			
			2013	2015	2017	2017+
Agrupamento A	1 397 100	106 098	70	500	750	1700
Agrupamento B	7 334 200	145 145	700	1080	1880	5596
Agrupamento C	6 106 900	192 036	37	45	872	8292
Agrupamento D	3 508 800	420 530	60	100	405	970
Agrupamento E	1 722 400	382 791	10	38	38	49

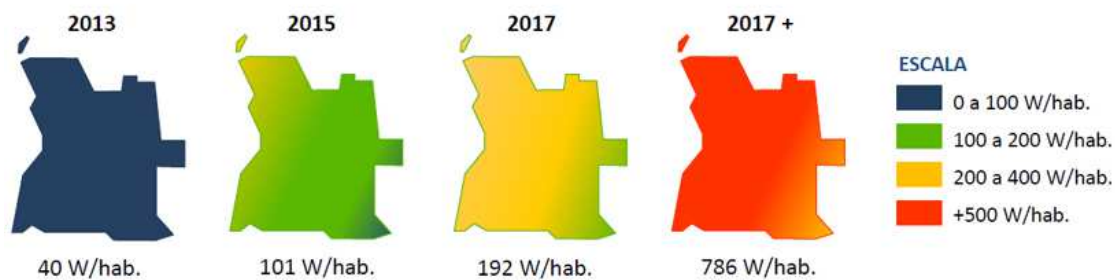


Figura 66 – Cobertura de eletricidade esperada ao longo do programa de transformação [36]

Na Figura 66 pode-se verificar que o grande objetivo será servir e maximizar a produção de energia elétrica no país inteiro, não centrando a energia num só local, uniformizando o abastecimento de energia por todo o território. A média de potência que recai num habitante em 2017 para a frente já será maior, sendo um valor mais aceitável. Isto será possível conseguindo maximizar a produção de energia através de aproveitamentos da bacia hidrográfica de Angola, reabilitando as centrais que se encontram com avarias e, mais importante, interligando os sistemas Norte, Centro e Sul. [36]

4.7. PRINCIPAIS DIFICULDADES NO SETOR ELÉTRICO

O sistema elétrico Angolano tem vindo a sofrer alterações de modo a alcançar o menor número de obstáculos na exploração e fornecimento de energia elétrica aos consumidores. Perante a pesquisa efetuada foram detetadas as seguintes complicações:

- Regulação de tensão;
- Sobretensões em caso de disparo;
- Maiores dificuldades de reposição de serviço;
- Inexistência de interligações de sistemas elétricos;
- Instabilidade do Sistema;
- Cartografia desatualizada;
- Falta de Diagramas de carga em tempo real;

- Dificuldades no acesso a licenciamentos das instalações de produção, transporte, distribuição e utilização;
- Os mecanismos de automatização são insuficientes e afetam a qualidade e a eficiência nas tomadas de decisão.
- Escassez de valências: escassa mão-de-obra qualificada, não permitindo satisfazer as necessidades do setor;
- Dependência de capital público.

5. ESTUDO DE CASOS

5.1. ASPETOS GERAIS

Neste capítulo apresentam-se dois estudos de caso de análise técnico/económica de soluções de para a alimentação de energia eléctrica destinadas ade centralidades em Angola.

Atendendo à falta de rede pública ou à rede existente não possuir capacidade disponível para alimentação das novas centralidades, torna-se necessário proceder à instalação de centros produtores junto das centralidades que garantam o abastecimento às mesmas.

Atendendo à potência necessária para alimentar as centralidades, à prática corrente e às especificações dos donos das obras, serão utilizados centrais de produção suportadas em grupos eletrogéneos.

Devido à inexistência de rede pública ou à falta de capacidade da rede existente para alimentar as centralidades, as centrais projetadas funcionaram como centrais de base, sendo requerido que tenham capacidade para alimentar as referidas centralidades.

A pratica corrente consiste na instalação de centrais de produção com recurso a grupos eletrogéneos, pois, por um lado, são instalações com instalação muito rápida e com elevada fiabilidade e, por outro lado, porque Angola sendo um pais produtor de petróleo, o mesmo tem um custo significativamente baixo, o que permite que os custos de exploração destas instalações sejam comportáveis.

No presente capítulo serão apresentadas todas as diversas etapas de dimensionamento e projeto das centrais de produção baseadas em grupos eletrogéneos.

5.2. CENTRALIDADES

5.2.1. ASPETOS GERAIS

Em Angola, as centralidades são uma componente fundamental dos sistemas urbanos e da sua dinâmica. Com efeito, tanto a aldeia como a grande cidade possuem as suas centralidades, que são elementos essenciais de qualquer aglomerado para a reprodução da vida quotidiana [38].

As centralidades servem potencialmente toda a população residente assim como visitantes, são espaços de acolhimento de múltiplas atividades, marcados por uma forte urbanidade, “salas de visita”, possuindo áreas de influência de dimensão variável, contribuindo para suportar e dar sentido à vida coletiva na cidade [39].

Uma centralidade urbana é genericamente um lugar onde diferentes atividades procuram localizar-se, sobretudo zonas habitacionais, o comércio a retalho e os serviços, sendo que a tensão concorrencial por localizações pode ser considerada o princípio ordenador da geografia interna das cidades [40].

Existem diversos fatores de ordem espacial que explicam a emergência de centralidades urbanas. A diversidade funcional está relacionada com a distribuição do emprego nas aglomerações urbanas e nas grandes cidades. Por sua vez a concentração de postos de trabalho está correlacionada com a densidade populacional e posteriormente o surgimento de locais para esta população se fixar [41].

A Figura 67 representa o ambiente de uma centralidade.



Figura 67 – Representação de uma centralidade

5.2.2. ALIMENTAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Por questões de debilidade da infraestrutura de transporte e distribuição de energia elétrica Angolana, em termos de capacidade e de cobertura territorial, a construção de centros de consumo, exige o reforço das infraestruturas existentes ou a construção de novas infraestruturas. Como o reforço das infraestruturas ou a construção de novas infraestruturas acarretam custos muito elevados, a alimentação destes novos centros de consumo é realizada com recurso a instalações de centrais de produção locais, normalmente com recursos a grupos eletrogéneos, devido à sua rápida e fácil instalação.

A utilização deste tipo de centrais não inviabiliza a futura ligação da rede pública de energia elétrica, pois normalmente a central produtora dispõe de celas de média de tensão que permitem a ligação da rede futuramente. Estes casos podem acontecer aquando a disponibilidade de condições técnicas perante a empresa distribuidora de energia elétrica.

Seguidamente será apresentada toda a metodologia de dimensionamento, projeto, orçamentação das centrais de produção baseadas em grupos eletrogéneos. Será também apresentada uma estimativa de custos de exploração destas instalações.

5.3. PRODUÇÃO DE ENERGIA PARA ABASTECIMENTO DA CENTRALIDADE 1

5.3.1. CARACTERIZAÇÃO DA CENTRALIDADE

Trata-se de uma centralidade de grande dimensão, com uma área de construção de 7,61 km², constituída por edifícios habitacionais, estabelecimentos comerciais/serviços e também espaços destinados a pequenas indústrias.

A centralidade é constituída por:

- 2000 fogos para fins habitacionais, dividindo-se em:
 - 1000 fogos destinados a agregados familiares constituídos por 2 a 4 pessoas, denominados de “habitação tipo 1”;
 - 1000 fogos destinados a agregados familiares constituídos por 4 a 6 pessoas, denominados de “habitação tipo 2”.

- 120 espaços para estabelecimentos destinados a serviços.
 - 60 espaços destinados a pequenas indústrias, 60 espaços com área até 1000 m², denominados de “indústria tipo 1”;
 - 60 espaços com área superior a 1000 m², denominados de “indústria tipo 2”.

A centralidade é ainda constituída por aproximadamente 60 km de vias públicas.

A Figura 68 mostra a planta de implantação da centralidade objeto de estudo.

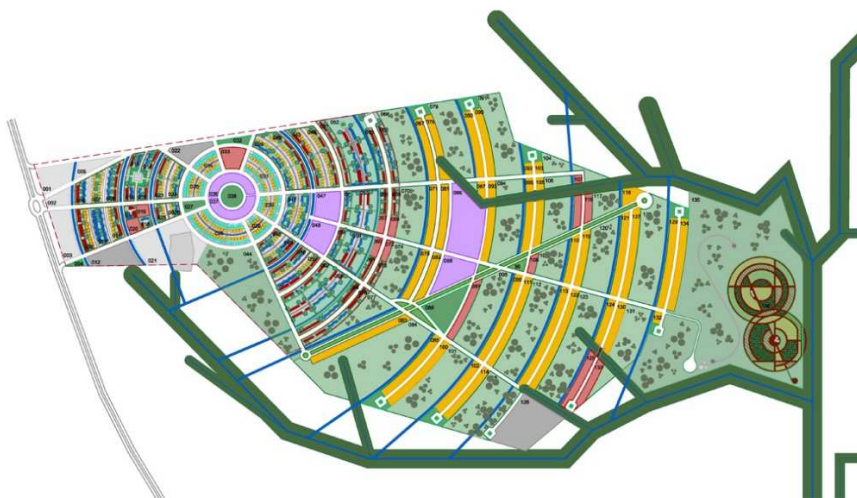


Figura 68 – Planta de implantação da centralidade 1

5.3.2. CARACTERIZAÇÃO DAS INFRAESTRUTURAS PÚBLICAS DE TRANSPORTE E DISTRIBUIÇÃO

Antes de se iniciar o projeto das instalações, torna-se necessário conhecer a infraestrutura elétrica existente e se a mesma possui, ou não, capacidade para abastecer a centralidade a construir.

Atendendo à informação prestada pelo cliente existe uma linha de 15kV na proximidade do local de construção da centralidade, mas que não tem capacidade para alimentar a centralidade. Foi referido ainda que se encontra em execução o anteprojecto para a construção de uma nova linha em anel, mas sem data de execução da mesma.

Assim, e atendendo à informação prestada, verificou-se que a infraestrutura existente não tem capacidade de abastecer a centralidade e que a construção da nova linha, não será realizada em tempo útil para garantir o abastecimento da centralidade, sendo necessário instalar uma central de produção local, para o abastecimento da centralidade. A central de produção local terá possibilidade de interligação com a rede existente.

5.3.3. ESTIMATIVA DE POTÊNCIA

5.3.3.1. POTÊNCIA INSTALADA

Com base na constituição da centralidade foram estimadas potências para cada uma das instalações de utilização.

Não existindo em Angola um corpo regulamentar e normativo suficientemente sólido, e não havendo documentos normativos do distribuidor de energia que permita uma estimativa das potências a considerar para cada uma das instalações de utilização, é prática corrente o uso da regulamentação portuguesa e dos documentos normativos da EDP-Distribuição.

- Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão

O Decreto-Lei n.º 226/2005, de 28 de Dezembro, alterado pela Declaração de Retificação n.º 11/2006, de 23 de Fevereiro, previu a aprovação das Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão e revogou os regulamentos de Segurança de Instalações de Utilização de Energia Elétrica e de Segurança de Instalações de Edifícios e Entradas, que haviam sido publicados pelo Decreto-Lei N.º 740/74, de 26 de Dezembro.

A Portaria n.º 949-A/2006, de 11 de Setembro aprovou e publicou as Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão (RTIEBT).

- Guia técnico de urbanizações, Regras para a conceção, aprovação e ligação à rede dos projetos de infraestruturas elétricas de loteamentos ou urbanizações de iniciativa privada, da EDP distribuição, EDPDIT-C11-010/N;

A potência relativa à iluminação pública foi estimada considerando a instalação de luminárias com potência de 150 W a cada 25 metros, ao longo dos 60 km de vias públicas da centralidade.

A Tabela 16 apresenta as potências estimadas para as diversas instalações de utilização da centralidade 1.

Tabela 16 – Potências estimadas para as diversas instalações de utilização da centralidade 1

Instalação de utilização	Designação	Quantidade	Potência (kVA)
Habitacional	Habitação tipo 1	1000	3,45
	Habitação tipo 2	1000	6,9
Comercial	Comércio	250	20,7
Industrial	Industria tipo 1	60	50
	Industria tipo 2	60	75
Iluminação	Iluminação pública	-	360
Potência total instalada			23 385

A potência total instalada na centralidade é de 23 385 kVA.

5.3.3.2. POTÊNCIA DE UTILIZAÇÃO

Atendendo a que a potência instalada corresponde à soma das potências à plena carga de todos os equipamentos existentes na instalação, mas que os utilizadores das instalações tem comportamentos distintos, a potência elétrica que realmente vai ser necessária para garantir o funcionamento das instalações vai ser inferior ao valor da potência instalada.

A potência em utilização pode assim ser obtida com base no valor da potência instalada, com a afetação de coeficientes que refletem a simultaneidade de funcionamento das diversas instalações.

A potência a considerar para o dimensionamento da central de produção é a que resultar do somatório das potências das instalações elétricas de cada uma das instalações de utilização, afetado pelo coeficiente de simultaneidade obtido pelas fórmulas práticas a seguir indicadas e constantes no documento normativo DIT-C11-010/N:

- Para instalações residenciais:

$$C_1 = 0,2 + \frac{0,8}{\sqrt{n}}$$

Na qual:

C_1 coeficiente de simultaneidade

n número de instalações de utilização

- Para instalações não residenciais:

$$C_2 = 0,5 + \frac{0,5}{\sqrt{n}}$$

Na qual:

C_2 coeficiente de simultaneidade

n número de instalações de utilização

A Tabela 17 apresenta o cálculo da potência a instalar na central de produção de energia.

Tabela 17 – Cálculo de potência total a alimentar pelo sistema

Tipo de instalação	Quantidade	Potência unitária (kVA)	Coeficiente	Potência total a considerar (kVA)
Habitação Tipo 1	1000	3.45		2255

Tipo de instalação	Quantidade	Potência unitária (kVA)	Coefficiente	Potência total a considerar (kVA)
Habitação Tipo 2	1000	6.9	$C_1 = 0,2 + \frac{0,8}{\sqrt{n}}$	
Estabelecimentos comerciais	250	20.7	$C_2 = 0,5 + \frac{0,5}{\sqrt{n}}$	6667
Indústria Tipo 1	60	50		
Indústria Tipo 2	60	75		
Iluminação Pública	1	360	–	360
Potência total				9 282

A potência calculada foi de 9 282 kVA, sendo que atendendo à normalização da potência dos grupos geradores, a potência a instalar na central de produção será de 10 000 kVA.

Para esta estimativa de potência ser mais rigorosa, dever-se-ia proceder à análise dos perfis de consumo de cada tipologia de fração considerada, com base em informação de consumidores com o mesmo perfil, mas houve dificuldade no acesso a informação relativa aos perfis de consumo em Angola, não tendo sido possível realizar esse trabalho.

Após a estimativa da potência a instalar na central de produção de alimentação à centralidade e tendo sido realizado um contacto com o dono de obra, foi possível obter um perfil geral de consumo de outras centralidades.

Com base nessa informação foi possível traçar o perfil de consumo indicado no Gráfico 3.

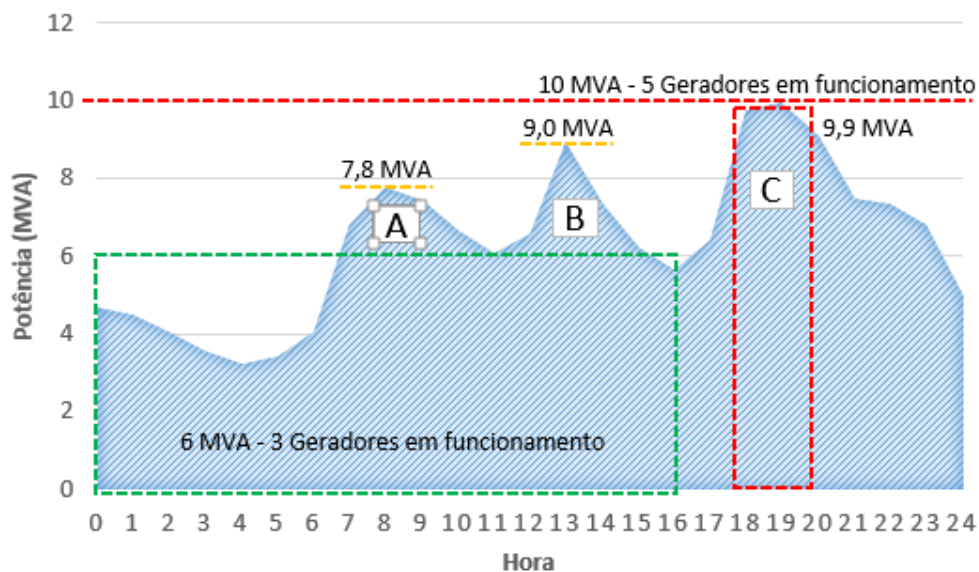


Gráfico 3 – Perfil de carga da centralidade 1

Tendo em conta o Gráfico 3 é possível estudar a gestão de funcionamento dos grupos eletrogéneos. Na janela das 0:00 às 16:00 funcionam três geradores, produzindo 6 MVA, excetuando o período das 6:00 às 11:00 (situação A) que terá de entrar em funcionamento mais um gerador (produzindo 8 MVA). Os períodos em que funcionarão os cinco geradores serão nos períodos das 11:00 às 15 e entre as 18:00 e as 20:00 (situações B e C), podendo a procura de energia elétrica atingir os 10 MVA.

5.3.4. CENTRAL DE PRODUÇÃO

5.3.4.1. CARACTERÍSTICAS GERAIS

A central de produção de energia elétrica será realizada com recurso a grupos eletrogéneos devido à prática recorrente no país em estudo, à pequena área que esta ocupa, à rápida resposta e fiabilidade que estes garantem, tal como a diversidade de potências que existem no mercado.

Mediante a potência é possível equilibrar o número de geradores a funcionar, sem que exista desperdício de energia elétrica e o que esta acarreta, como é o caso do combustível e o desgaste das máquinas em funcionamento.

Serão apresentadas duas alternativas, uma baseada em grupos dotados de alternador com saída de tensão de 11 kV, e outra baseada em grupos dotados de alternadores com saída de tensão de 400 V. A escolha relativa à tensão de saída dos alternadores dos grupos geradores

é meramente económica, existindo a opção de escolha entre os 400 V e os 11 kV. Neste caso, optando pelos 400 V existirá assim uma poupança considerável relativamente à solução contentorizada do gerador que merecerá a justificação na análise de custo, no ponto 5.3.5 deste capítulo.

5.3.4.2. PRINCIPAIS ELEMENTOS CONSTITUINTES DA CENTRAL GERADORA

5.3.4.2.1. GRUPO GERADORES

Os elementos de maior importância a instalar numa solução de grupos eletrogéneos são os grupos geradores. No capítulo 3 já foram abordados itens como a função e a constituição de um grupo gerador.

Os grupos geradores selecionados para a solução da centralidade 1 têm a potência de 2000 kVA PRIME, com saída de tensão de 400 V, motor de 1500 rpm (rotações por minuto) e frequência de funcionamento de 50 Hz. O consumo médio destes geradores a plena carga ronda os 400 L/hora.

5.3.4.2.2. TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA

Os transformadores utilizados nesta solução são da marca EFACEC secos com potências de 2500 e 160 kVA.

As características gerais encontram-se apresentadas na Tabela 18.

Tabela 18 – Características gerais dos transformadores

Potência nominal	2500 kVA	160 kVA
Relação de transferência em vazio	400/15000 V	15000/400 V
Regulação de tensão	± 2*2.5% por tomada	± 2*2.5% por tomada
Nível de isolamento	LI: 125 kV (AT)	LI: 125 kV (AT)
	AC: 3 kV (BT) / 50 kV (AT)	AC: 3 kV (BT) / 50 kV (AT)

5.3.4.2.3. TRANSFORMADORES DE MEDIDA

Os transformadores de corrente são utilizados quando é necessário medir e utilizar correntes.

Os transformadores de tensão são equipamentos utilizados quando é necessário medir tensões em sistemas de alta ou média tensão.

Nas instalações de alta e média tensão não é possível ligar um circuito diretamente à aparelhagem de medida, porque os níveis de isolamento e as correntes de estipuladas dessa aparelhagem de medida não o permitem.

Os transformadores de medida são assim aparelhos utilizados para efetuarem, por um lado, a separação da alta/média tensão dos circuitos e aparelhagem de medida, proteção ou sinalização e, por outro lado, reduzirem as grandezas a medir a valores convenientes e uniformizados, compatíveis comos aparelhos de medida ou proteções existentes [42].

A Figura 69 mostra um exemplo de implementação de um transformador de corrente numa cela modular de contagem de energia com isolamento em hexafluoreto de enxofre (SF6).

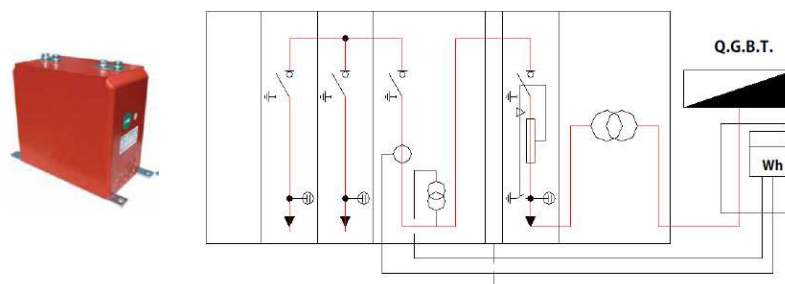


Figura 69 – Exemplo de ligação de um transformador de corrente [42]

A Figura 70 mostra um exemplo de implementação de um transformador de tensão numa cela modular de contagem de energia com isolamento em hexafluoreto de enxofre (SF6).

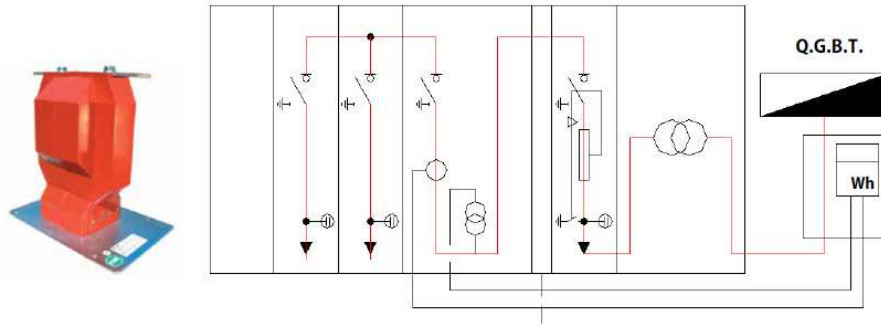


Figura 70 – Exemplo de ligação de um transformador de tensão [42]

5.3.4.2.4. APARELHAGEM DE MÉDIA TENSÃO

A evolução técnica e tecnológica verificada na aparelhagem de corte e proteção de alta tensão levou a que a tradicional solução de instalação e aparelhagem de corte ao ar venha progressivamente a ser preterida pelas soluções de quadros metálicos pré-fabricados [42], com aparelhagem de corte em hexafluoreto de enxofre (SF6).

