



FACULDADE DE ENGENHARIA
LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA
ESTÁGIO PROFISSIONAL

PROJECTO DE ARRANQUE DA CENTRAL
TERMOELÉTRICA DE MAPUTO EM MODO *BLACKSTART*

Autor:

Ilídio Alberto Cossa

Supervisores:

Mestre Anacleto Albino, eng.º

Lic. Ruben Mathenga

Maputo, Junho de 2025



FACULDADE DE ENGENHARIA
LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA
ESTÁGIO PROFISSIONAL

PROJECTO DE ARRANQUE DA CENTRAL
TERMOELÉTRICA DE MAPUTO EM MODO *BLACKSTART*

Autor:

Ilídio Alberto Cossa

Supervisores:

Mestre Anacleto Albino, eng.^o

Lic. Ruben Mathenga

Maputo, Junho de 2025

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus superestimados pais, que Deus os tenha, por serem os mentores da minha caminhada académica, ao corpo docente da faculdade de engenharia em especial ao meu supervisor deste projecto, a minha esposa e filhos pela paciência e suporte dispensado dia após dia e a todos intervenientes académicos.

AGRADECIMENTOS

Regozijo-me em expressar, em primeiro lugar, minha profunda gratidão a Deus Todo-poderoso, por Sua presença constante em minha vida e por Sua bondade e misericórdia. Ele é o princípio e o fim da minha existência, e, por isso, serei eternamente grato.

A realização deste trabalho marca o início do fim de uma etapa muito importante na minha vida. Serve este presente espaço para agradecer e homenagear todas as pessoas que contribuíram para a sua concretização. Aos meus Supervisores, Eng.º Ruben Mathenga e ao Mestre Anacleto Albino, engº, o meu sincero e profundo agradecimento por todo o encorajamento, dedicação, disponibilidade e sabedoria depositada em mim, que foram factores essenciais para que chegasse ao fim deste trabalho com um enorme sentimento de satisfação. Aos meus pais e irmãos que Deus os tenha, um agradecimento muito sentido, durante toda a minha vida. A eles e ao resto da minha família o meu muito obrigado pelo apoio incondicional, compreensão e por toda a confiança transmitida ao longo deste percurso. A todos os meus amigos e colegas que me acompanham durante o meu percurso na UEM, agradeço pela vossa amizade, apoio e motivação nesta caminhada. Por fim, um agradecimento a todos os docentes, por tudo o que me ensinaram e que de um modo geral contribuíram para a minha formação académica.

RESUMO

O presente trabalho, foca-se no desenvolvimento de um modo de operação da Central termoelétrica de Maputo, (modo *blackstart*), que permite a operação da mesma, mesmo na ausência da rede pública, como tensão de referência e fonte de alimentação dos serviços auxiliares, visto que em caso de ausência da rede pública, a central não dispõe de fonte auxiliar, com Potência