Esta aparelhagem permite a construção de um quadro modular com equipamento isolado a SF6, podendo ou não o próprio quadros ser isolada a SF6. Quando o conjunto da aparelhagem e barramento está fechado numa cuba de aço inox estanque, com hexafluoreto de enxofre e selada, este facto aumenta a segurança na exploração, reduz os procedimentos de manutenção e o atravancamento da solução.

Tratam-se de quadros de distribuição modulares em que cada quadro garante uma função.

Estão disponíveis diversas funções que vão de encontro a todas os requisitos de postos de transformação públicos e particulares.

Abordando as celas que se encontram na solução da centralidade 1:

As celas IM permitem a chegada ou a saída de cabos e é equipada com interruptor-seccionador. Na centralidade permitem a ligação dos barramentos de cada quadro de média tensão, uma vez que estão dispostos paralelamente na sala de média tensão.

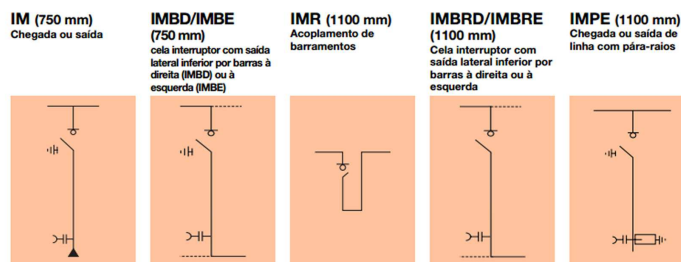
As celas DM1-C correspondem às celas de entrada de cada gerador, estas são protegidas através de fusíveis e equipadas com interruptor-seccionador.

As celas GCMD e GCME dizem respeito às celas de seccionamento e medida. Estas permitem o seccionamento de barras e medida de tensão e/ou corrente. Estão disponíveis versões com subida à direita ou subida à esquerda, mediante o que for necessário à solução

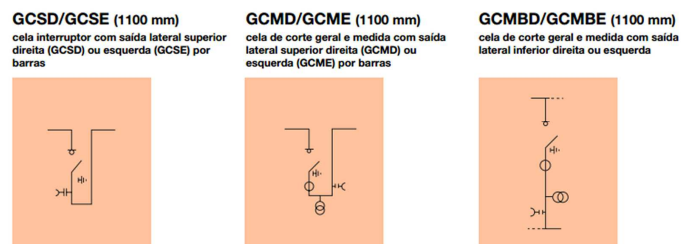
As celas CME são celas de medida. Tal como o nome diz, estas medem tensão ou corrente.

Na Figura 71 estão ilustradas os diferentes tipos de celas modulares que foram abordadas anteriormente.

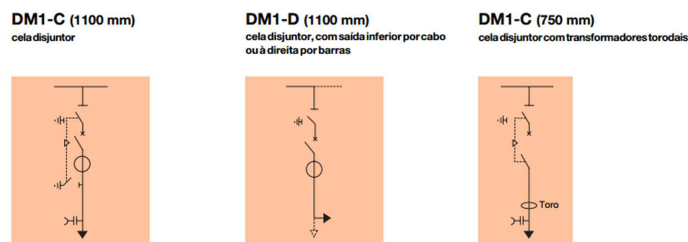
Celas de Ligação à rede e corte geral



Celas de Corte geral e medida



Celas de Protecção



Celas de Contagem e medida

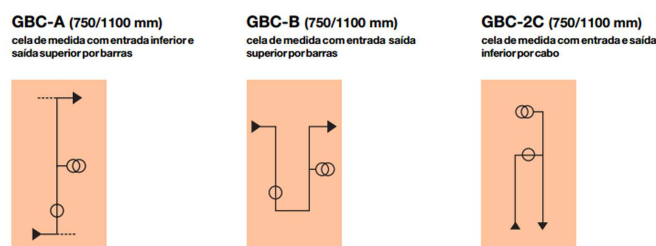


Figura 71 – Diferentes tipos de celas de média tensão [43]

5.3.4.2.5. ABASTECIMENTO DE COMBUSTÍVEL

A autonomia do sistema de armazenamento abastecimento de combustível é estabelecida pelo cliente, mediante vários fatores e sua ponderação, dos quais se poderão destacar:

- Características da rede elétrica local, nomeadamente quanto à qualidade do serviço;
- Importância da energia elétrica de emergência na atividade da instalação;
- Princípio de funcionamento da instalação de emergência;
- Consumo da instalação (elétrico e correspondente consumo de combustível da Central);
- Qualidade do combustível;
- Logística de reposição de combustível à instalação, nomeadamente a capacidade de resposta do fornecedor local.

5.3.4.2.5.1. Constituição do sistema de abastecimento combustível

O sistema de armazenamento e abastecimento de combustível é genericamente constituído por:

- Central de armazenamento primário de combustível;
- Sistema de tratamento de combustível;
- Central de armazenamento primário de combustível tratado;
- Depósitos diários dos grupos;
- Sistema de deteção de nível dos depósitos diários e das cisternas;
- Sistema de bombagem de trasfega;
- Sistema de controlo.

O sistema de armazenamento de combustível é constituído pelos seguintes módulos:

- Cisterna de receção de combustível;

- Central de bombagem;
- Depósitos diários.

Existem cisternas de receção de combustível e cisternas para armazenamento intermédio do combustível tratado.

Existem coletores de distribuição de combustível e coletores de retorno de combustível.

As cisternas são construídas em chapa de ferro electro-soldada, de forma cilíndrica equipadas com:

- Porta de visita (entrada de homem);
- Bocal de enchimento;
- Tubo de respiro;
- Indicador de nível;
- Alarmes de nível alto e baixo.

Cada grupo dispõe de 1 depósito diário, localizado dentro da canópia ou fora do contentor, construído em chapa de ferro electro-soldada, de forma retangular e equipado com:

- Bocais devidamente dimensionados para enchimento, alimentação e retorno;
- Indicador de nível;
- Tubo de respiro;
- Válvula de purga;
- Detetor de nível (alto e baixo) para comando da central de trasfega;
- Electroválvula.

Toda a tubagem, válvulas e demais acessórios para a montagem do sistema são instalados de modo a garantir perfeitas condições de funcionamento. As tubagens e acessórios serão de ferro preto ou inox (soldado ou prensado).

5.3.4.2.5.2. Princípio de funcionamento

Todo o combustível novo chegado à central é armazenado nas cisternas de receção de combustível.

Todo este combustível será tratado em central de filtragem de combustível (se existir) e enviado para as cisternas de armazenamento intermédio de combustível tratado.

Quando qualquer das cisternas de armazenamento intermédio atingir o nível mínimo de combustível, será dada ordem de reposição de combustível a essa cisterna; a central de bombagem respetiva iniciará o seu trabalho de transporte de combustível para a central de filtragem e daí para a cisterna de armazenamento intermédio de combustível tratado que necessite de reposição. Atingido o nível “alto” nesta cisterna o sistema interromperá o funcionamento da bombagem.

Atingido o nível “muito alto” na cisterna de armazenamento intermédio, o sistema ativará um alarme de sobre enchimento.

Se a quantidade de combustível nas cisternas de receção atingir o nível “baixo”, será ativado um alarme para sinalização da necessidade de reposição de combustível.

Quando atingido o nível “muito baixo”, o sistema inibirá o funcionamento da central de bombagem.

Este sistema terá a capacidade de, no limite, repor combustível simultaneamente em todas as cisternas intermédias.

Em caso de sobre enchimento das cisternas intermédias, o combustível é encaminhado para as cisternas de receção. Por este motivo, as cisternas intermédias estarão localizados a uma cota superior à das cisternas de receção.

Está ainda previsto um circuito de recirculação do combustível das cisternas intermédias. Através de uma central de bombagem, este combustível é enviado para a central de filtragem e daí novamente para as cisternas intermédias.

Estas cisternas intermédias são as responsáveis pelo fornecimento de combustível tratado aos depósitos diários de cada um dos grupos geradores.

Quando o nível mínimo de combustível for atingido em algum dos depósitos diários, a central de bombagem respectiva entrará em funcionamento, repondo o nível nesse depósito diário com combustível tratado, proveniente das cisternas de armazenamento intermédio. Atingido o nível “alto” no depósito diário, o sistema de trasfega interromperá o funcionamento da bombagem.

Atingido o nível “muito alto” no depósito diário, o sistema ativará um alarme de sobre enchimento.

Se a quantidade de combustível nas cisternas intermédias atingir o nível “baixo”, será ativado um alarme para sinalização da necessidade de reposição de combustível.

Quando atingido o nível “muito baixo”, o sistema inibirá o funcionamento da central de bombagem.

Este sistema terá a capacidade de, no limite, repor combustível simultaneamente em todos os depósitos diários.

A Figura 72 mostra um diagrama de um sistema de combustível que abastece quatro grupos eletrogéneos.

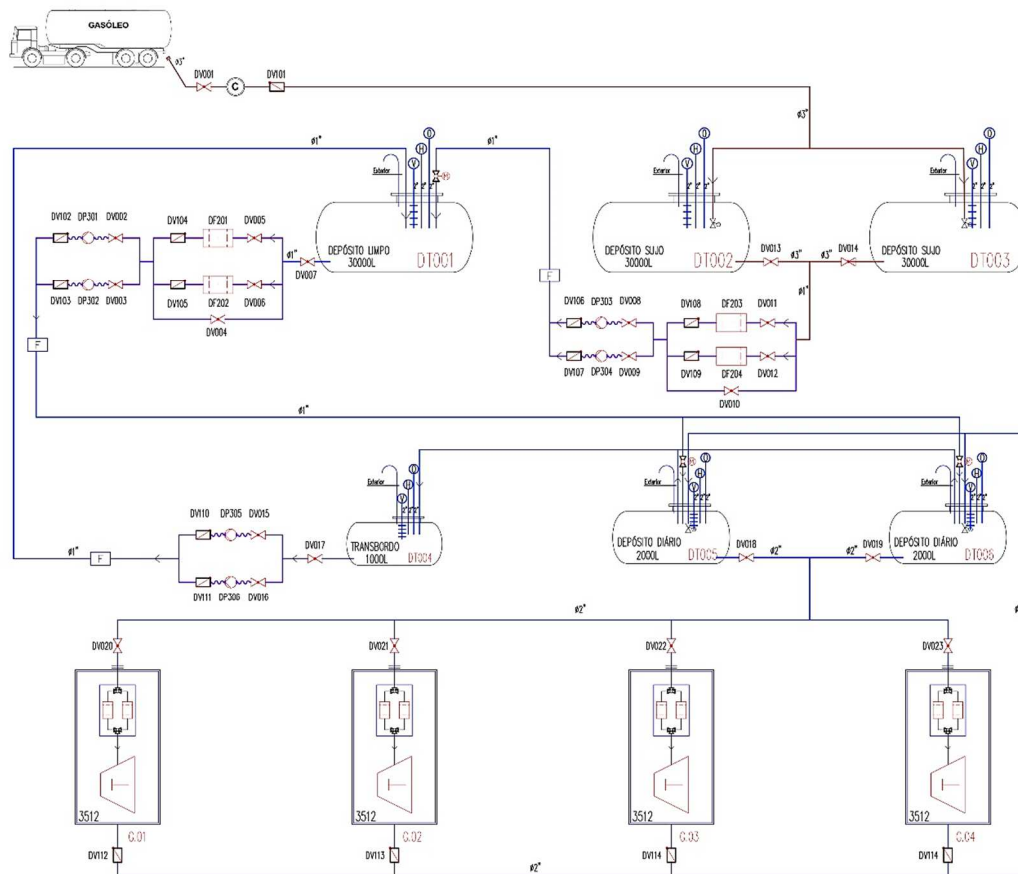


Figura 72 – Diagrama de sistema de abastecimento de combustível

Nota: O presente diagrama está disponível no Anexo A em maior dimensão e detalhado.

5.3.4.3. CENTRAL DE PRODUÇÃO COM GRUPOS GERADORES DE 400 V

Em termos técnicos, a central será dotada de 6 geradores de potência 2000 kVA, garantindo melhor flexibilidade na capacidade de produção em cada momento do dia. O conjunto de geradores perfaz a potência de 12000 kVA (12 MVA). Existirão assim 2000 kVA de reserva, ou seja, um gerador que fará a redundância. Este gerador estará disponível para funcionamento em qualquer eventualidade, em caso de avaria ou necessidade de manutenção de um outro.

A opção dos geradores de 2000 kVA tem como justificação o contacto com o diretor de obra, e tendo este experiência na construção de outras centralidades afirma que o consumo em horas de potência de vazio não ascende os 6 MVA, ou seja, cerca de 50% da potência instalada. Assim será possível nesse horário o funcionamento de apenas 3 geradores, e assim

poder fazer redundância durante os diferentes dias da semana. O único período que poderá haver necessidade de funcionar os 5 geradores será entre as 18:00 e as 20:00, podendo a procura de energia elétrica atingir os 10 MVA, conforme ilustra o Gráfico 3.

A Figura 73 mostra o tipo de grupo eletrogéneo a utilizar.



Figura 73 – Grupo eletrogéneo a instalar na central da centralidade 1 [44]

Foi selecionado um grupo gerador contentorizado porque não existe um edifício que possa albergar os grupos geradores, o único edifício idealizado será para a sala de média tensão. A solução contentorizada também permite facilitar o transporte do grupo gerador, assim como a proteção do mesmo. Uma vez instalado no local, o contentor vai permitir a proteção do grupo gerador das poeiras e chuvas na zona.

As principais características gerais dos grupos geradores de 2000 kVA encontram-se apresentadas na Tabela 19.

Tabela 19 – Especificações gerais do gerador de 2000 kVA [44]

Especificações	Modelo	X2200C
Potências	PRP	2000 kVA
	COP	2000 kVA
	ESP	2200 kVA
Consumo	100 %	401 L/hora
	75 %	306 L/hora

Motor	Tipo de motor		16V4000G23
	Cilindro		16 V
	Capacidade cubica total (L)		76.27
Versão aberta	Dimensões	Comprimento (m)	4.62
		Largura (m)	1.89
		Altura (m)	2.44
	Peso (kg)		13473
Contentor de 12,2 m	CPU40	dB (A) 7 m	78
	Si	Peso (kg)	26520

Nota: Está disponível no Anexo B a folha de especificações técnicas completa do gerador.

5.3.4.3.1. PRINCÍPIO DA CENTRAL GERADORA

Como os níveis de tensão da produção e distribuição são diferentes, ou seja, a produção é realizada através de um nível de tensão de 400 V e a distribuição de média tensão é feita à tensão de 15 kV são utilizados transformadores aos terminais de cada gerador.

A solução está equipada de mais um transformador de potência inferior (160 kVA) para alimentação de "usos gerais" da central produtora.

Na Figura 74 encontra-se representado o diagrama unifilar do quadro de média tensão.

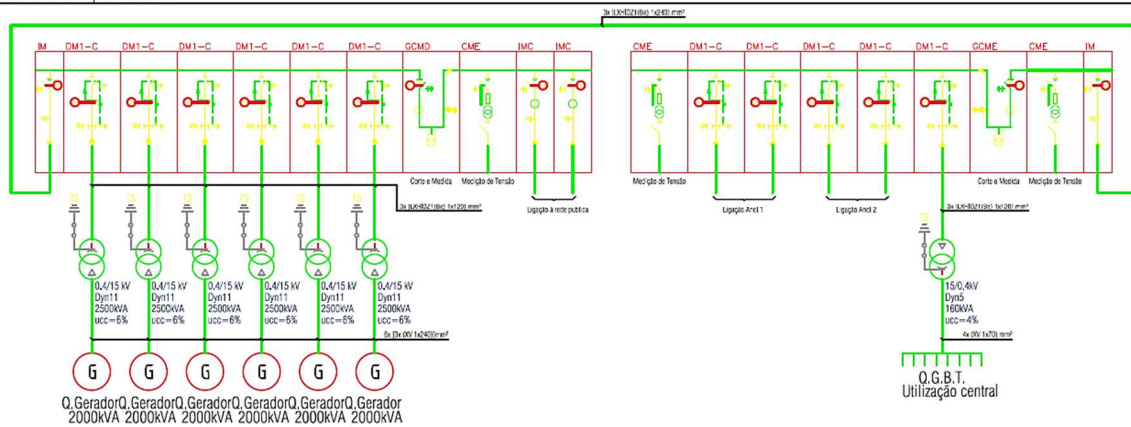


Figura 74 – Diagrama unifilar do quadro de média tensão (solução 400 V)

Nota: Está disponível no Anexo C o diagrama do quadro de média tensão para a solução de geradores de 400 V.

A solução de distribuição de energia para além de suportar a produção através de grupos geradores também estará preparada com duas celas de entrada que permitem a conexão opcional posterior à rede pública. Esta ligação encontra-se preparada com cela de contagem e medida.

A distribuição de energia em média tensão é realizada através de quatro celas de média tensão de saída, permitindo duas ligações em anel à centralidade, conforme ilustrado na Figura 74.

5.3.4.3.2. ARMAZENAMENTO E ABASTECIMENTO DE COMBUSTÍVEL

Relativamente às condições de autonomia, o dimensionamento de armazenamento e abastecimento de combustível teve por base a informação de fornecimento deste a cada 7 dias.

Os grupos geradores irão ter funcionamento contínuo, para tal será necessário calcular a capacidade dos tanques de reserva.

Dos grupos geradores de 2000 kVA escolhidos o consumo de combustível a plena carga (100%) terá um consumo de combustível de 400 L/hora, assim sendo, o volume necessário para os tanques de reserva será de 360 000 litros

Os valores são baseados no cálculo em baixo indicado:

$$V_{tanques\ reserva} = 400\ L * 24\ horas * 7\ dias * 5\ geradores = 336000\ L \cong 336\ m^3$$

5.3.4.3.3. TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA

Na solução a implementar existirão transformadores associados à produção e à distribuição. Também haverá transformadores de tensão (TT) e transformador de intensidade (TI) incluídos nas celas de corte e medida.

5.3.4.3.4. TRANSFORMADOR ELEVADOR

A instalação é composta por seis transformadores localizados nos terminais de cada grupo eletrogéneo, cuja função é elevar o nível de tensão. No caso apresentado os transformadores elevarão a tensão de 400 V para 15 kV.

Na Tabela 20 são apresentadas as especificações técnicas relativas aos transformadores elevadores.

Tabela 20 – Especificação técnica dos transformadores elevadores

Potência nominal	2500 kVA
Nº de fases	3
Frequência (Hz)	50
Relação de transferência em vazio	400/15000 V
Regulação de tensão	± 2*2.5% por tomada
Nível de isolamento	LI: 125 kV (AT) AC: 3 kV (BT) / 50 kV (AT)
Normas	CEI 60076-11 (2004)
Temperatura de referência (°C)	120
Perdas em vazio (W)	5000 (+ 15%)

Perdas em Curto (W)	23000 (+ 15%)
Perdas totais (W)	28000 (+ 10%)
Tensão de curto-circuito (%)	6 (\pm 10 %)

Nota: Está disponível no Anexo D a ficha de especificações técnicas do transformador de potência elevador de 2500 kVA.

5.3.4.3.5. TRANSFORMADOR ABAIXADOR

O único transformador abaixador estará ligado ao barramento principal do quadro de média tensão, ou seja, a uma cela dotada de proteção por disjuntor.

O transformador terá a função de diminuir o nível de tensão, dos 15 kV para os 400 V, para alimentar as cargas necessárias á utilização da central produtora.

Tabela 21 – Especificação técnica do transformador abaixador

Potência nominal	160 kVA
Nº de fases	3
Frequência (Hz)	50
Relação de transferência em vazio	400/15000 V
Regulação de tensão	\pm 2*2.5% por tomada
Nível de isolamento	LI: 125 kV (AT) AC: 3 kV (BT) / 50 kV (AT)
Normas	CEI 60076-11 (2004)
Temperatura de referência (°C)	75

Perdas em vazio (W)	750 (+ 15%)
Perdas em Curto (W)	1550 (+ 15%)
Perdas totais (W)	2300 (+ 10%)
Tensão de curto-circuito (%)	6 (\pm 10 %)

Nota: Está disponível no Anexo E a ficha de especificações técnicas do transformador de potência abaixador de 160 kVA.

5.3.4.3.6. TRANSFORMADOR DE TENSÃO

As características do transformador de tensão utilizado na solução implementada são:

- Tensão nominal: 15 kV;
- Tensão mais elevada: 17,5 kV;
- Frequência nominal: 50 Hz.

Na Tabela 22 são apresentadas as designações impostas pela EDP distribuição através do documento normativo DMA-C42-510/N.

Tabela 22 – Designação de transformadores de tensão pela EDP Distribuição [45]

Designação EDP	TT15 XI
Tensão primária nominal (kV)	15 / $\sqrt{3}$
Fatores de tensão nominal	1.2 em permanência 1.9 – 3s

Enrolamento secundário principal	Tensão estipulada (V)	$100 / \sqrt{3}$
	Potência de exatidão (VA)	10
	Classe de exatidão	0.5 / 3P
Enrolamento secundário de tensão residual	Tensão nominal (V)	$100 / 3$
	Potência de exatidão (VA)	60
	Classe de exatidão	3
Tipo de montagem	Interior	

Nota: Está disponível no Anexo F a ficha de especificações técnicas do transformador de tensão.

5.3.4.3.7. TRANSFORMADOR DE INTENSIDADE

As características do transformador de tensão utilizado na solução implementada são:

- Tensão nominal: 15 kV;
- Tensão mais elevada: 17,5 kV;
- Frequência nominal: 50 Hz.
-

Na Tabela 23 são apresentadas as designações impostas pela EDP distribuição através do documento normativo DMA-C42-550/N.

Tabela 23 – Designação de transformadores de corrente pela EDP Distribuição [46]

Designação do EDP	Relação de Transformação	Corrente térmica de curta-duração I_{th} [kA] (3s)	Núcleos	Potência de exatidão [VA]	Classe de exatidão	Fator segurança (Fs) Fator limite exatidão (n)
TC15 XII	300-600/ 1 – 1ª	16	Medição	5	0,5	$F_s \leq 5$
			Proteção	5	5 P	n=20

Nota: Está disponível no Anexo G a ficha de especificações técnicas do transformador de corrente.

5.3.4.3.8. APARELHAGEM DE MÉDIA TENSÃO

Nesta secção será apresentada a solução de aparelhagem de média tensão fornecida pela EFACEC.

A empresa EFACEC é uma empresa Portuguesa com perfil fortemente exportador e com presença internacional em mais de 65 países, entre eles Angola.

5.3.4.3.8.1. Características gerais da aparelhagem de média tensão

As celas “Normafix” são totalmente concebidas em chapa de aço, dotadas de reforços estruturais para resistirem ao arco interno, possuindo dispositivos de proteção contra sobrepressões, permitindo o escape de fumos e gases quentes de modo a proteger pessoas e bens.

A sua construção compartimentada, para além de uma grande resistência e fiabilidade, confere-lhe uma construção ergonómica e uma acessibilidade segura à zona de comando e sinalização situada na zona frontal.

A Tabela 24 **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** ilustra as características técnicas gerais desta gama de aparelhagem de média tensão.

Tabela 24 – Características gerais técnicas dos quadros modulares “Normafix”

Tensão nominal		17,5 kV
Nível de isolamento	À frequência (50 Hz – 1 min)	38 kV
	Ao choque (1,2 / 50 µs)	95 kV
Corrente nominal	Barramento	630/1250A
	Chegada / Saída	400/630 A
	Proteção por fusível	200 A
	Proteção por disjuntor	630/ 1250 A
Corrente de curto-circuito		16 kA (3s) 20 kA (3s)
Poder de fecho curto-circuito		40 kA 50 kA
Frequência		50/60 Hz
Arco Interno (IAC A- FL)		16 kA (1s)
Temperatura Ambiente		- 5 a 40 °C
Pressão nominal de enchimento (20°C)		0.3 bar rel
Categoria de perda de continuidade em serviço		LSC 2A (segundo CEI 62271-200)

5.3.4.3.8.1.1. Tipo de celas em uso na central geradora

A solução de média tensão é da gama “Normafix” da marca EFACEC. A empresa selecionada foi a EFACEC, pois aposta no desenvolvimento de infraestruturas de energia, mobilidade e ambiente, para a promoção de um mundo sustentável. É também uma empresa com forte ligação ao mercado Angolano, contando já com uma vasta experiência, garantindo um elevado padrão de qualidade e fiabilidade nas suas soluções.

Assim sendo, a solução para a centralidade 1 proposta pela EFACEC é constituída pela seguinte aparelhagem:

- Duas celas de chegada e saída;
- Onze celas de proteção por disjuntor;
- Uma cela de Corte geral e medida, com saída lateral superior direita por barramento;
- Uma cela de Corte geral e medida, com saída lateral superior esquerda por barramento;
- Três celas contagem e medida de tensão (MT).

A Figura 75 representa uma cela de média tensão da gama “Normafix”.



Figura 75 – Celas de média tensão “Normafix”

As celas que serão instaladas obedecem às seguintes recomendações, normas e especificações:

- EN 60298, 60265, 60129, 60694, 60420, 60056;
- Normas UTE: NFC 13.100, 13.200, 64.130, 64.160;
- Especificações EDF: HN 64-S-41, 64-S-43;
- Especificação EDP: DMA-C64-410/E Nov. 97.

5.3.4.3.9. LAYOUT DAS CELAS DE MÉDIA TENSÃO

Para a instalação dos componentes de média tensão da central geradora foi prevista a construção de um edifício no qual será implementado a solução de aparelhagem de média tensão. Optou-se pela construção de um edifício, pois este garante a proteção do equipamento nele instalado e conseqüentemente maior durabilidade do mesmo. No que

- Edifício para utilizações gerais (sala de reuniões; sala de manutenção; sala de refeições e cozinha; sala de média tensão);
- Parque de materiais;
- Área de reserva (para expandir a produção se for necessário);
- Área de produção (local onde são instalados os geradores contentorizados);
- Área dedicada à reserva de combustível (local onde são instalados os tanques).

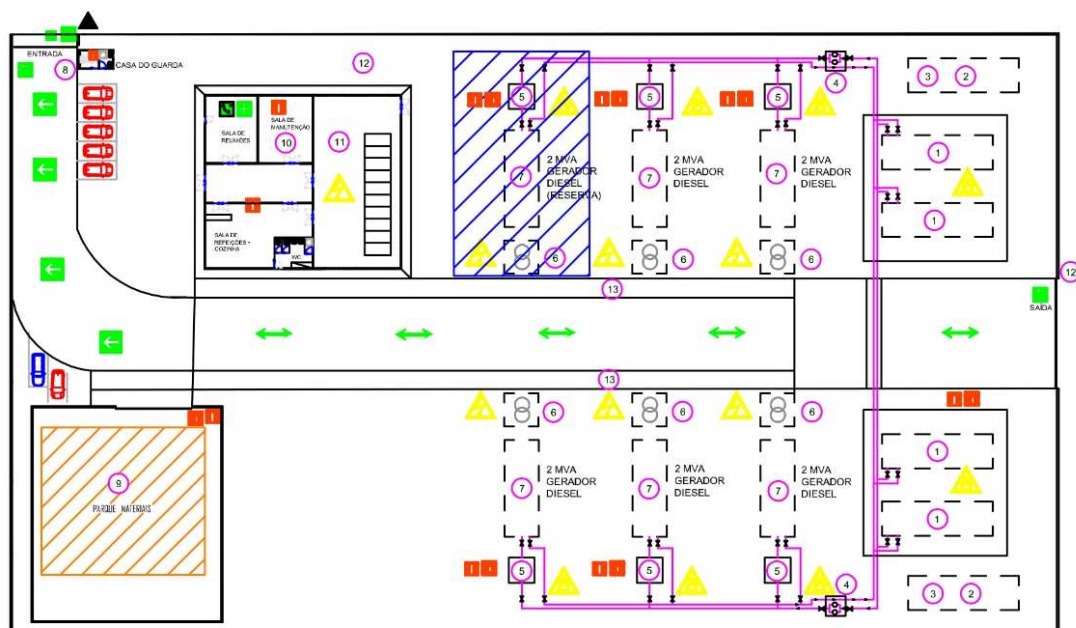


Figura 77 – Layout da centralidade 1

Nota: Está disponível no Anexo I o layout relativo à centralidade 1.

5.3.4.4. CENTRAL DE PRODUÇÃO COM GRUPOS GERADORES DE 11 KV

Em termos técnicos, a central será dotada de 6 geradores de potência 2000 kVA, tal como apresentado no ponto 5.3.4.3. O fator que distingue o gerador implementado nesta solução do anterior, é que neste apresenta-se como solução um grupo gerador dotado de alternador com saída de 11 kV em vez de 400 V, como era característica do acima descrito.

A escolha relativa à tensão de saída dos alternadores dos grupos geradores é meramente económica, de modo a possibilitar ao investidor uma comparação de custos entre os dois níveis de tensão.

A Figura 73 mostra o tipo de grupo eletrogéneo a utilizar.



Figura 78 – Grupo eletrogéneo a instalar na central da centralidade 1 [44]

O grupo gerador será contentorizado da mesma forma que o gerador da solução anteriormente apresentada no ponto 5.3.4.3. O gerador aqui apresentado possui também as características mencionadas na Tabela 19.

5.3.4.4.1. PRINCÍPIO DA CENTRAL GERADORA

Como os níveis de tensão da produção e distribuição são diferentes, ou seja, a produção é realizada através de um nível de tensão de 11 kV e a distribuição de média tensão é feita à tensão de 15 kV são utilizados transformadores aos terminais de cada gerador.

A solução está equipada de mais um transformador de potência inferior (160 kVA) para alimentação de "usos gerais" da central produtora.

Na Figura 79 encontra-se representado o diagrama unifilar do quadro de média tensão.

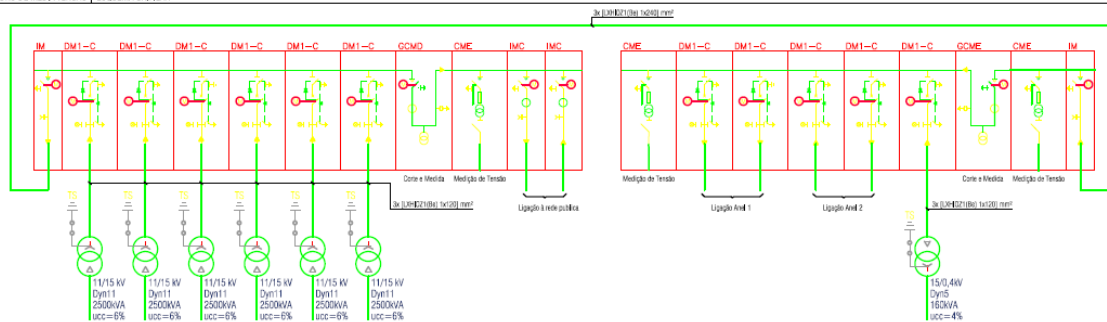


Figura 79 – Diagrama unifilar do quadro de média tensão (solução 11 kV)

Nota: Está disponível no Anexo J o diagrama unifilar do quadro de média tensão para a solução de geradores de 11 kV.

A solução de distribuição de energia para além de suportar a produção através de grupos geradores também estará preparada com duas celas de entrada que permitem a conexão opcional posterior à rede pública. Esta ligação encontra-se preparada com cela de contagem e medida.

A distribuição de energia em média tensão é realizada através de quatro celas de média tensão de saída, permitindo duas ligações em anel à centralidade, conforme ilustrado na Figura 79.

5.3.4.4.2. ARMAZENAMENTO E ABASTECIMENTO DE COMBUSTÍVEL

Relativamente às condições de autonomia, o dimensionamento de armazenamento e abastecimento de combustível em tudo é equivalente à solução apresentada no ponto 5.3.4.3.2.

5.3.4.4.3. TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA

Na solução a implementar existirão transformadores associados à produção e à distribuição. Também haverá transformadores de tensão (TT) e transformador de intensidade (TI) incluídos nas celas de corte e medida.

5.3.4.4.4. TRANSFORMADOR ELEVADOR

A instalação é composta por seis transformadores localizados nos terminais de cada grupo eletrogéneo, cuja função é elevar o nível de tensão. No caso apresentado os transformadores elevarão a tensão de 11 kV para 15 kV.

A tabela com as especificações técnicas do transformador de 11/15 kV não se encontra disponível pela empresa fornecedora do orçamento, pois trata-se de uma solução não *standard* e não foi possível disponibilizar. Apesar disto, é possível avaliar nesta solução os custos inerentes.

5.3.4.4.5. TRANSFORMADOR ABAIXADOR

O transformador abaixador incluído nesta solução, com potência de 160 kVA é o mesmo utilizado na solução de tensão de 400 V, tal como apresentado no ponto 5.3.4.3.5.

5.3.4.4.6. TRANSFORMADOR DE TENSÃO

As características do transformador de tensão utilizado na solução implementada é conforme descrito no ponto 5.3.4.3.6.

5.3.4.4.7. TRANSFORMADOR DE INTENSIDADE

As características do transformador de tensão utilizado na solução implementada é conforme descrito no ponto 0.

5.3.4.4.8. APARELHAGEM DE MÉDIA TENSÃO

A solução de aparelhagem de média tensão fornecida pela EFACEC relativamente ao nível de tensão de 11 kV em tudo é semelhante à solução apresentada no ponto 5.3.4.3.8.

5.3.4.4.9. LAYOUT DA IMPLANTAÇÃO DA CENTRAL GERADORA

O *layout* da solução encontra-se na Figura 77 do ponto 5.3.4.3.10, com esta pode-se entender a disposição de cada elemento na instalação. A instalação seria igual à solução de 400 V.

5.3.5. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE SOLUÇÕES

A análise de custo é fundamental para se avaliar a viabilidade de um projeto e, através dela poder tomar decisões conscientes de investimento. No presente capítulo descrevem-se os resultados obtidos mediante pedido de cotações para a solução dotada de nível de tensão de 400 V e de 11 kV. Assim, serão comparadas todas as opções tendo em conta a relação custo/benefício e posteriormente será escolhida a que melhor se enquadra nas necessidades da centralidade.

5.3.5.1. CUSTOS DE INVESTIMENTO

As empresas que forneceram os orçamentos foram: a SDMO-AutoSueco, à qual corresponde o grupo eletrogéneo X2200; a STET Barloword Energy – Catterpillar, à qual corresponde o grupo eletrogéneo 3516B; a Efacec, que forneceu os pedidos de cotação de soluções de aparelhagem de média tensão e transformadores.

Os orçamentos apresentados para as soluções propostas têm em conta:

- Fornecimento dos grupos eletrogéneos contentorizados, com quadro de comando, controlo, medida, sinalização e sincronismo;
- Fornecimento de sistema de abastecimento de combustível (incluindo reservatórios);
- Comissionamento de um técnico para vistoria, ensaios, testes e colocação de serviço de todos os equipamentos;
- Os preços facultados preveem a entrega de todo o material em Angola.

Na Tabela 25 apresenta-se os custos estimativos das soluções de grupos geradores de 400 V idealizadas para a centralidade 1.

Tabela 25 – Custos estimativos das soluções de geradores 400 V para a Centralidade 1

Fornecedor	Descrição da opção	Custo da solução
AUTO SUECO (SDMO)	Grupo eletrogéneo X2200 de 2000 kVA PRP, com alternador MT 400 V , 1500 rpm 50Hz;	4.455.000,00 €
STET Barloworld	Grupo eletrogéneo 3516B, de 2000 kVA PRP, com alternador MT 400 V , 1500 rpm, 50Hz;	5.365.935,85 €

Analisando a Tabela 25, que avalia os custos estimativos das soluções de 400 V para a centralidade 1, e tendo em conta as duas opções das empresas Autosueco e Stet Barloworld, é visível uma diferença de custo, tendo vantagem económica a AutoSueco. A diferença de valores das duas empresas é de 910.935,85 €. Esta diferença pode justificar-se pelo facto de a Stet Barloworld equipar o seu sistema de abastecimento de combustível através de reservatórios de parede dupla e enterrados, enquanto que a AutoSueco disponibiliza reservatórios de parede simples tipo aéreo.

Nota: No Anexo K são disponibilizados todos os orçamentos detalhados inerentes a cada solução.

Na Tabela 26 apresenta-se os custos estimativos das soluções de grupos geradores de 11 kV idealizadas para a centralidade 1.

Tabela 26 – Custos estimativos das soluções de geradores 11 kV para a Centralidade 1

Fornecedor	Descrição da opção	Custo da solução
SDMO – AUTO SUECO	Grupo eletrogéneo X2200 de 2000 kVA PRP, com alternador MT 11kV , 1500 rpm, 50Hz;	5.055.000,00 €
STET Barloworld	Grupo eletrogéneo 3516B, de 2000 kVA PRP, com alternador MT 11 kV , 1500 rpm, 50Hz;	5.742.668,66 €

A Tabela 26 avalia os custos estimativos das soluções de 11 kV para a centralidade 1, onde é perceptível uma diferença de custo idêntica à opção de 400 V, pois novamente a AutoSueco consegue um valor mais baixo que a Stet Barloworld em 687.668,66 €. A justificação da diferença de valor é semelhante à descrita na opção de 400 V, ou seja, pelas características dos reservatórios.

Por fim, comparando as soluções oferecidas para 400 V e 11 kV pela Autosueco, conclui-se que a melhor opção é a de 400 V. A solução de 400 V constitui-se então como uma solução igualmente viável à de 11 kV, permitindo ainda uma poupança de 600.000 €. O aumento do preço do grupo gerador de 11 kV em comparação com o de 400 V justifica-se porque o grupo gerador de 11 kV é uma solução pouco convencional que necessita de ser dotada de um alternador personalizado.

A Tabela 27 mostra os custos estimativos das soluções de aparelhagem de média tensão para a centralidade 1.

Tabela 27 – Custos estimativos das soluções de média tensão para a Centralidade 1

Fornecedor	Descrição	Custo da solução
EFACEC	- 6 Transformadores 0.4/15 kV ou 11/15 kV, 2500 kVA, Ucc=6%, Dyn11 ou 6 transformadores 11/15 kV, 2500 kVA, Ucc=6%, Dyn11	400 V 210.491,25 €
	- 1 Transformador 15/0.4 kV, 160 kVA, Ucc=4%, Dyn5; - 4 Celas de ligação; - 11 Celas disjuntor entrada/saída; - 2 Celas de corte geral e medida com saída lateral superior direita ou esquerda; - 3 Celas de medida de tensão.	11 kV 249.165,38 €

As soluções apresentadas pela EFACEC diferem de 38.674,13 €, devido ao encarecimento dos geradores que equipam a solução no nível de tensão de 11 kV. Um transformador 0,4/15 kV é uma solução *standard* das empresas construtoras de transformadores, enquanto um transformador 11/15 kV seria uma solução personalizada e, que globalmente iria encarecer o sistema completo em cerca de 35 %.

A Tabela 28 apresenta os custos totais de investimento das soluções na centralidade, tendo destaque as soluções escolhidas. Estes valores incluem a solução de grupos eletrogéneos e a aparelhagem de média tensão.

Tabela 28 – Custos totais das soluções na Centralidade 1

Fornecedor	Cálculos (Grupos eletrogéneos + Aparelhagem de Média Tensão)	Custo total da solução
SDMO – AUTOSUECO + EFACEC	400 V; 2000 kVA 4.455.000,00 € + 210.491,25 €	4.665.491,25 €
	11 kV; 2000 kVA: 5.055.000,00 € + 249.165,38 €	5.304.165,38 €

Fornecedor	Cálculos (Grupos eletrogéneos + Aparelhagem de Média Tensão)	Custo total da solução
STET Barloworld + EFACEC	400 V; 2000 kVA: 5.365.935,85 € + 210.491,25 €	5.576.427,10 €
	11 kV; 2000 kVA: 5.742.668,66 € + 249.165,38 €	5.991.834,04 €

Sendo assim, a melhor solução para equipar a centralidade 1 será a central dotada de grupos geradores de 2000 kVA com alternador com saída de 400 V.

5.3.5.2. CUSTOS DE EXPLORAÇÃO

Os custos de exploração ou custos operacionais fazem referência ao dinheiro que desembolsa uma empresa ou organização para o desenvolvimento das suas atividades. Ou seja, os custos operacionais são as despesas destinadas a manter um ativo na sua condição existente ou a modifica-lo para que volte a estar em condições apropriadas de trabalho.

No caso da central produtora de energia elétrica, os custos operacionais que mais se destacam são os custos de manutenção e os custos relacionados com o consumo de combustível inerente ao funcionamento da central.

De modo a obter valores realistas foram utilizados dados históricos acerca dos preços do gasóleo em Angola recorrendo ao Globalpetrolprice.com. Os dados são atualizados conforme a taxa de câmbio corrente e os preços internacionais do gasóleo. Com base nessas avaliações, o preço atual do gasóleo é de 0.74 €/litro.

Considerando o diagrama de carga ilustrado no Gráfico 4 foi possível obter o consumo médio diário e assim calcular o consumo de combustível total anual.

Na Tabela 29 apresentam-se os consumos de combustível inerentes à solução da centralidade 1.

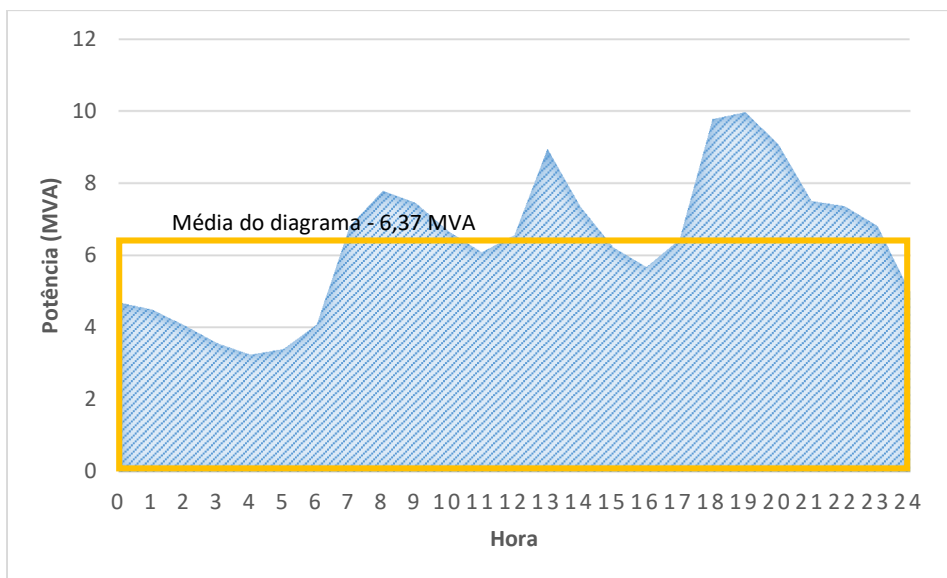


Gráfico 4 – Diagrama de carga com linha média de potência produzida

Tabela 29 – Consumo de combustível na centralidade 1

Potência média (MVA)	6,37	
Nº de geradores em funcionamento	4 (2000 kVA)	
Consumo de um gerador (L/h)	401	
Consumo total (funcionamento dos 4 geradores)	Horário (L/hora)	1 278
	Diário (L/dia)	30 653
	Mensal (L/mês)	950 226
	Anual (L/ano)	11 402 708

Relativamente aos custos de manutenção, estes foram considerados mediante pedido de orçamentação a algumas empresas, sendo que estas praticam preços com valor anual aproximado de 10 % do investimento inicial.

O valor de contrato de manutenção indicado refere-se ao custo estimado das revisões periódicas (a cada 500 horas), este inclui:

- Quando necessário:
 - Substituição de bateria;
 - Reposição de disjuntores;
 - Inspeção/Limpeza de motor;
 - Substituição/Verificação de filtro de combustível;

- Mudança de óleo no motor;
- Teste a grupos geradores;
- Verificação/Alinhamento de geradores.
- Diariamente:
 - Verificação de níveis de óleo;
 - Drenagem de tanques de sedimentos;
 - Inspeção/Teste de painéis de controle;
 - Limpeza de filtros de ar – motor;
 - Verificação de temperatura dos rolamentos;
 - Verificação de tensão, frequência e fator de potência.
- A cada semana:
 - Inspeção de filtro de entrada de ar
 - Verificação dos carregadores de bateria;
 - Verificação das ligações elétricas;
 - Teste de temperatura no estator.
- A cada 250 horas de funcionamento:
 - Verificação de níveis nos eletrólitos da bateria;
 - Inspeção/Ajuste/Substituição de cintas;
 - Inspeção/Substituição de mangueiras e braçadeiras;
 - Obtenção de amostra de óleo;
 - Verificação de líquido refrigerante.
- A cada 500 horas de funcionamento:
 - Substituição de filtros e óleo de motor.

Concluindo o estudo de exploração, a Tabela 30 apresenta os custos totais de exploração da centralidade 1, tendo em conta a solução escolhida anteriormente.

Tabela 30 – Custos totais de exploração na centralidade 1

Designação	Valor estimativo (anual)
Custos de manutenção	445.500,00 €
Custos de combustível	8.438.003,68 € €
Total	8.883.503,68 €

Os custos estimativos anuais totais de exploração da centralidade 1 perfazem um valor total de 8.883.503,68 €

5.4. PRODUÇÃO DE ENERGIA PARA ABASTECIMENTO DA CENTRALIDADE 2

5.4.1. CARACTERIZAÇÃO DA CENTRALIDADE

Trata-se de uma centralidade de grande dimensão, com uma área de construção de 10,31 km², constituída por edifícios habitacionais, estabelecimentos comerciais/serviços e também espaços destinados a pequenas indústrias.

A centralidade é constituída por:

- 4500 fogos para fins habitacionais, destinados a agregados familiares constituídos por 6 a 8 pessoas;
- 350 espaços para estabelecimentos destinados a serviços.
- 200 espaços destinados a pequenas indústrias, divididos em:
 - 100 espaços com área até 1000 m², denominados de “indústria tipo 1”;
 - 100 espaços com área superior a 1000 m², denominados de “indústria tipo 2”.

A centralidade é ainda constituída por aproximadamente 100 km de vias públicas.

A Figura 80 mostra a planta de implantação da centralidade objeto de estudo.

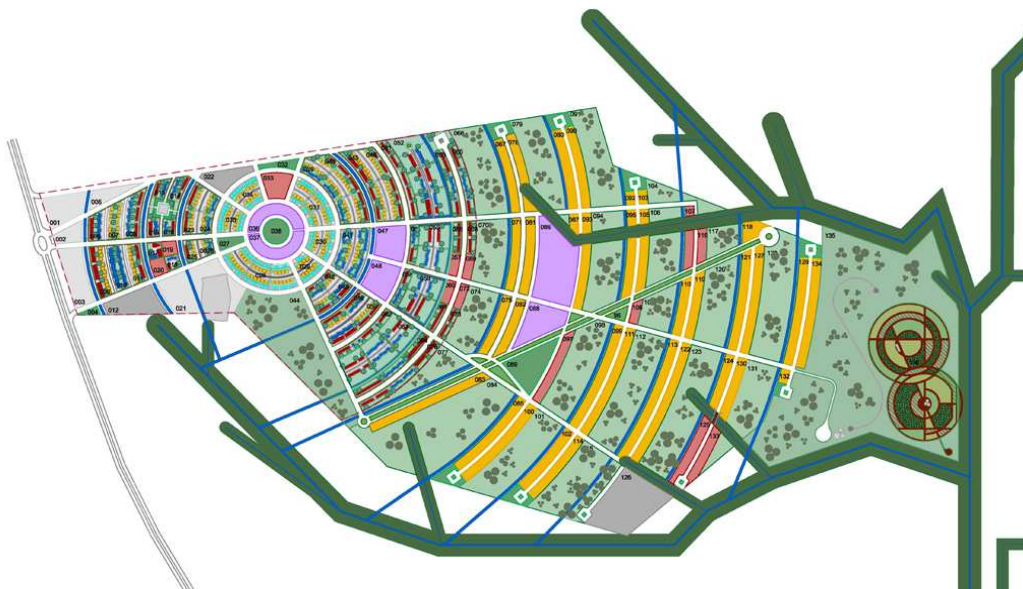


Figura 80 – Planta de implantação da centralidade 2

5.4.2. CARACTERIZAÇÃO DAS INFRAESTRUTURAS PÚBLICAS DE TRANSPORTE E DISTRIBUIÇÃO

Antes de se iniciar o projeto das instalações, torna-se necessário conhecer a infraestrutura elétrica existente e se a mesma possui, ou não, capacidade para abastecer a centralidade a construir.

Atendendo à informação prestada pelo cliente a única informação fornecida é que futuramente a centralidade será ligada à Rede Elétrica Nacional a uma subestação de 60/15KV situada a cerca de 2 Km do Loteamento.

Assim, e atendendo à informação prestada, verificou-se que a infraestrutura existente não tem capacidade de abastecer a centralidade e que a construção da nova linha, não será realizada em tempo útil para garantir o abastecimento da centralidade, sendo necessário instalar uma central de produção local, para o abastecimento da centralidade. A central de produção local terá possibilidade de interligação com a rede existe.

5.4.3. ESTIMATIVA DE POTÊNCIA

5.4.3.1. POTÊNCIA INSTALADA

Com base na constituição da centralidade foram estimadas potências para cada uma das instalações de utilização.

Não existindo em Angola um corpo regulamentar e normativo suficientemente sólido, e não havendo documentos normativos do distribuidor de energia que permitam uma estimativa das potências a considerar para cada uma das instalações de utilização, é prática corrente o uso da regulamentação portuguesa e dos documentos normativos da EDP-Distribuição.

- Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão

O Decreto-Lei n.º 226/2005, de 28 de Dezembro, alterado pela Declaração de Retificação n.º 11/2006, de 23 de Fevereiro, previu a aprovação das Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão e revogou os regulamentos de Segurança de Instalações de Utilização de Energia Elétrica e de Segurança de Instalações de Edifícios e Entradas, que haviam sido publicados pelo Decreto-Lei N.º 740/74, de 26 de Dezembro.

A Portaria n.º 949-A/2006, de 11 de Setembro aprovou e publicou as Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão (RTIEBT).

- Guia técnico de urbanizações, Regras para a conceção, aprovação e ligação à rede dos projetos de infraestruturas elétricas de loteamentos ou urbanizações de iniciativa privada, da EDP distribuição, EDPDIT-C11-010/N;

A potência relativa à iluminação pública foi estimada considerando a instalação de luminárias com potência de 150 W a cada 25 metros, ao longo dos 100 km de vias públicas da centralidade.

A Tabela 31 apresenta as potências estimadas para as diversas instalações de utilização da centralidade 2.

Tabela 31 – Potências estimadas para as diversas instalações de utilização da centralidade 2

Instalação de utilização	Designação	Quantidade	Potência (kVA)
Habitacional	Habitação	4500	6,9
Comercial	Comércio	350	20,7
Industrial	Industria tipo 1	100	50
	Industria tipo 2	100	75
Iluminação	Iluminação pública	-	600
Potência total instalada			51 395

A potência total instalada na centralidade é de 51 395 kVA.

5.4.3.2. POTÊNCIA DE UTILIZAÇÃO

Atendendo a que a potência instalada corresponde à soma das potências à plena carga de todos os equipamentos existentes na instalação, mas que os utilizadores das instalações tem comportamentos distintos, a potência elétrica que realmente vai ser necessária para garantir o funcionamento das instalações vai ser inferior ao valor da potência instalada.

A potência em utilização pode assim ser obtida com base no valor da potência instalada, com a afetação de coeficientes que refletiam a simultaneidade de funcionamento das diversas instalações.

A potência a considerar para o dimensionamento da central de produção é a que resultar do somatório das potências das instalações elétricas de cada uma das instalações de utilização, afetado pelo coeficiente de simultaneidade obtido pelas fórmulas práticas a seguir indicadas e constantes no documento normativo DIT-C11-010/N:

- Para instalações residenciais:

$$C_1 = 0,2 + \frac{0,8}{\sqrt{n}}$$

Na qual:

C_1 coeficiente de simultaneidade

n número de instalações de utilização

- Para instalações não residenciais:

$$C_2 = 0,5 + \frac{0,5}{\sqrt{n}}$$

Na qual:

C_2 coeficiente de simultaneidade

n número de instalações de utilização

A Tabela 32 apresenta o cálculo da potência a instalar na central de produção de energia.

Tabela 32 – Cálculo de potência total a alimentar pelo sistema

Tipo de instalação	Quantidade	Potência unitária (kVA)	Coeficiente	Potência total a considerar (kVA)
Habituação Tipo 1	4500	6.9	$C_1 = 0,2 + \frac{0,8}{\sqrt{n}}$	6580,3

Tipo de instalação	Quantidade	Potência unitária (kVA)	Coefficiente	Potência total a considerar (kVA)
Estabelecimentos comerciais	250	20.7	$C_2 = 0,5 + \frac{0,5}{\sqrt{n}}$	10293,5
Indústria Tipo 1	60	50		
Indústria Tipo 2	60	75		
Iluminação Pública	1	360	–	600
Potência total				17 473,8

A potência calculada foi de 17 474 kVA, sendo que atendendo à normalização da potência dos grupos geradores, a potência a instalar na central de produção será de 20 000 kVA.

Para esta estimativa de potência ser mais rigorosa, dever-se-ia proceder à análise dos perfis de consumo de cada tipologia de fração considerada, com base em informação de consumidores com o mesmo perfil, mas houve dificuldade no acesso a informação relativa aos perfis de consumo em Angola, não tendo sido possível realizar esse trabalho.

Após a estimativa da potência a instalar na central de produção de alimentação à centralidade e tendo sido realizado um contacto com o dono de obra, foi possível obter um perfil geral de consumo de outras centralidades.

Com base nessa informação foi possível traçar o perfil de consumo indicado no Gráfico 5.

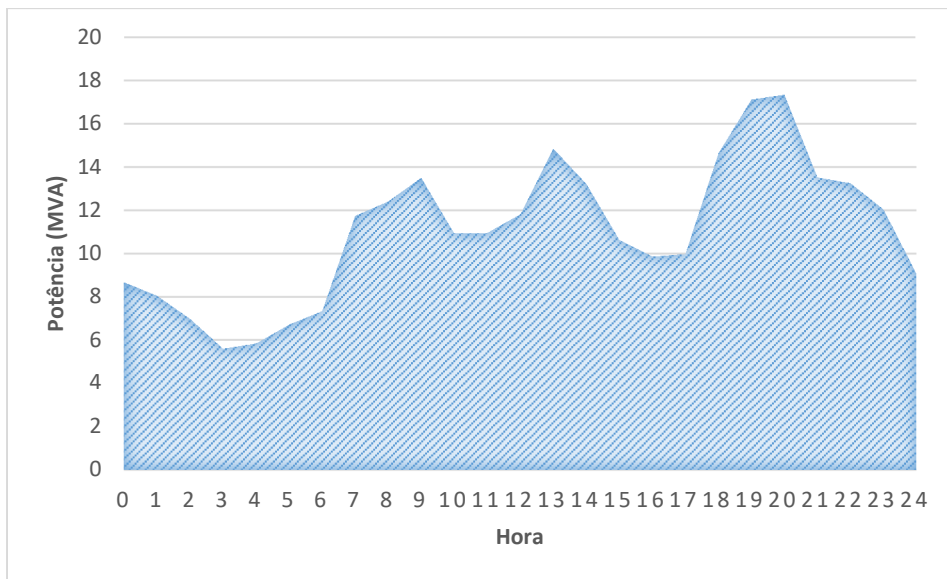


Gráfico 5 – Perfil de carga da centralidade 2

5.4.4. CENTRAL DE PRODUÇÃO

5.4.4.1. CARACTERÍSTICAS GERAIS

A central de produção de energia elétrica será realizada com recurso a grupos eletrogéneos devido à prática recorrente no país em estudo, à pequena área que esta ocupa, à rápida resposta e fiabilidade que estes garantem, tal como a diversidade de potências que existem no mercado.

Mediante a potência é possível equilibrar o número de geradores a funcionar, sem que exista desperdício de energia elétrica e o que esta acarreta, como é o caso do combustível e o desgaste das máquinas em funcionamento.

As duas alternativas apresentadas diferem em termos de potência, ou seja, uma é baseada em grupos geradores de potência de 2000 kVA, e outra baseada em grupos geradores de potência de 2500 kVA.

A escolha relativa à potência dos grupos geradores teve por base o estudo da resposta dos diferentes grupos geradores adaptando-se aos níveis de procura de energia no diagrama fornecido. Também se pretende que o espaço ocupado pela solução seja o menor possível, visto que a solução de 2500 kVA conta apenas com 8 geradores, enquanto a solução de 2000 kVA necessita de 10 unidades de produção. Estas são as razões que poderão merecer a justificação na análise de custo, no ponto 5.4.5 deste capítulo.

5.4.4.2. PRINCIPAIS ELEMENTOS CONSTITUINTES DA CENTRAL GERADORA

A solução a implementar será baseada na solução implementada na centralidade 1. Os únicos elementos que diferem serão os grupos geradores.

A centralidade 2 será equipada com os mesmos sistemas idealizados para a centralidade 1, como é o caso dos transformadores de potência, os transformadores de medida (tensão e corrente) e o mesmo sistema de abastecimento de combustível. Estes elementos constituintes são apresentados na secção 5.3.4.2.

Os grupos geradores selecionados para a primeira opção da centralidade 2 têm a potência de 2000 kVA PRIME, com saída de tensão de 400 V, motor de 1500 rpm (rotações por minuto) e frequência de funcionamento de 50 Hz. O consumo médio destes geradores a plena carga ronda os 400 L/hora.

Os grupos geradores selecionados para a segunda opção da centralidade 2 têm a potência de 2500 kVA PRIME, com saída de tensão de 400 V, motor de 1500 rpm (rotações por minuto) e frequência de funcionamento de 50 Hz. O consumo médio destes geradores a plena carga ronda os 400 L/hora.

5.4.4.3. CENTRAL DE PRODUÇÃO COM GRUPOS GERADORES DE 2000 KV

Em termos técnicos, a central será dotada de 10 geradores de potência 2000 kVA, utilizando o mesmo tipo de geradores que implementaram a centralidade 1. O conjunto de geradores perfaz a potência de 20 000 kVA (20 MVA). Existirão assim 2000 kVA de reserva, ou seja, um gerador que fará a redundância. Este gerador estará disponível para funcionamento em qualquer eventualidade, em caso de avaria ou necessidade de manutenção de um outro.

A opção dos geradores de 2000 kVA tem como justificação o contacto com o diretor de obra, e tendo este experiência na construção de outras centralidades afirma que o consumo em horas de potência de vazio não ascende os 10 MVA, ou seja, cerca de 50% da potência instalada. Assim será possível nesse horário o funcionamento de apenas 3 geradores, e assim poder fazer redundância durante os diferentes dias da semana.

O Gráfico 6 simula a gestão de funcionamento dos grupos geradores de 2000 kVA ao longo de um dia.

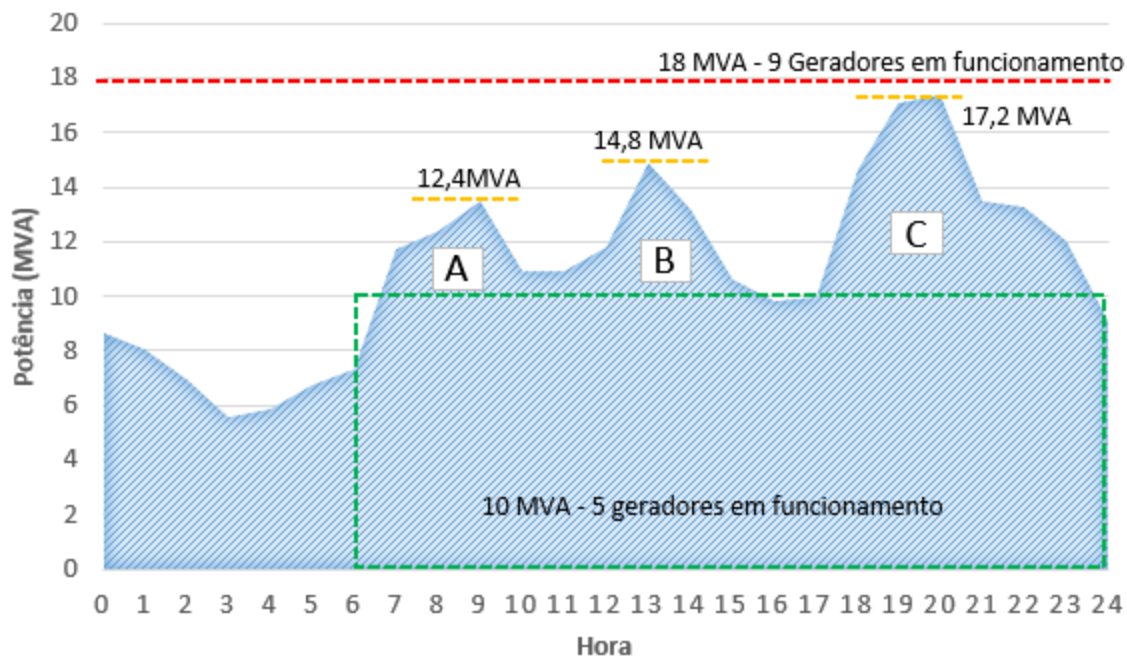


Gráfico 6 – Gestão de funcionamento dos grupos geradores de 2000 kVA

Como é perceptível através da análise do Gráfico 6 e, sabendo que cada grupo gerador pode produzir até 2 MVA, no período compreendido entre as 0:00 e as 6:00, o número de grupos geradores em funcionamento varia entre três e quatro, produzindo entre 6 e 8 MVA.

Ao longo do restante período (entre as 6:00 e as 24:00), por forma a responder às necessidades energéticas é indispensável do funcionamento permanente de cinco grupos geradores. No entanto, é de realçar que na situação A o grupo de geradores aumenta para seis na janela compreendida entre as 7:00 e as 10:00. Na situação B (das 12:00 às 15:00), serão necessários oito grupos geradores e na situação C (das 17:00 às 23:00) são ativados os nove grupos geradores disponíveis.

A Figura 81 mostra o tipo de grupo eletrogéneo a utilizar.



Figura 81 – Grupo eletrogéneo a instalar na central da centralidade 2 [44]

Foi selecionado um grupo gerador contentorizado porque não existe um edifício que possa albergar os grupos geradores, o único edifício idealizado será para a sala de média tensão. A solução contentorizada também permite facilitar o transporte do grupo gerador, assim como a proteção do mesmo. Uma vez instalado no local, o contentor vai permitir a proteção do grupo gerador das poeiras e chuvas na zona.

As principais características gerais dos grupos geradores de 2000 kVA encontram-se apresentadas na Tabela 33.

Tabela 33 – Especificações gerais do gerador de 2000 kVA [44]

Especificações	Modelo	X2200C
Potências	PRP	2000 kVA
	COP	2000 kVA
	ESP	2200 kVA
Consumo	100 %	401 L/hora
	75 %	306 L/hora
Motor	Tipo de motor	16V4000G23
	Cilindro	16 V
	Capacidade cubica total (L)	76.27

Versão aberta	Dimensões	Comprimento (m)	4.62
		Largura (m)	1.89
		Altura (m)	2.44
	Peso (kg)		13473
Contentor de 12,2 m	CPU40	dB (A) 7 m	78
	Si	Peso (kg)	26520

Nota: Está disponível no Anexo B a folha de especificações técnicas completa do gerador.

5.4.4.3.1. PRINCÍPIO DA CENTRAL GERADORA

Como os níveis de tensão da produção e distribuição são diferentes, ou seja, a produção é realizada através de um nível de tensão de 400 V e a distribuição de média tensão é feita à tensão de 15 kV são utilizados transformadores aos terminais de cada gerador.

A solução está equipada de mais um transformador de potência inferior (160 kVA) para alimentação de "usos gerais" da central produtora.

Na Figura 82 encontra-se representado o diagrama unifilar do quadro de média tensão.

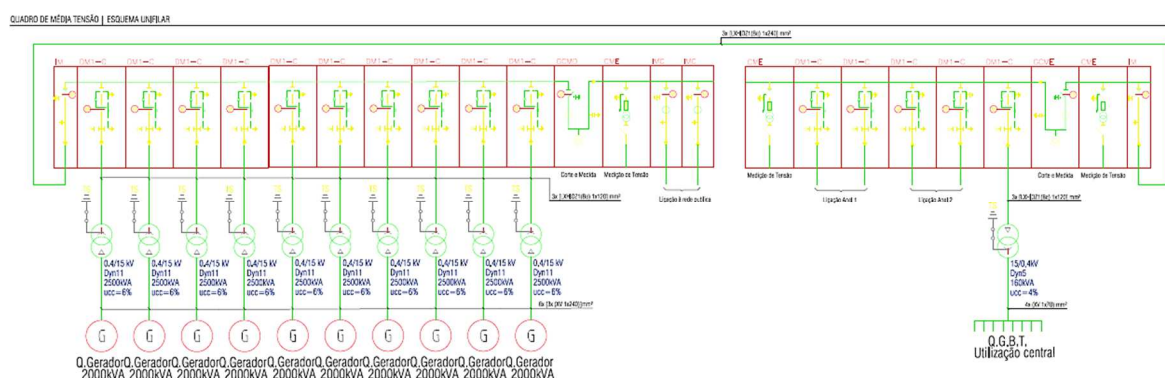


Figura 82 – Diagrama unifilar do quadro de média tensão (geradores 2000 kVA)

Nota: Está disponível no Anexo L o diagrama unifilar do quadro de média tensão para a solução de geradores de 2000 kV.

A solução de distribuição de energia para além de suportar a produção através de grupos geradores também estará preparada com duas celas de entrada que permitem a conexão opcional posterior à rede pública. Esta ligação encontra-se preparada com cela de contagem e medida.

A distribuição de energia em média tensão é realizada através de quatro celas de média tensão de saída, permitindo duas ligações em anel à centralidade, conforme ilustrado na Figura 74.

5.4.4.3.2. ARMAZENAMENTO E ABASTECIMENTO DE COMBUSTÍVEL

Relativamente às condições de autonomia, o dimensionamento de armazenamento e abastecimento de combustível teve por base a informação de fornecimento deste a cada 7 dias.

Os grupos geradores irão ter funcionamento contínuo, para tal será necessário calcular a capacidade dos tanques de reserva.

Dos grupos geradores de 2000 kVA escolhidos o consumo de combustível a plena carga (100%) terá um consumo de combustível de 400 L/hora, assim sendo, o volume necessário para os tanques de reserva será de 672 000 litros.

Os valores são baseados no cálculo em baixo indicado:

$$V_{\text{tanques reserva}} = 400 \text{ L} * 24 \text{ horas} * 7 \text{ dias} * 10 \text{ geradores} = 672 000 \text{ L} \cong 672 \text{ m}^3$$

5.4.4.3.3. TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA

Na solução a implementar existirão transformadores associados à produção e à distribuição. Também haverá transformadores de tensão (TT) e transformador de intensidade (TI) incluídos nas celas de corte e medida.

5.4.4.3.4. TRANSFORMADOR ELEVADOR

A instalação é composta por dez transformadores localizados nos terminais de cada grupo eletrogéneo, cuja função é elevar o nível de tensão. No caso apresentado os transformadores elevarão a tensão de 400 V para 15 kV.

Na Tabela 34 – Especificação técnica dos transformadores elevadores são apresentadas as especificações técnicas relativas aos transformadores elevadores.

Tabela 34 – Especificação técnica dos transformadores elevadores

Potência nominal	2500 kVA
Nº de fases	3
Frequência (Hz)	50
Relação de transferência em vazio	400/15000 V
Regulação de tensão	$\pm 2*2.5\%$ por tomada
Nível de isolamento	LI: 125 kV (AT)
	AC: 3 kV (BT) / 50 kV (AT)
Normas	CEI 60076-11 (2004)
Temperatura de referência (°C)	120
Perdas em vazio (W)	5000 (+ 15%)
Perdas em Curto (W)	23000 (+ 15%)
Perdas totais (W)	28000 (+ 10%)
Tensão de curto-circuito (%)	6 ($\pm 10\%$)

5.4.4.3.5. TRANSFORMADOR ABAIXADOR

O único transformador abaixador estará ligado ao barramento principal do quadro de média tensão, ou seja, a uma cela dotada de proteção por disjuntor.

O transformador terá a função de diminuir o nível de tensão, dos 15 kV para os 400 V, para alimentar as cargas necessárias á utilização da central produtora.

A Tabela 35 apresenta as especificações técnicas do transformador abaixador.

Tabela 35 – Especificação técnica do transformador abaixador

Potência nominal	160 kVA
Nº de fases	3
Frequência (Hz)	50
Relação de transferência em vazio	400/15000 V
Regulação de tensão	± 2*2.5% por tomada
Nível de isolamento	LI: 125 kV (AT)
	AC: 3 kV (BT) / 50 kV (AT)
Normas	CEI 60076-11 (2004)
Temperatura de referência (°C)	75
Perdas em vazio (W)	750 (+ 15%)
Perdas em Curto (W)	1550 (+ 15%)
Perdas totais (W)	2300 (+ 10%)
Tensão de curto-circuito (%)	6 (± 10 %)

5.4.4.3.6. TRANSFORMADOR DE TENSÃO

As características do transformador de tensão utilizado na solução implementada são:

- Tensão nominal: 15 kV;
- Tensão mais elevada: 17,5 kV;
- Frequência nominal: 50 Hz.

Na Tabela 36Tabela 22 são apresentadas as designações impostas pela EDP distribuição através do documento normativo DMA-C42-510/N.

Tabela 36 – Designação de transformadores de tensão pela EDP Distribuição [45]

Designação EDP	TT15 XI	
Tensão primária nominal (kV)	15 / $\sqrt{3}$	
Fatores de tensão nominal	1.2 em permanência 1.9 – 3s	
Enrolamento secundário principal	Tensão estipulada (V)	100 / $\sqrt{3}$
	Potência de exatidão (VA)	10
	Classe de exatidão	0.5 / 3P
Enrolamento secundário de tensão residual	Tensão nominal (V)	100 / 3
	Potência de exatidão (VA)	60
	Classe de exatidão	3
Tipo de montagem	Interior	

5.4.4.3.7. TRANSFORMADOR DE INTENSIDADE

As características do transformador de tensão utilizado na solução implementada são:

- Tensão nominal: 15 kV;
- Tensão mais elevada: 17,5 kV;
- Frequência nominal: 50 Hz.

Na Tabela 37 são apresentadas as designações impostas pela EDP distribuição através do documento normativo DMA-C42-550/N.

Tabela 37 – Designação de transformadores de corrente pela EDP Distribuição [46]

Designação do EDP	Relação de Transformação	Corrente térmica de curta-duração I_{th} [kA] (3s)	Núcleos	Potência de exatidão [VA]	Classe de exatidão	Fator segurança (Fs) Fator limite exatidão (n)
TC15 XIII	800-1600/ 1 – 1 ^a	16	Medição	5	0,5	$F_s \leq 5$
			Proteção	5	5 P	n=20

5.4.4.3.8. APARELHAGEM DE MÉDIA TENSÃO

Nesta secção será apresentada a solução de aparelhagem de média tensão fornecida pela EFACEC.

A empresa EFACEC é uma empresa Portuguesa com perfil fortemente exportador e com presença internacional em mais de 65 países, entre eles Angola.

5.4.4.3.8.1. Características gerais da aparelhagem de média tensão

Os quadros de Média Tensão da gama “Normacel” são blindados e compartimentados, de isolamento no ar, de construção modular e facilmente extensível.

As celas estão equipadas com disjuntores extraíveis de corte no vácuo do tipo DIVAC, de elevadas prestações elétricas e mecânicas segundo IEC 62271-200, classes E3 e M2.

O desenvolvimento contínuo desta gama de produtos permite atingir elevadas prestações, com correntes nominais até 4000 A e capacidade de curto-circuito até 50 kA.

A Tabela 38 apresenta as características técnicas gerais desta gama de aparelhagem de média tensão.

Tabela 38 – Características gerais técnicas dos quadros modulares “Normacel”

Tensão nominal		17,5 kV
Nível de isolamento	À frequência industrial	38 kV
	Ao choque (1,2 / 50 µs)	95 kVp
Corrente nominal		630 até 4000 A
Poder de fecho		Até 100 kAp
Corrente nominal de curta duração		Até 40 kA (3s) ou 50 kA (1s)
Grau de proteção		IP3X até IP41
Temperatura ambiente		-5 / +40 °C

5.4.4.3.8.1.1. Tipo de celas em uso na central geradora

A solução de média tensão é da gama “Normacel” da marca EFACEC. A empresa selecionada foi a EFACEC, pois aposta no desenvolvimento de infraestruturas de energia, mobilidade e ambiente, para a promoção de um mundo sustentável. É também uma empresa com forte ligação ao mercado Angolano, contando já com uma vasta experiência, garantindo um elevado padrão de qualidade e fiabilidade nas suas soluções.

A solução de média tensão é da gama “Normacel” da marca EFACEC. Será diferente da centralidade 1 uma vez que o número de geradores é maior, logo a potência também será. No cálculo de correntes nominais do barramento esta excedeu o limite da gama “Normafix” (630 A) e assim terá de ser uma solução à medida.

Assim sendo, a solução para a centralidade 2 proposta pela EFACEC é constituída pela seguinte aparelhagem:

- Duas celas de chegada e saída;
- Quinze celas de proteção por disjuntor;
- Uma cela de Corte geral e medida, com saída lateral superior direita por barramento;
- Uma cela de Corte geral e medida, com saída lateral superior esquerda por barramento;
- Três celas contagem e medida de tensão (MT).

A Figura 83 representa uma cela de média tensão da gama “Normacel”.



Figura 83 – Celas de média tensão “Normacel”

5.4.4.3.9. LAYOUT DAS CELAS DE MÉDIA TENSÃO

Para a instalação dos componentes de média tensão da central geradora foi prevista a construção de um edifício no qual será implementado a solução de aparelhagem de média tensão. Optou-se pela construção de um edifício, pois este garante a proteção do equipamento nele instalado e consequentemente maior durabilidade do mesmo. No que refere à disposição das celas de média tensão, esta teve em conta a funcionalidade do equipamento, considerando o lado de produção e o lado de distribuição de energia.

A Figura 84 mostra a disposição das celas em cima citadas na sala de média tensão da centralidade 2 na opção de grupos geradores de 2000 kVA.

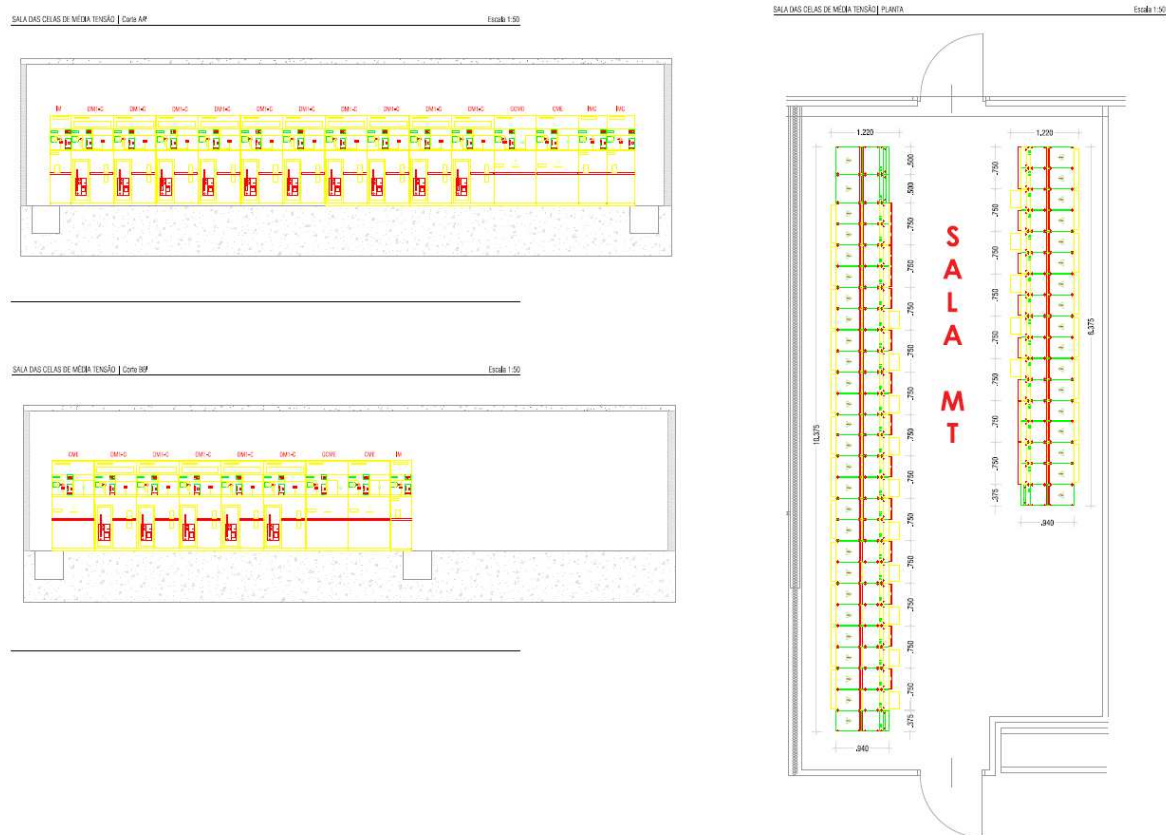


Figura 84 – Disposição de celas na sala de média tensão na solução de grupos geradores de 2000 kVA (Centralidade 2)

Nota: Está disponível no Anexo M a disposição de celas na sala de média tensão para a solução de geradores de 2000 kV.

5.4.4.3.10. LAYOUT DA IMPLANTAÇÃO DA CENTRAL GERADORA

O *layout* da solução encontra-se na Figura 77, com esta pode-se entender a disposição de cada elemento na instalação. O *layout* apresentado foi desenhado tendo por base projetos de soluções de abastecimento através de grupos eletrogéneos de centralidades já existentes e, nas quais a distribuição de equipamentos é semelhante. Assim sendo, a central produtora é constituída pelos seguintes espaços:

- Entrada (acesso para veículos; edifício para guarda);
- Edifício para utilizações gerais (sala de reuniões; sala de manutenção; sala de refeições e cozinha; sala de média tensão);

- Parque de materiais;
- Área de reserva (para expandir a produção se for necessário);
- Área de produção (local onde são instalados os geradores contentorizados);
- Área dedicada à reserva de combustível (local onde são instalados os tanques).

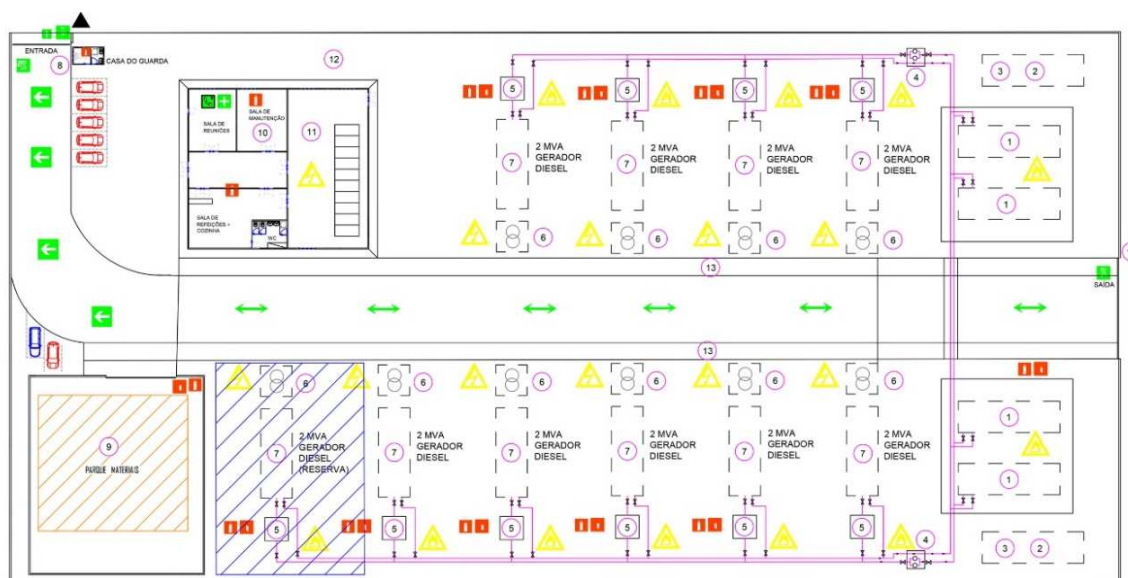


Figura 85 – *Layout* da centralidade 2 (grupos geradores 2000 kVA)

Nota: Está disponível no Anexo N o *layout* da centralidade 2 equipada de grupos geradores de 2000 kVA.

5.4.4.4. CENTRAL DE PRODUÇÃO COM GRUPOS GERADORES DE 2500 kV

Em termos técnicos, a central será dotada de 8 geradores de potência 2500 kVA, utilizando geradores da marca CAT. O conjunto de geradores perfaz a potência de 20 000 kVA (20 MVA). Existirão assim 2500 kVA de reserva, ou seja, um gerador que fará a redundância. Este gerador estará disponível para funcionamento em qualquer eventualidade, em caso de avaria ou necessidade de manutenção de um outro.

A opção dos geradores de 2500 kVA tem como justificação o contacto com o diretor de obra, e tendo este experiência na construção de outras centralidades afirma que o consumo em horas de potência de vazio não ascende os 10 MVA, ou seja, cerca de 50% da potência instalada. Também tem como justificação o estudo económico da solução, relativamente à poupança de unidades geradoras comparando com a primeira opção dotada de grupos geradores de 2000 kVA.

O Gráfico 7 simula a gestão de funcionamento dos grupos geradores de 2000 kVA ao longo de um dia.

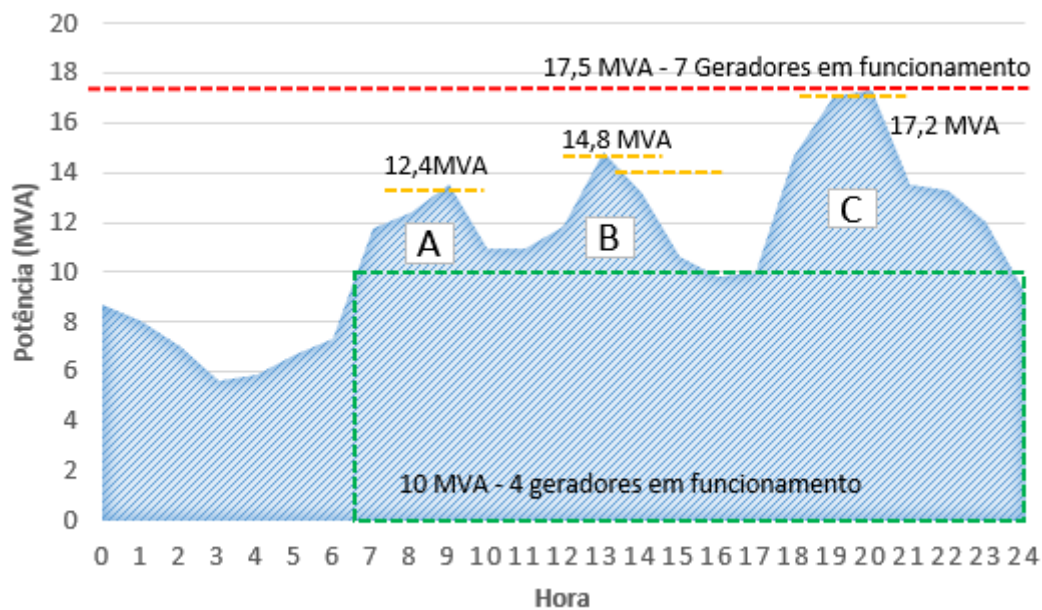


Gráfico 7 – Gestão de funcionamento dos grupos geradores de 2500 kVA

Com a análise do Gráfico 7 e, sabendo que cada grupo gerador pode produzir até 2,5 MVA, ao longo do dia estarão em funcionamento contínuo quatro grupos geradores, com exceção do período compreendido entre 2:00 e as 6:00 em que apenas são necessários três equipamentos.

Na situação A, que compreende o período entre as 7:00 e as 10:00, o grupo de geradores em funcionamento aumenta para cinco. Na situação B (das 12:00 às 15:00), serão necessários seis grupos geradores e, por último, na situação C (das 17:00 às 23:00) são ativados os sete grupos geradores disponíveis.

A Figura 86 mostra o tipo de grupo eletrogéneo a utilizar.



Figura 86 – Grupo eletrogéneo a instalar na central da centralidade 2 [47]

Foi selecionado um grupo gerador contentorizado porque não existe um edifício que possa albergar os grupos geradores, o único edifício idealizado será para a sala de média tensão. A solução contentorizada também permite facilitar o transporte do grupo gerador, assim como a proteção do mesmo. Uma vez instalado no local, o contentor vai permitir a proteção do grupo gerador das poeiras e chuvas na zona.

As principais características gerais dos grupos geradores de 2500 kVA encontram-se apresentadas na Tabela 39.

Tabela 39 – Especificações gerais do gerador de 2500 kVA [47]

Tensão	400 V	
Frequência	50 Hz	
Velocidade	1500 rpm	
Potência	2500 kVA	
Consumos	100 % de carga	521,8 L/hora
	75 % de carga	397,7 L/hora

Nota: Está disponível no Anexo O a folha de especificações técnicas completa do gerador.

5.4.4.2. ARMAZENAMENTO E ABASTECIMENTO DE COMBUSTÍVEL

Relativamente às condições de autonomia, o dimensionamento de armazenamento e abastecimento de combustível teve por base a informação de fornecimento deste a cada 7 dias.

Os grupos geradores irão ter funcionamento contínuo, para tal será necessário calcular a capacidade dos tanques de reserva.

Dos grupos geradores de 2500 kVA escolhidos o consumo de combustível a plena carga (100%) terá um consumo de combustível de 521 L/hora, assim sendo, o volume necessário para os tanques de reserva será de 672 000 litros.

Os valores são baseados no cálculo em baixo indicado:

$$V_{\text{tanques reserva}} = 521,8 \text{ L} * 24 \text{ horas} * 7 \text{ dias} * 10 \text{ geradores} = 701 299 \text{ L} \cong 700 \text{ m}^3$$

5.4.4.3. TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA

Na solução a implementar existirão transformadores associados à produção e à distribuição. Também haverá transformadores de tensão (TT) e transformador de intensidade (TI) incluídos nas celas de corte e medida.

5.4.4.4. TRANSFORMADOR ELEVADOR

A instalação é composta por oito transformadores localizados nos terminais de cada grupo eletrogéneo, cuja função é elevar o nível de tensão. No caso apresentado os transformadores elevarão a tensão de 400 V para 15 kV.

As características do transformador de tensão utilizado na solução implementada é conforme descrito no ponto 5.4.4.3.4.

5.4.4.5. TRANSFORMADOR ABAIXADOR

As características do transformador de tensão utilizado na solução implementada é conforme descrito no ponto 5.4.4.3.5.

5.4.4.6. TRANSFORMADOR DE TENSÃO

As características do transformador de tensão utilizado na solução implementada é conforme descrito no ponto 5.3.4.4.6.

5.4.4.4.7. TRANSFORMADOR DE INTENSIDADE

As características do transformador de intensidade utilizado na solução implementada é conforme descrito no ponto 5.3.4.4.7.

5.4.4.4.8. APARELHAGEM DE MÉDIA TENSÃO

Nesta secção será apresentada a solução de aparelhagem de média tensão fornecida pela EFACEC.

A empresa EFACEC é uma empresa Portuguesa com perfil fortemente exportador e com presença internacional em mais de 65 países, entre eles Angola.

5.4.4.4.8.1. Características gerais da aparelhagem de média tensão

Os quadros de Média Tensão da gama “Normacel” são blindados e compartimentados, de isolamento no ar, de construção modular e facilmente extensível.

As celas estão equipadas com disjuntores extraíveis de corte no vácuo do tipo DIVAC, de elevadas prestações elétricas e mecânicas segundo IEC 62271-200, classes E3 e M2.

O desenvolvimento contínuo desta gama de produtos permite atingir elevadas prestações, com correntes nominais até 4000 A e capacidade de curto-circuito até 50 kA.

A Tabela 40 apresenta as características técnicas gerais desta gama de aparelhagem de média tensão.

Tabela 40 – Características gerais técnicas dos quadros modulares “Normacel”

Tensão nominal		17,5 kV
Nível de isolamento	À frequência industrial	38 kV
	Ao choque (1,2 / 50 µs)	95 kVp
Corrente nominal		630 até 4000 A

Poder de fecho	Até 100 kAp
Corrente nominal de curta duração	Até 40 kA (3s) ou 50 kA (1s)
Grau de proteção	IP3X até IP41
Temperatura ambiente	-5 / +40 °C

5.4.4.4.8.1.1. Tipo de celas em uso na central geradora

A solução de média tensão é da gama “Normacel” da marca EFACEC. A empresa selecionada foi a EFACEC, pois aposta no desenvolvimento de infraestruturas de energia, mobilidade e ambiente, para a promoção de um mundo sustentável. É também uma empresa com forte ligação ao mercado Angolano, contando já com uma vasta experiência, garantindo um elevado padrão de qualidade e fiabilidade nas suas soluções.

A solução de média tensão é da gama “Normacel” da marca EFACEC. Será diferente da centralidade 1 uma vez que o número de geradores é maior, logo a potência também será. No cálculo de correntes nominais do barramento esta excedeu o limite da gama “Normafix” (630 A) e assim terá de ser uma solução à medida.

Assim sendo, a solução para a centralidade 2 proposta pela EFACEC é constituída pela seguinte aparelhagem:

- Duas celas de chegada e saída;
- Treze celas de proteção por disjuntor;
- Uma cela de Corte geral e medida, com saída lateral superior direita por barramento;
- Uma cela de Corte geral e medida, com saída lateral superior esquerda por barramento;
- Três celas contagem e medida de tensão (MT).

A Figura 88Figura 75 representa uma cela de média tensão da gama “Normacel”.



Figura 88 – Celas de média tensão “Normacel”

5.4.4.4.9. LAYOUT DAS CELAS DE MÉDIA TENSÃO

Para a instalação dos componentes de média tensão da central geradora foi prevista a construção de um edifício no qual será implementado a solução de aparelhagem de média tensão. Optou-se pela construção de um edifício, pois este garante a proteção do equipamento nele instalado e consequentemente maior durabilidade do mesmo. No que refere à disposição das celas de média tensão, esta teve em conta a funcionalidade do equipamento, considerando o lado de produção e o lado de distribuição de energia.

A Figura 89 mostra a disposição das celas em cima citadas na sala de média tensão da centralidade 2 equipada de geradores de 2500 kVA.



Figura 89 – Disposição de celas na sala de média tensão na solução de grupos geradores de 2500 kVA (Centralidade 2)

Nota: Está disponível no Anexo Q a disposição de celas na sala de média tensão para a solução de geradores de 2500 kV.

5.4.4.4.10. LAYOUT DA IMPLANTAÇÃO DA CENTRAL GERADORA

O *layout* da solução encontra-se na Figura 90, com esta pode-se entender a disposição de cada elemento na instalação. O *layout* apresentado foi desenhado tendo por base projetos de soluções de abastecimento através de grupos eletrogéneos de centralidades já existentes e, nas quais a distribuição de equipamentos é semelhante. Assim sendo, a central produtora é constituída pelos seguintes espaços:

- Entrada (acesso para veículos; edifício para guarda);
- Edifício para utilizações gerais (sala de reuniões; sala de manutenção; sala de refeições e cozinha; sala de média tensão);
- Parque de materiais;
- Área de reserva (para expandir a produção se for necessário);
- Área de produção (local onde são instalados os geradores contentorizados);
- Área dedicada à reserva de combustível (local onde são instalados os tanques).

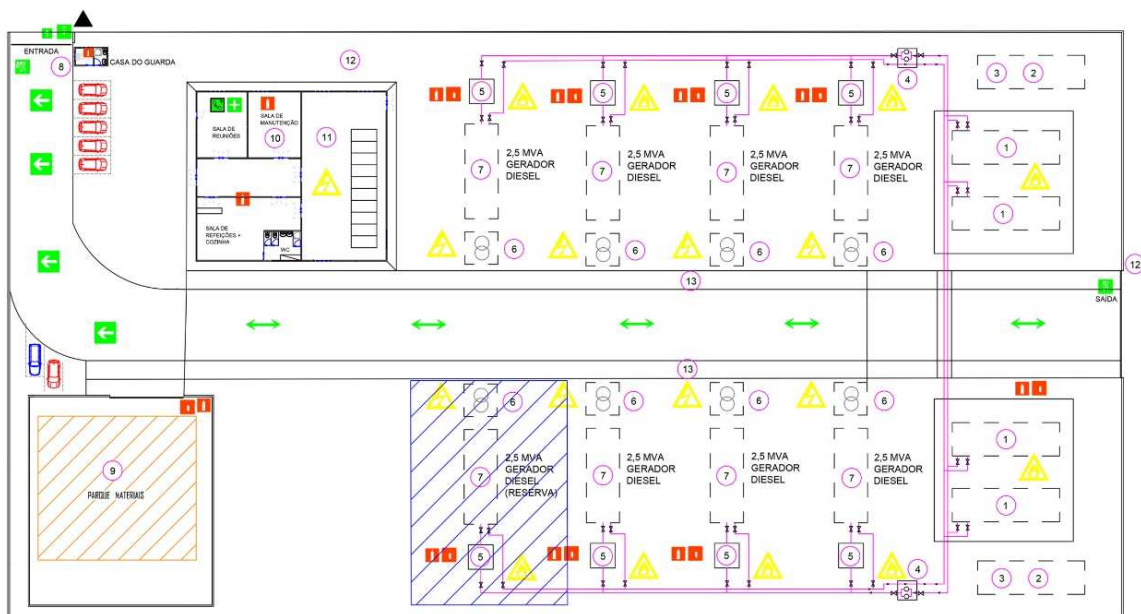


Figura 90 – Layout da centralidade 2 (grupos geradores 2500 kVA)

Nota: Está disponível no Anexo R o layout da centralidade 2 equipada de grupos geradores de 2500 kVA..

5.4.5. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE SOLUÇÕES

No presente capítulo descrevem-se os resultados obtidos mediante pedido de cotações para as soluções equipadas com geradores de potência de 2000 kVA e 2500 kVA. Assim, serão comparadas estas opções tendo em conta a relação custo/benefício e posteriormente será escolhida a que melhor se enquadra nas necessidades da centralidade.

5.4.5.1. CUSTOS DE INVESTIMENTO

As empresas que forneceram os orçamentos foram: a SDMO-AutoSueco, à qual corresponde o grupo eletrogéneo X2200; a STET Barloword Energy – Catterpillar, à qual corresponde o grupo eletrogéneo 3516C; a Efacec, que forneceu os pedidos de cotação de soluções de aparelhagem de média tensão e transformadores.

Os orçamentos apresentados para as soluções propostas têm em conta os mesmos fatores mencionados nos custos de investimento da centralidade 1, disponíveis no ponto 5.3.5.1.

Na Tabela 41 apresenta-se os custos estimativos das soluções de grupos geradores de 2000 e 2500 kVA idealizadas para a centralidade 2.

Tabela 41 – Custos estimativos das soluções de grupos geradores para a Centralidade 2

Fornecedor	Descrição da opção	Custo da solução
AUTO SUECO (SDMO)	Grupo eletrogéneo X2200 de 2000 kVA PRP, com alternador MT 400 V , 1500 rpm 50Hz;	7.450.850,00 €
STET Barloworld	Grupo eletrogéneo 3516C, de 2500 kVA PRP, com alternador MT 400 V , 1500 rpm, 50Hz;	8.623.356,89 €

A Tabela 41 apresenta os custos estimativos das soluções dos grupos geradores que poderão implementados na centralidade 2. As empresas Autosueco e Stet Barloworld apresentam soluções distintas tendo em conta a potência dos grupos geradores. Assim como acontecia na centralidade 1, a Autosueco pratica preços mais económicos quando comparada com a Stet Barloworld, sendo neste caso a diferença de 1.1721.506,89 €. Tal como na centralidade 1, esta diferença de custos pode ser justificada pela diferença de características do sistema de abastecimento de combustível.

Observando de outra perspetiva que não a financeira, é possível considerar que apesar da solução idealizada pela Stet Barloworld ser mais cara, o espaço físico utilizado na sua implementação é mais reduzido que a solução proveniente da Autosueco. A Stet Barloworld consegue com menor número de geradores (oito unidades, em comparação com as dez da Autosueco) suprir as necessidades da centralidade 2.

Nota: No Anexo K são disponibilizados todos os orçamentos detalhados inerentes a cada solução.

A

Tabela 42 mostra os custos estimativos das soluções de aparelhagem de média tensão para a centralidade 2.

Tabela 42 – Custos estimativos das soluções de média tensão para a Centralidade 2

Fornecedor	Descrição	Custo da solução
EFACEC	<p>Para a solução Autosueco (SDMO):</p> <ul style="list-style-type: none"> - 10 Transformadores 0.4/15 kV ou 11/15 kV, 2500 kVA, Ucc=6%, Dyn11; - 1 Transformador 15/0.4 kV, 160 kVA, Ucc=4%, Dyn5; - 4 Celas de ligação; - 15 Celas disjuntor entrada/saída; - 2 Celas de corte geral e medida com saída lateral superior direita ou esquerda; - 3 Celas de medida de tensão. 	<p>400 V</p> <p>402.707,25 €</p>
	<p>Para a solução STET Barloworld:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 8 Transformadores 0.4/15 kV ou 11/15 kV, 2500 kVA, Ucc=6%, Dyn11; - 1 Transformador 15/0.4 kV, 160 kVA, Ucc=4%, Dyn5; - 4 Celas de ligação (IM); - 13 Celas disjuntor entrada/saída; - 2 Celas de corte geral e medida com saída lateral superior direita ou esquerda; - 3 Celas de medida de tensão. 	<p>400 V</p> <p>342.753,75 €</p>

As soluções apresentadas pela EFACEC diferem de 59.953,50 €, pois a solução da Autosueco necessita de um maior número de componentes estruturais quando comparada com a solução da Stet Barloworld, como pode ser analisado na

Tabela 42. A diferença de material será o acrescento de dois transformadores e três celas disjuntor entrada/saída.

A Tabela 43 apresenta os custos totais de investimento das soluções na centralidade 2. Estes valores incluem a solução de grupos eletrogéneos e a aparelhagem de média tensão.

Tabela 43 – Custos totais das soluções na Centralidade 2

Fornecedor	Cálculos (Grupos eletrogéneos + Aparelhagem de Média Tensão)	Custo total da solução
SDMO – AUTOSUECO + EFACEC	400 V; 2000 kVA 7.450.850,00 € + 472.707,25 €	7.853.557,25 €
STET Barloworld + EFACEC	400 V; 2500 kVA: 8.623.356,89 € + 342.753,75 €	8.966.110,64 €

Pela análise da Tabela 43, consideram-se as duas hipóteses de solução como viáveis apesar da diferença nos custos (cerca de 1.112.553,39 €). Para a centralidade 2, ao contrário do que aconteceu na centralidade 1, não existe destaque ou preferência para nenhuma das soluções. Isto porque as propostas de solução quer da Autosueco, quer da Stet Barloworld desempenham a função na produção de energia necessária à centralidade, diferindo no espaço físico que ocupam, ou seja, no número de grupos geradores. Cabe assim ao investidor a decisão final.

5.4.5.2. CUSTOS DE EXPLORAÇÃO

Os custos operacionais da centralidade 2 dependem dos mesmos fatores abordados para a centralidade 1 no ponto 5.3.5.2, considerando os mesmos preços do combustível (gasóleo) e a mesma percentagem relativa aos contratos de manutenção.

Considerando o diagrama de carga ilustrado no Gráfico 8 foi possível obter o consumo médio diário e assim calcular o consumo de combustível total anual.

Na Tabela 44 apresentam-se os consumos de combustível inerentes à solução da centralidade 2.

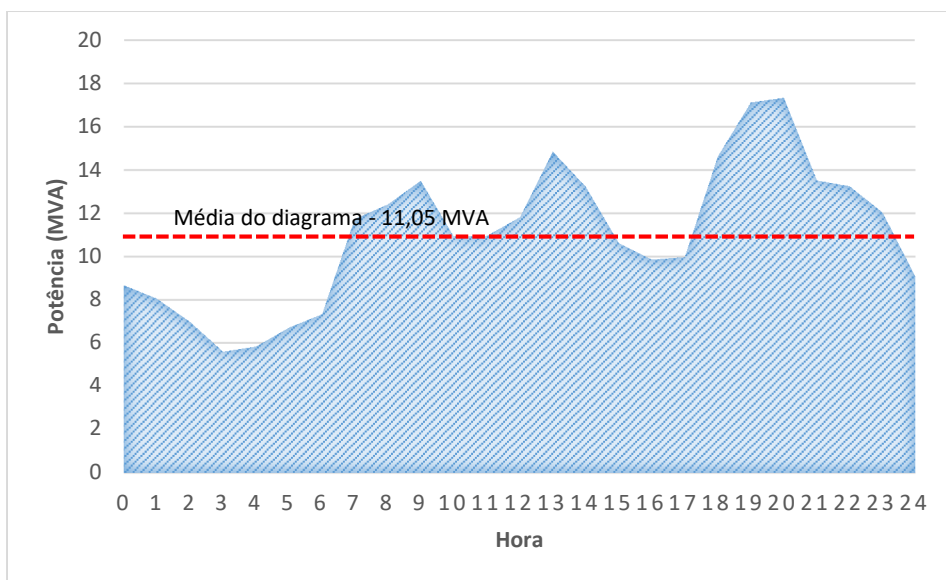


Gráfico 8 – Diagrama de carga com linha média de potência produzida

Tabela 44 – Consumo de combustível na centralidade 2

Potência média (MVA)	11.05		
Nº de geradores em funcionamento	6 (2000 kVA)	5 (2500 kVA)	
Consumo de um gerador (L/h)	401	521,8	
Consumo total (funcionamento dos 4 geradores)	Horário (L/hora)	2 356	2 453
	Diário (L/dia)	56 541	58 860
	Mensal (L/mês)	1 752 771	1 824 631
	Anual (L/ano)	21 033 252	21 895 563

Relativamente aos custos de manutenção, estes foram considerados mediante pedido de orçamentação a algumas empresas, sendo que estas praticam preços com valor anual aproximado de 10 % do investimento inicial.

O valor de contrato de manutenção indicado refere-se ao custo estimado das revisões periódicas (a cada 500 horas), tal como acontece na centralidade 1.

Concluindo o estudo de exploração, a Tabela 45 apresenta os custos totais de exploração da centralidade 2, tendo em conta a solução escolhida anteriormente.

Tabela 45 – Custos totais de exploração na centralidade 2

Designação	Valor estimativo (anual)	
	Geradores 2000 kVA	Geradores 2500 KVA
Custos de manutenção	785.355,73 €	862.335,69 €
Custos de combustível	15.564.606,48 €	16.202.716,53 €
Total	16.349.962,21 €	17.065.052,22 €

Os custos estimativos anuais totais de exploração da centralidade 2 perfazem um valor total de 16.349.962,21 € para a solução que a Autosueco apresenta e 17.065.052,22 € para a solução equipada pela Stet Barloworld.

6. CONCLUSÕES

A tese “Soluções técnicas e económicas para produção de energia elétrica para o abastecimento de centralidades em Angola” surge da iminente necessidade de melhorar diretamente a qualidade de vida das pessoas angolanas, fazendo com que as suas necessidades energéticas em eletricidade sejam supridas.

O ser humano não vive sem energia, sendo atualmente possível a sua produção através de energias renováveis e não renováveis. Uma descrição pormenorizada sobre cada uma das formas de produção de energia é realizada ao longo da primeira parte do trabalho.

Em Angola, as centralidades são uma componente fundamental dos sistemas urbanos e da sua dinâmica. Com efeito, tanto a aldeia como a grande cidade começam a possuir as suas centralidades, que são elementos essenciais de qualquer aglomerado para o bem-estar da população. No trabalho são propostas soluções para duas centralidades através de grupos geradores. Embora em países como Portugal este tipo de solução seja apenas utilizada em situação de emergência (unidades de Saúde e Serviços), em Angola os grupos de geradores podem ser uma solução de fornecimento contínuo de eletricidade, sendo uma opção recorrente.

Uma das maiores dificuldades encontradas ao longo do processo foi aceder a informação atual relativa ao estado e caracterização da rede de energia elétrica Angolana. Desta forma, e em busca de informação real e atual, foi realizada uma pesquisa na rede social LinkedIn sobre engenheiros eletrotécnicos a exercerem funções em Angola, que surtiu resultados presentes no trabalho.

Para o desenvolvimento da presente tese foi pertinente recorrer a empresas de referência no mercado, para que assim pudesse tornar o trabalho mais real. Desta forma, via *e-mail*, mas também pessoalmente surgiu a oportunidade de trabalhar com engenheiros da EFACEC, Stet Barloworld e AutoSueco (SDMO) que prontamente se disponibilizaram para ajudar a desenvolver soluções viáveis e eficientes. Com a colaboração das empresas mencionadas desenvolveu-se orçamentação, condições e materiais necessários para a implementação das propostas para as centralidades definidas.

Após análise das várias soluções para as duas centralidades descritas no trabalho, a melhor solução encontrada para equipar a centralidade 1 foi a solução dotada de grupos geradores de 400V. Já perante a análise das propostas para a centralidade 2, não é possível a seleção de nenhuma das opções, isto porque a proposta da Autosueco é economicamente vantajosa, mas a Stet Barloworld propõe uma solução mais segura e que ocupa menos espaço físico, apesar de ser mais cara.

Nos tempos recentes, o acesso à energia continua a ser um meio importante para a existência humana, existindo uma crescente e imparável queima de combustíveis fósseis que afetam o equilíbrio ecológico e a economia da Terra. Assim sendo, futuramente seria desejável aprimorar a presente tese, tendo em conta soluções onde fosse possível agregar elementos renováveis na produção de energia elétrica. Neste caso, seria interessante explorar uma solução híbrida (energia solar e grupos eletrogéneos), aproveitando o recurso solar, devido aos níveis aceitáveis de irradiação em Angola.

Após a conclusão do trabalho realizado ao longo de oito meses é de realçar a importância do contacto e troca de experiências e conhecimentos com entidades externas, pois possibilitou o conhecimento da realidade no mercado de trabalho; foi também fundamental para entender o que está por trás de uma implementação de uma central produtora de energia elétrica

através de grupos eletrogéneos; é importante referir também a importância da planificação detalhada e específica para todos os componentes.

REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS

- [1] J. P. Sucena Paiva, *Redes de energia elétrica: uma análise sistémica*, 2ª edição. Lisboa: IST Press, 2007.
- [2] GoSolar, “Go Solar incentive program,” 2013. [Online]. Available: <http://go-solar.com/gosolar-solar-energy-incentive-program/>. [Accessed: 04-Feb-2016].
- [3] J. F. F. Berlenga, “Estudo de viabilidade de uma instalação fotovoltaica num edifício existente,” Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2012.
- [4] B. I. Gaëtan Masson, Sinead Orlandi, “SolarPower Europe,” Belgium, 2015.
- [5] R. M. G. Castro, “INTRODUÇÃO À ENERGIA FOTOVOLTAICA Rui M.G. Castro,” vol. 2002, no. edição 0, 2002.
- [6] R. M. G. Castro, *Uma introdução às Energias Renováveis: Eólica, Fotovoltaica e Mini-hídrica*, 1st ed. IST Press, 2011.
- [7] T. J. M. Gonçalves, “Metodologia para dimensionamento de turbinas Banki para aplicação microhídricas em antigos moinhos,” Universidade do Minho, 2011.
- [8] IEA - International Energy Agency, “Hidropower,” *IEA report sets a course for*

- doubling hydroelectricity output by 2050*, 2016. [Online]. Available: <https://www.iea.org/topics/renewables/subtopics/hydropower/>. [Accessed: 06-Mar-2016].
- [9] EDP, “EDP - Centros produtores hidroelétricos,” *Centros produtores*, 2016. [Online]. Available: http://www.a-nossa-energia.edp.pt/centros_produtores/empreendimento.php?item_id=18. [Accessed: 15-Mar-2016].
- [10] Portal Energia: Energias renováveis, “Portal-energia.com: vantagens e desvantagens Geotérmica,” 2010. [Online]. Available: <http://www.portal-energia.com/>.
- [11] T. E. D. A. C. Onstrução, “G EOTERMIA E I MPLICAÇÕES NAS,” 2011.
- [12] B. Líndal, *Industrial and other applications of geothermal energy*. França, 1973.
- [13] A. L. C. Lavado, “Os atuais desafios da Energia. Implementação e utilização das Energias Renováveis,” UNIVERSIDADE DE LISBOA - FACULDADE DE CIÊNCIAS, 2009.
- [14] G. Boyle, *Renewable Energy: Power for a sustainable future*, 2nd ed. Orford University Press, 2004.
- [15] “Formas de obtenção da biomassa.” [Online]. Available: www.energiasrenovaveis.com. [Accessed: 01-Mar-2016].
- [16] L. D. E. S. Ambiental, M. Maria, G. Conde, and M. Sai, “IMPLEMENTAÇÃO DE UMA CENTRAL A BIOMASSA Maria Guadalupe Conde de Melo Saião Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente Júri,” 2009.
- [17] F. A. M. de Matos, “O Futuro da Energia Nuclear na Europa . O Exemplo Francês Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em,” Instituto Superior Técnico (IST), 2009.
- [18] P. Tiago and M. Flores, “Análise de um Projecto de Investimento na Energia Nuclear em Portugal,” Universidade da Beira Interior, 2011.

- [19] M. António and D. E. M. Pedro, “Viabilidade económica da implementação de um reactor nuclear para a produção de energia eléctrica em Portugal,” Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL), 2012.
- [20] Pt.energia-nuclear.net, “Energia nuclear: vantagens e desvantagens,” 2014. [Online]. Available: <http://pt.energia-nuclear.net/vantagens-desvantagens-energia-nuclear.html>. [Accessed: 22-Feb-2016].
- [21] P. Tejo Energia, “Declaração Ambiental: Central Termoelétrica do Pego,” Lisboa, 2011.
- [22] B. P. S. Review and W. E. June, “BP Statistical Review of World Energy,” London, 2015.
- [23] A. Pereira, “Metalgalva fornece os maiores postes de Alta Tensão de Portugal,” *Renov. Mag.*, p. 1, 2012.
- [24] ERSE; EDP distribuição; U. Porto, “Guia de Boas Práticas para a integração paisagística das infraestruturas eléctricas,” 2011.
- [25] A. Gomes, “Postos de transformação e seccionamento - Apresentações de aula,” 2003.
- [26] C. P. Generation, “Manual de Aplicação - Grupos Geradores Arrefecidos a Água (Manual T030),” Brasil, 2011.
- [27] R. Wolfgang, “Fundamental Principles of Generators for Information Technology,” 2004.
- [28] P. Mecânica and X. P. Elétrica, “Motores e geradores,” pp. 1–42.
- [29] “Republic of Angola Ministry of Energy and Water Investment Opportunities,” no. April, 2014.
- [30] D. Presidencial, “O programa de transformação do sector eléctrico - ptse,” pp. 1–9.
- [31] M. da E. e Á. da R. de Angola, “Entidades vinculadas no no setor eléctrico de Angola,” 2016. [Online]. Available: <http://www.minerg.gv.ao/>.

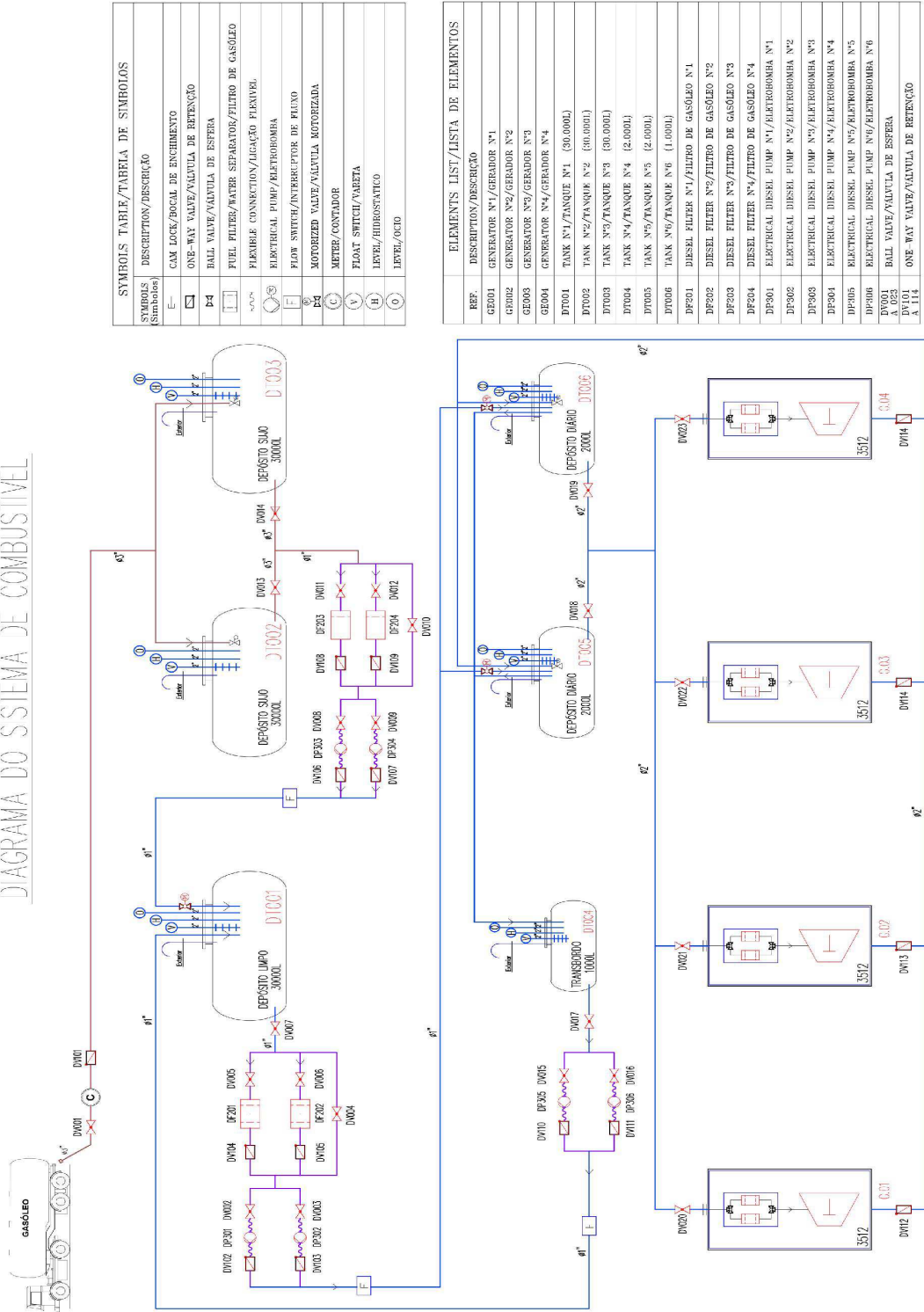
- [32] Instituto Nacional de Recursos Hídricos, “No Title,” 2016. [Online]. Available: <http://www.inrh.gv.ao/porta/snrha>.
- [33] N. I. D. E. Energia, “Desenvolvimento de uma estratégia para a energia.”
- [34] A. P. Miranda, “Energy in Angola: Beyond Petroleum,” *DRAFTAngola*, p. 16.
- [35] P. A. S. Novas, V. E. Is, F. O. R. T. H. E. New, and W. A. B. Le, “Atlas e estratégia Nacional: Para as novas energias renováveis,” Republica de Angola, 2016.
- [36] A. Reis, Francisco; Steiger-Garção, “O sistema elétrico Angolano - uma visão complementar,” Luanda, 2013.
- [37] “CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO E TRANSPORTE.”
- [38] T. B. Salgueiro, “Do centro às centralidades múltiplas, in: J. A. R. Fernandes et al (coord.) A Nova Vida do Velho Centro nas Cidades Portuguesas e Brasileiras,” Porto, 2013.
- [39] E. V. Miranda, “O Centro Histórico e as Centralidades em Évora Dinâmicas Urbanas e Organização Espacial Urbanismo e Ordenamento do Território Júri :,” IST - Instituto Superior Técnico de Lisboa, 2014.
- [40] V. Cutini, “Centrality and Land Use : Three Case Studies on the Configurational Hypothesis, Cybergeog,” *Eur. J. Geogr. [En ligne], Systèmes, Modélisation, Géostatistiques*, vol. document 1, 2001.
- [41] J. J. Batty, M., Besussi, E., Maat, K & Harts, “Representing Multifunctional Cities: Density and diversity in Space and Time.,” London, 2003.
- [42] A. Gomes, “Aparelhagem de Seccionamento, Comando e Protecção de Média e Alta Tensão - Projetos de Instalações Elétricas 2,” Porto, 2014.
- [43] S. E. Portugal, “Distribuição Média Tensão Solução Modular em SF6,” Lisboa, 2005.
- [44] SDMO, “Technical specifications SDMO X2200 Generating Set,” 2016. [Online]. Available: <http://www.sdmo.com/EN/Products/PPR/Power-gen-products/x2200>.

- [45] DTI, “Transformadores de tensão, Documento normativo DMA-C42-510/N,” Lisboa, 2013.
- [46] DTI, “Transformadores de corrente, Documento normativo DMA-C42-550/N,” Lisboa, 2013.
- [47] C.-E. Power, “CAT Diesel Generation Set - Data sheet 3516C 2500 kVA,” 2006. [Online]. Available: http://www.stet.pt/dl/catalog/2013_3516_2500kva_standby.pdf. [Accessed: 01-Sep-2016].

Anexo A. Sistema de abastecimento e combustível

Neste anexo é descrito o diagrama do sistema de abastecimento e combustível em maior detalhe.

DIAGRAMA DO SISTEMA DE COMBUSTÍVEL



Anexo B. Especificações técnicas grupos geradores 2000 kVA

Neste anexo são apresentadas as especificações técnicas dos grupos geradores de 2000 KVA.



X2200

Engine MTU , 16V4000G23F
Alternator LEROY SOMER , LSA51.2M60

STANDARD FEATURES

- Electronic governor
- Mechanically welded chassis with antivibration suspension
- Air cooler for wiring T° of 47/50°C max with electric fan
- Exhaust outlet with flexible and flanges
- 24 V charging alternator and starter
- Supplied with oil
- User manual and commissioning guide



Voltage	Power ESP kWe/kVA	Power PRP kWe/kVA	Standby Amps	Dimensions	Weight
415/240	1760 / 2200	1600 / 2000	3061	Length: 4618mm [182in]	13280kg [29277 lbs] Net
400/230	1760 / 2200	1600 / 2000	3176	Width: 1885mm [74in]	13870kg [30578 lbs] Gross
380/220	1760 / 2200	1600 / 2000	3343	Height: 2158mm [85in]	



POWER DEFINITION

PRP : Prime Power is available for an unlimited number of annual operating hours in variable load applications, in accordance with ISO 8528-1. A 10% overload capability is available for a period of 1 hour within 12-hour period of operation, in accordance with ISO 3046-1 –

ESP : The standby power rating is applicable for supplying emergency power in variable load applications in accordance with ISO 8528-1. Overload is not allowed.

TERM OF USE

Standard reference conditions °C Air Inlet Temp, m A.S.L. 60 % relative humidity. All engine performance data based on the above mentioned maximum continuous ratings.

Type	dB(A)@1m	dB(A)@7m	Dimensions	Weight	Tank
 EUR40SSi	79	69	Length: 12192mm [480in] Width: 2438mm [96in] Height: 2896mm [114in]	26401kg [58204lbs] Net 27931kg [61577lbs] Gross	500 L
 EUR40Si	85	75	Length: 12192mm [480in] Width: 2438mm [96in] Height: 2896mm [114in]	25711kg [56683lbs] Net 27242kg [60058lbs] Gross	500 L



ENGINE SPECIFICATIONS

STANDARD FEATURES	Manufacturer / Model	MTU 16V4000G23F , 4-strokes, Turbo , Air/Water DC 16 X
	Cylinder Arrangement	V
	Displacement	76.32L [4657.3C.I.]
	Bore and Stroke	170mm [6.7in.] X 210mm [8.3in.]
	Compression ratio	16.5
	Rated RPM	1500 Rpm
	Piston Speed	10.5m/s [34.4ft./s]
	Max. stand by Power at rated RPM	1978kW [2651BHP]
	Frequency regulation, steady state	+/- 0.5%
	BMEP	18.9bar [274psi]
	Governor : type	ELEC
EXHAUST SYSTEM	Exhaust temperature	480°C [896°F]
	Exhaust gas flow	5400L/s [11443cfm]
	Max back pressure	300mm CE [12in. WG]
FUEL SYSTEM	110% (Stand By power)	[N/A]
	100% (of the Prime Power)	401L/h [105.9gal/hr]
	75% (of the Prime Power)	306L/h [80.8gal/hr]
	50% (of the Prime Power)	214L/h [56.5gal/hr]
	Max. fuel pump flow	1500L/h [396.3gal/hr]
OIL SYSTEM	Total oil capacity w/filters	300L [79.3gal]
	Oil Pressure low idle	3.5bar [50.7psi]
	Oil Pressure rated RPM	7bar [101.4psi]
	Oil consumption 100% load	2L/h [0.528gal/hr]
	Oil capacity carter	240L [63.4gal]
THERMAL BALANCE	Heat rejection to exhaust	[N/A]
	Radiated heat to ambient	90kW [5117Btu/mn]
	Heat rejection to coolant	N/A
AIR INTAKE	Max. intake restriction	150mm CE [6in. WG]
	Engine air flow	2100L/s [4450cfm]
COOLANT SYSTEM	Radiator & engine capacity	[N/A]
	Max water temperature	104°C [219°F]
	Outlet water temperature	100°C [212°F]
	Fan power	[N/A]
	Fan air flow w/o restriction	[N/A]
	Available restriction on air flow	[N/A]
	Type of coolant	Cooler/mdx
Thermostat	79/92 °C	
EMISSIONS LEVEL	PM	N/A
	CO	N/A
	Nox	N/A
	HC	N/A



ALTERNATOR SPECIFICATIONS

GENERAL DATAS	Manufacturer	LEROY SOMER
	Type	LSA51.2M60
	Number of phase	3
	Power factor (Cos Phi)	0.8
	Altitude	< 1000 m
	Overspeed	2250 rpm
	Pole : number	4
	Exciter type	AREP
	Insulation : class, temperature rise	H / H
	Voltage regulator	R449
	Total harmonics (TGH/THC)	< 4 %
	Wave form : NEMA = TIF – TGH/THC	< 50
	Wave form : CEI = FHT – TGH/THC	< 2%
	Bearing : number	1
	Coupling	Direct
	Voltage regulation 0 to 100% load	+/- 1%
	Recovery time (20% Volt dip) ms	< 700 ms
SkVA with 90% of nominal sustained voltage (at 0.4PF)	N/A	
OTHER DATAS	Continuous nominal rating @ 40°C	2050 kVA
	Standby rating @ 27°C	2200 kVA
	Efficiencies @ 4/4 load	95.7 %
	Air flow	2.5m3/s [5297.18cfm]
	Short circuit ratio;50 (Kcc)	0.35
	Direct axis synchro reactance unsaturated (Xd)	357 %
	Quadra axis synchro reactance unsaturated (Xq)	214 %
	Open circuit time constant;50 (T'do)	2800 ms
	Direct axis transient reactance saturated (X'd)	31.6 %
	Short circuit transient time constant (T'd)	250 ms
	Direct axis subtransient reactance saturated (X''d)	13.5 %
	Subtransient time constant (T''d)	23 ms
	Quadra axis subtransient reactance saturated (X''q)	17.5 %
	Zero sequence reactance unsaturated (Xo)	3.3 %
	Negative sequence reactance saturated (X2)	15.7 %
	Armature time constant (Ta)	41 ms
	No load excitation current (io)	1.5 A
	Full load excitation current (ic)	5.9 A
	Full load excitation voltage (uc)	62 V
	Recovery time (Delta U = 20% transitoire)	< 700 ms
Motor start (Delta = 20% perm. Or 50% trans.)	4000 kVA	
Transient dip (4/4 charge) – PF : 1.8 AR	12 %	
No load losses	17.5kW [17.50Kw]	
Heat rejection	70.1 kW	

**ELECTRIC POWER - Technical Spec Sheet
STANDARD**



3516B
1600 ekW/ 2000 kVA/ 50 Hz/ 1500 rpm/ 400 V/ 0.8 Power Factor

Rating Type: PRIME

Emissions: Non-certified Emission Standards



3516B
1600 ekW/ 2000 kVA
50 Hz/ 1500 rpm/ 400 V

Image shown may not reflect actual configuration

Metric English

Package Performance		
Genset Power Rating with Fan @ 0.8 Power Factor	1600 ekW	
Genset Power Rating	2000 kVA	
Aftercooler (Separate Circuit)	90.0 ° C	194.0 ° F

Fuel Consumption		
100% Load with Fan	412.1 L/hr	108.9 gal/hr
75% Load with Fan	311.4 L/hr	82.3 gal/hr
50% Load with Fan	218.0 L/hr	57.6 gal/hr
25% Load with Fan	129.5 L/hr	34.2 gal/hr

Cooling System ¹		
Engine Coolant Capacity	233.0 L	61.6 gal

Inlet Air		
Combustion Air Inlet Flow Rate	122.9 m ³ /min	4339.6 cfm
Max. Allowable Combustion Air Inlet Temp	99 ° C	211 ° F

Exhaust System		
Exhaust Stack Gas Temperature	517.0 ° C	962.6 ° F
Exhaust Gas Flow Rate	339.4 m ³ /min	11984.2 cfm
Exhaust System Backpressure (Maximum Allowable)	6.7 kPa	27.0 in. water

ELECTRIC POWER - Technical Spec Sheet
STANDARD



3516B
1600 ekW/ 2000 kVA/ 50 Hz/ 1500 rpm/ 400 V/ 0.8 Power Factor

Rating Type: PRIME

Emissions: Non-certified Emission Standards

Heat Rejection		
Heat Rejection to Jacket Water	674 kW	38330 Btu/min
Heat Rejection to Exhaust (Total)	1580 kW	89852 Btu/min
Heat Rejection to Aftercooler	262 kW	14900 Btu/min
Heat Rejection to Atmosphere from Engine	152 kW	8645 Btu/min
Heat Rejection to Atmosphere from Generator	68 kW	3890 Btu/min

Alternator ²	
Motor Starting Capability @ 30% Voltage Dip	5865 skVA
Current	2887 amps
Frame Size	1647
Excitation	IE
Temperature Rise	125 ° C

Emissions (Nominal) ³		
NOx	3787.0 mg/Nm ³	7.8 g/hp-hr
CO	204.1 mg/Nm ³	0.4 g/hp-hr
HC	58.3 mg/Nm ³	0.1 g/hp-hr
PM	23.6 mg/Nm ³	0.0 g/hp-hr

DEFINITIONS AND CONDITIONS

1. For ambient and altitude capabilities consult your Cat dealer. Air flow restriction (system) is added to existing restriction from factory.
2. UL 2200 Listed packages may have oversized generators with a different temperature rise and motor starting characteristics. Generator temperature rise is based on a 40° C ambient per NEMA MG1-32.
3. Emissions data measurement procedures are consistent with those described in EPA CFR 40 Part 89, Subpart D & E and ISO8178-1 for measuring HC, CO, PM, NOx. Data shown is based on steady state operating conditions of 77° F, 28.42 in HG and number 2 diesel fuel with 35° API and LHV of 18,390 btu/lb. The nominal emissions data shown is subject to instrumentation, measurement, facility and engine to engine variations. Emissions data is based on 100% load and thus cannot be used to compare to EPA regulations which use values based on a weighted cycle.

Anexo D. Especificações técnicas transformador 2500 kVA

Neste anexo são apresentadas as especificações técnicas do transformador de 2500 kVA.



Especificação técnica : NAG250015PC400C0BK

Características Gerais

Tipo :	Transformador Cast Resin	Número fases	3
Tipo de enchimento			
Tipo de cuba			
Tipo de arrefecimento	AN		
Instalação	Interior		
Frequência (Hz)	50		
	AT	BT1	BT2
Potência (Natural) (kVA)	2500		
Potência (Forçada) (kVA)			
R. Transf. em vazio (V/V)	15000	400	
Dupla Tensão por			
Regulação	(+) 2*2.5%		
	(-) 2*2.5%		
Por	Tomada		
Nível isolamento (kV) LI	125		
	AC	50	3
Grupo de ligação	D	yn5	

Garantias

Normas	CEI 60076-11 + EN 50541			
Temp. de referência (°C)	120			
	Valor	Base (kVA)	Rel. (V/V)	Tolerância (%)
Perdas em vazio (W)	5000			+ 15,0000
Perdas em curto-circuito (W)	23000	2500	15000/400	+ 15,0000
Perdas totais (W)	28000			+ 10,0000
Tensão de curto-circuito (%)	6,00	2500	15000/400	+ - 10,0000 10,0000
		AT	BT1	BT2
Aquecimento Natural (K)		100	100	
Aquecimento Forçado (K)				

Pesos Aproximados (kg)

Armário	
Total	5080

Dimensões aproximadas (mm)

Comprimento	2080	Largura	940	Altura	2250
-------------	------	---------	-----	--------	------

Notas

Pintura de acordo com

Variante

Anexo E. Especificações técnicas transformador 160 kVA

Neste anexo são apresentadas as especificações técnicas do transformador de 160 kVA.



Especificação técnica : NAG016015PC400T

Características Gerais

Tipo :	Transformador Cast Resin	Número fases	3
Tipo de enchimento			
Tipo de cuba			
Tipo de arrefecimento	AN		
Instalação	Interior		
Frequência (Hz)	50		
	AT	BT1	BT2
Potência (Natural) (kVA)	160		
Potência (Forçada) (kVA)			
R. Transf. em vazio (V/V)	15000	400	
Dupla Tensão por			
Regulação	(+) 2*2.5		
	(-) 2*2.5		
Por	Tomada		
Nível isolamento (kV)	LI 125		
	AC 50	3	
Grupo de ligação	D	yn5	

Garantias

Normas	CEI 60076-11 (2004)			
Temp. de referência (°C)	75			
	Valor	Base (kVA)	Rel. (V/V)	Tolerância (%)
Perdas em vazio (W)	750			+ 15,0000
Perdas em curto-circuito (W)	1550	160	15000/400	+ 15,0000
Perdas totais (W)	2300			+ 10,0000
Tensão de curto-circuito (%)	6,00	160	15000/400	+ - 10,0000 10,0000
		AT	BT1	BT2
Aquecimento Natural (K)		100	100	
Aquecimento Forçado (K)				

Pesos Aproximados (kg)

Armário	
Total	1150

Dimensões aproximadas (mm)

Comprimento	1440	Largura	680	Altura	1350
-------------	------	---------	-----	--------	------

Notas

Pintura de acordo com Variante

Anexo F. Especificações técnicas transformador de tensão

Neste anexo são apresentadas as especificações técnicas do transformador de tensão.

ANEXO B

TRANSFORMADORES DE TENSÃO PARA 15 KV

B1 Características das redes

Tensão nominal: 15 kV.

Tensão mais elevada: 17,5 kV.

Frequência nominal: 50 Hz.

Regime de neutro: redes com os neutros não efetivamente à terra.

B2 Características dos transformadores

Designação EDP		TT15 I	TT15 II	TT15 III	TT15 IV	TT15 XI	TT15 XII	TT15 XXI
Tensão primária nominal (kV)		15	$15 / \sqrt{3}$	15	$15 / \sqrt{3}$	$15 / \sqrt{3}$	$15 / \sqrt{3}$	15
Fatores de tensão nominal		1,2 em permanência	1,2 em permanência 1,9 - 30 s	1,2 em permanência	1,2 em permanência 1,9 - 30 s	1,2 em permanência 1,9 - 30 s	1,2 em permanência 1,9 - 30 s	1,2 em permanência
Enrolamento secundário principal	Tensão estipulada (V)	100	$100 / \sqrt{3}$	230	$100 / \sqrt{3}$	$100 / \sqrt{3}$	$110 / \sqrt{3}$	120
	Potência de exatidão (VA)	2,5	2,5	300	2,5	10	10	500
	Classe de exatidão	0,5	0,5	6P	0,2	0,5/3P	0,5/3P	3P
Enrolamento secundário de tensão residual	Tensão nominal (V)	-	-	-	-	100/3	110/3	-
	Potência de exatidão (VA)	-	-	-	-	60	60	-
	Classe de exatidão	-	-	-	-	3	3	-
Tipo de montagem		Interior	Interior	Interior	Interior	Interior	Interior	Exterior

Nota: os transformadores TT15 III e TT15 XXI devem estar equipados com um fusível mecânico que evite a sua explosão, em caso de curto-circuito a jusante.

Anexo G. Especificações técnicas transformador de corrente

Neste anexo são apresentadas as especificações técnicas do transformador de corrente.

ANEXO B

TRANSFORMADORES DE CORRENTE PARA 15 KV

B1 Características das redes

- 1.1 - Tensão nominal 15 kV
- 1.2 - Tensão mais elevada 17,5 kV
- 1.3 - Frequência nominal 50 Hz
- 1.4 - Regime de neutro - Redes com neutro não efetivamente à terra

B2 Características dos transformadores

B2.1 Características da corrente estipulada de curta-duração

Os transformadores constantes do quadro abaixo devem suportar os seguintes valores de corrente estipulada de curta-duração:

- corrente térmica estipulada de curta-duração..... I_{th} Ver quadro abaixo.
- duração estipulada da corrente térmica de curta duração..... 3 s
- corrente dinâmica estipulada $[I_{dyn}]$ $2,5 \times I_{th}$

Nota: em situações particulares, a EDP pode vir a aceitar valores para a duração estipulada da corrente térmica de curta duração e para a corrente térmica estipulada de curta duração, diferentes do acima especificado.

B2.2 Valores característicos dos secundários (núcleos) dos transformadores (15 kV):

Os transformadores indicados no quadro abaixo têm os secundários (núcleos) de função especializada, com os seguintes valores característicos:

Designação EDP	Relação de Transformação	Corrente térmica de curta-duração I_{th} [kA] (3s)	Núcleos	Potência de exatidão [VA]	Classe de exatidão	Fator segurança (Fs) Fator limite exatidão (n)
TC15 I	25-50/5A	12,5	medição	5	0,5S	$F_s \leq 5$
TC15 II	50-100/5A	12,5	medição	5	0,5S	$F_s \leq 5$
TC15 III	150-300/5A	12,5	medição	5	0,5S	$F_s \leq 5$
TC15 IV	200-400/1A	12,5	medição	5	0,2S	$F_s \leq 5$
TC15 XI	200-400/1-1A	16	medição	5	0,5	$F_s \leq 5$
			proteção	5	5 P	$n = 20$
TC15 XII	300-600/1-1A	16	medição	5	0,5	$F_s \leq 5$
			proteção	5	5 P	$n = 20$
TC15 XIII	800-1600/1-1A	16	medição	5	0,5	$F_s \leq 5$
			proteção	5	5 P	$n = 20$
TC15 XIV	800-1600/1-1A	16	medição	10	0,5	$F_s \leq 5$
			proteção	10	5 P	$n = 20$
TC15 XV	200-400/5-5A	16	medição	30	0,5	$F_s \leq 5$
			proteção	30	5 P	$n = 20$
TC15 XVI	300-600/5-5A	16	medição	30	0,5	$F_s \leq 5$
			proteção	30	5 P	$n = 20$
TC15 XVII	800-1600/5-5A	16	medição	30	0,5	$F_s \leq 5$
			proteção	30	5 P	$n = 20$

B2.3 Tipo de montagem

Estes transformadores são de montagem interior, a menos que na encomenda seja explicitado o contrário.

AutoSueco (Centralidade 1 - 11 kV)

GRUPOS GERADORES DE EMERGÊNCIA

		Un	Valor total
1.1	Fornecimento de grupo electrogéneo SDMO - AUTO SUECO X2200, de 2000 kVA PRP, com alternador MT 11kV 50Hz, Versão com contentor insonorizado, incluindo quadro remoto de protecção, comando, controlo, medida, sinalização e sincronismo com características em conformidade com o definido no Caderno de Encargos e Peças Desenhadas.	6	4 770 000,00 €
1.2	Fornecimento de reservatório de combustível de parede simples, tipo aéreo, com 50.000 litros de capacidade em conformidade com o definido no	7	170 000,00 €
1.3	Fornecimento do Sistema de Combustível para os 6 (seis) grupos considerando: Tubagem de combustível (alimentação e retorno), entre o Reservatório enterrado e os depósitos diários de 1000L instalados no interior dos contentores; De acordo com peças desenhadas e escritas	1 cj	102 500,00 €
1.4	Ensaaios, testes e colocação em serviço de todo o sistema, conforme especificado no CE.	-	12 500,00 €
1.5	Documentação e Formação técnica	-	0,00 €
	VALOR GLOBAL		5 055 000,00 €

Centralidade 1 (Stet Barloworld)				
	Quantidade	Custo unit.	Custo aproximado (Dollar USD)	Custo aproximado (Euro)
Gerador CAT 3516B 2000 kVA Prime (400V, 1500 RPM, 50 Hz, Solução contentorizada, incluindo quadro remoto de proteção, comando, controlo, medida, sinalização e sincronismo)	6	\$867 000,00	\$5 202 000,00	4 713 237,29 €
		\$944 000,00	\$5 664 000,00	5 131 829,30 €
Fornecimento de reservatório de combustível de parede dupla e enterrados, com 60.000 litros	6	\$66 994,00	\$401 964,00	364 196,79 €
Fornecimento do Sistema de Combustível para os 8 (seis) grupos considerando: Depósitos diários e Tubagem de combustível (alimentação e sobre-enchimento), entre os Reservatórios enterrados e os depósitos diários de 10.000L instalados junto	vg	\$883 062,00	\$883 062,00	800 092,42 €
Ensaio, testes e colocação em serviço de todo o sistema;	vg	\$93 400,00	\$93 400,00	84 624,45 €
TOTAL			400 V	5 365 935,85 €
			11 kV	5 742 668,66 €

EFACEC - SOLUÇÃO 2000 kVA (Centralidade 1)				
	Quantidade	Custo fabrico efacec	Custo unitário	Custo aproximado
Transformador 0.4/15 kV 2500 kVA Ucc=6% Dyn11	6	14 733,00 €	18 416,25 €	110 497,50 €
(opção: geradores serem dotados de alternador com saída de 400 V ou 11 kV)				
Transformador 11/15 kV 2500 kVA Ucc=6% Dyn11 (solução não-standard)	6	19 889,55 €	24 861,94 €	149 171,63 €
Transformador 0.4/15 kV 160 kVA Ucc=4% Dyn5	1	5 075,00 €	6 343,75 €	6 343,75 €
Aparelhagem MT				
Cela de ligação	4	942,00 €	1 177,50 €	4 710,00 €
Cela disjuntor entrada/saída	11	5 138,00 €	6 422,50 €	70 647,50 €
Cela de corte geral e medida com saída lateral superior direita ou esquerda	2	1 561,00 €	1 951,25 €	3 902,50 €
Cela de medida de tensão	3	2 967,00 €	3 708,75 €	11 126,25 €
Detetor de defeito	1	5 138,00 €	6 422,50 €	6 422,50 €
Relé de protecção homopolar	19	200,00 €	250,00 €	4 750,00 €
Termostato + resistência	19	78,00 €	97,50 €	1 852,50 €
Transformadores de tensão				
TT15 XI – classe de exatidão 0,5 (segundo DMA C42-510/N)	3	408,67 €	510,83 €	1 532,50 €
Transformadores de corrente				
TC15 XII (segundo DMA C42-550/N)	3	461,67 €	577,08 €	1 731,25 €
TOTAL			0,4/15 kV	210 491,25 €
			11/15 kV	249 165,38 €

Solução Normafix

Transformadores secos Perdas COBK enrolamentos Alumínio

AutoSueco (Centralidade 2)

GRUPOS GERADORES DE EMERGÊNCIA		Un	Valor total
1.1	Fornecimento de grupo electrogéneo SDMO - AUTO SUECO X2200, de 2000 kVA PRP, com alternador MT 400 V 50Hz, Versão com contentor insonorizado, incluindo quadro remoto de protecção, comando, controlo, medida, sinalização e sincronismo com características em conformidade com o definido no Caderno de Encargos e Peças Desenhadas.	10	6 950 000,00 €
1.2	Fornecimento de reservatório de combustível de parede simples, tipo aéreo, com 50.000 litros de capacidade em conformidade com o definido no	10	272 000,00 €
1.3	Fornecimento do Sistema de Combustível para os 6 (seis) grupos considerando: Tubagem de combustível (alimentação e retorno), entre o Reservatório enterrado e os depósitos diários de 1000L instalados no interior dos contentores; De acordo com peças desenhadas e escritas	1 cj	208 000,00 €
1.4	Ensaaios, testes e colocação em serviço de todo o sistema, conforme especificado no CE.	-	20 850,00 €
1.5	Documentação e Formação técnica	-	0,00 €
VALOR GLOBAL			7 450 850,00 €

Centralidade 2 (Stet Barloworld 2500 kVA)				
	Quantidade	Custo unit.	Custo aproximado (Dollar USD)	Custo aproximado (Euro)
Gerador CAT 3516C 2500 kVA Prime (400V, 1500 RPM, 50 Hz, Solução contentorizada, incluindo quadro remoto de proteção, comando, controlo, medida, sinalização e sincronismo)	8	\$1 042 500,00	\$8 340 000,00	7 556 401,20 €
		\$1 115 000,00	\$8 920 000,00	8 081 906,32 €
Fornecimento de reservatório de combustível de parede dupla e enterrados, com 60.000 litros	10	\$66 994,00	\$669 940,00	606 994,65 €
Fornecimento do Sistema de Combustível para os 8 (seis) grupos considerando: Depósitos diários e Tubagem de combustível (alimentação e sobre-enchimento), entre os Reservatórios enterrados e os depósitos diários de 10.000L instalados junto	vg	\$1 471 770,00	\$1 471 770,00	1 333 487,36 €
Ensaio, testes e colocação em serviço de todo o sistema;	vg	\$93 400,00	\$93 400,00	84 624,45 €
TOTAL			400 V	8 623 356,89 €

EFACEC - SOLUÇÃO 2000 kVA (Centralidade 2)				
	Quantidade	Custo obs	Custo unitário	Custo aproximado
Transformador 0.4/15 kV 2500 kVA Ucc=6% Dyn11	10	14 733,00 €	18 416,25 €	184 162,50 €
(opção: geradores serem dotados de alternador com saída de 400 V ou 11 kV)				
Transformador 11/15 kV 2500 kVA Ucc=6% Dyn11 (solução não-standard)	10	19 889,55 €	24 861,94 €	248 619,38 €
Transformador 0.4/15 kV 160 kVA Ucc=4% Dyn5	1	5 075,00 €	6 343,75 €	6 343,75 €
Aparelhagem MT				
Cela de ligação	4	1 695,60 €	2 119,50 €	8 478,00 €
Cela disjuntor entrada/saída	15	9 248,40 €	11 560,50 €	173 407,50 €
Cela de corte geral e medida com saída lateral superior direita ou esquerda	2	2 809,80 €	3 512,25 €	7 024,50 €
Cela de medida de tensão	3	5 340,60 €	6 675,75 €	20 027,25 €
Detetor de defeito	1	9 248,40 €	11 560,50 €	11 560,50 €
Relé de protecção homopolar	19	360,00 €	450,00 €	8 550,00 €
Termostato + resistência	19	140,40 €	175,50 €	3 334,50 €
Transformadores de tensão				
TT15 XI – classe de exatidão 0,5 (segundo DMA C42-510/N)	3	408,67 €	510,83 €	1 532,50 €
Transformadores de corrente				
TC15 XII (segundo DMA C42-550/N)	3	461,67 €	577,08 €	1 731,25 €
TOTAL			0,4/15 kV	402 707,25 €

Solução NORMACEL

Transformadores secos Perdas COBK enrolamentos Alumínio

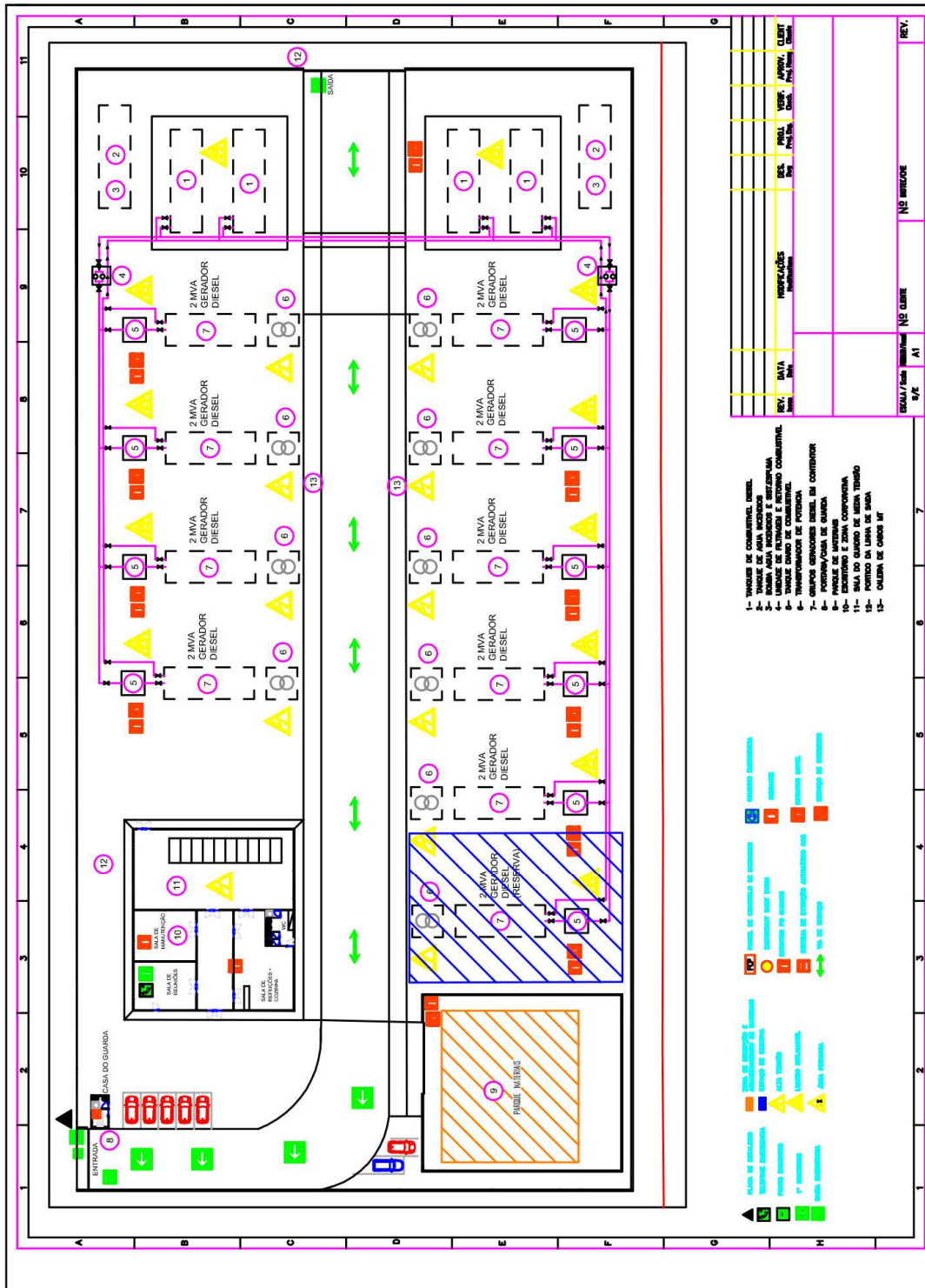
EFACEC - SOLUÇÃO 2500 kVA (Centralidade 2)				
	Quantidade	Custo obs	Custo unitário	Custo aproximado
Transformador 0.4/15 kV 2500 kVA Ucc=6% Dyn11	8	14 733,00 €	18 416,25 €	147 330,00 €
(opção: geradores serem dotados de alternador com saída de 400 V ou 11 kV)				
Transformador 11/15 kV 2500 kVA Ucc=6	8	19 889,55 €	24 861,94 €	198 895,50 €
Transformador 0.4/15 kV 160 kVA Ucc=4% Dyn5	1	5 075,00 €	6 343,75 €	6 343,75 €
Aparelhagem MT				
Cela de ligação	4	1 695,60 €	2 119,50 €	8 478,00 €
Cela disjuntor entrada/saída	13	9 248,40 €	11 560,50 €	150 286,50 €
Cela de corte geral e medida com saída lateral superior direita ou esquerda	2	2 809,80 €	3 512,25 €	7 024,50 €
Cela de medida de tensão	3	5 340,60 €	6 675,75 €	20 027,25 €
Detetor de defeito	1	9 248,40 €	11 560,50 €	11 560,50 €
Relé de protecção homopolar	19	360,00 €	450,00 €	8 550,00 €
Termostato + resistência	19	140,40 €	175,50 €	3 334,50 €
Transformadores de tensão				
TT15 XI – classe de exatidão 0,5 (segundo DMA C42-510/N)	3	408,67 €	510,83 €	1 532,50 €
Transformadores de corrente				
TC15 XII (segundo DMA C42-550/N)	3	461,67 €	577,08 €	1 731,25 €
TOTAL			0,4/15 kV	342 753,75 €

Solução NORMACEL

Transformadores secos Perdas COBK enrolamentos Alumínio

Anexo N. *Layout* da centralidade 2 (2000 kVA)

Neste anexo é apresentado o *layout* da centralidade 2 equipada de grupos geradores de 2000 kVA.



Anexo O. Especificações técnicas grupo gerador 2500 kVA

Neste anexo são apresentadas as especificações técnicas dos grupos geradores de 2500 KVA.

**ELECTRIC POWER - Technical Spec Sheet
STANDARD**

3516C
2000 ekW/ 2500 kVA/ 50 Hz/ 1500 rpm/ 400 V/ 0.8 Power Factor



Rating Type: PRIME

Fuel Strategy: LOW FUEL CONSUMPTION



Image shown may not reflect actual configuration

3516C
2000 ekW/ 2500 kVA
50 Hz/ 1500 rpm/ 400 V

	Metric	English
Package Performance		
Genset Power Rating with Fan @ 0.8 Power Factor	2000 ekW	
Genset Power Rating	2500 kVA	
Aftercooler (Separate Circuit)	N/A	N/A
Fuel Consumption		
100% Load with Fan	521.8 L/hr	137.8 gal/hr
75% Load with Fan	397.7 L/hr	105.1 gal/hr
50% Load with Fan	279.2 L/hr	73.8 gal/hr
25% Load with Fan	171.4 L/hr	45.3 gal/hr
Cooling System¹		
Engine Coolant Capacity	N/A	N/A
Inlet Air		
Combustion Air Inlet Flow Rate	171.2 m ³ /min	6045.2 cfm
Max. Allowable Combustion Air Inlet Temp	56 ° C	132 ° F
Exhaust System		
Exhaust Stack Gas Temperature	465.8 ° C	870.4 ° F
Exhaust Gas Flow Rate	444.2 m ³ /min	15685.0 cfm
Exhaust System Backpressure (Maximum Allowable)	6.7 kPa	27.0 in. water

**ELECTRIC POWER - Technical Spec Sheet
STANDARD**



3516C
2000 kW/ 2500 kVA/ 50 Hz/ 1500 rpm/ 400 V/ 0.8 Power Factor

Rating Type: PRIME

Fuel Strategy: LOW FUEL CONSUMPTION

Heat Rejection		
Heat Rejection to Jacket Water	721 kW	41002 Btu/min
Heat Rejection to Exhaust (Total)	1964 kW	111690 Btu/min
Heat Rejection to Aftercooler	514 kW	29230 Btu/min
Heat Rejection to Atmosphere from Engine	142 kW	8075 Btu/min
Heat Rejection to Atmosphere from Generator	75 kW	4248 Btu/min

Alternator ²	
Motor Starting Capability @ 30% Voltage Dip	6187 skVA
Current	3608 amps
Frame Size	1866
Excitation	PM
Temperature Rise	105 ° C

Emissions (Nominal) ³		
NOx	2437.8 mg/Nm ³	5.0 g/hp-hr
CO	202.5 mg/Nm ³	0.4 g/hp-hr
HC	11.1 mg/Nm ³	0.0 g/hp-hr
PM	6.5 mg/Nm ³	0.0 g/hp-hr

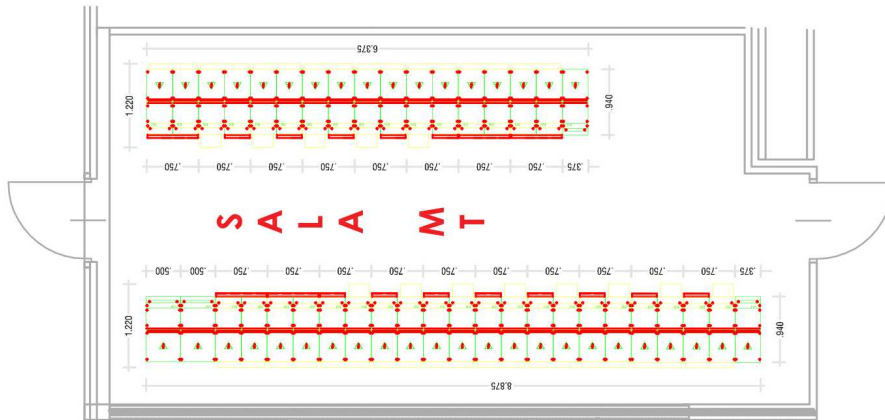
DEFINITIONS AND CONDITIONS

1. For ambient and altitude capabilities consult your Cat dealer. Air flow restriction (system) is added to existing restriction from factory.
2. UL 2200 Listed packages may have oversized generators with a different temperature rise and motor starting characteristics. Generator temperature rise is based on a 40° C ambient per NEMA MG1-32.
3. Emissions data measurement procedures are consistent with those described in EPA CFR 40 Part 89, Subpart D & E and ISO8178-1 for measuring HC, CO, PM, NOx. Data shown is based on steady state operating conditions of 77° F, 28.42 in HG and number 2 diesel fuel with 35° API and LHV of 18,390 btu/lb. The nominal emissions data shown is subject to instrumentation, measurement, facility and engine to engine variations. Emissions data is based on 100% load and thus cannot be used to compare to EPA regulations which use values based on a weighted cycle.

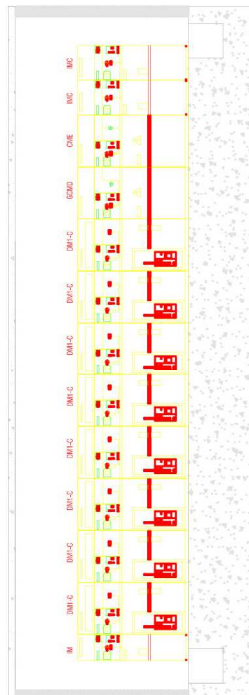
Anexo Q. Sala de média tensão – Centralidade 2

Neste anexo é apresentada a disposição das celas de média tensão da centralidade 2 equipada de grupos geradores de 2500 kVA.

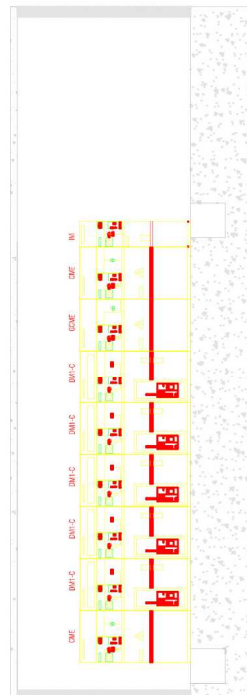
SALA DAS CELAS DE MÉDIA TENSÃO - PLANTA
Escala 1:50



SALA DAS CELAS DE MÉDIA TENSÃO - Corte AA
Escala 1:50



SALA DAS CELAS DE MÉDIA TENSÃO - Corte BB
Escala 1:50



Anexo R. *Layout* da centralidade 2 (2500 kVA)

Neste anexo é apresentado o *layout* da centralidade 2 equipada de grupos geradores de 2000 kVA.

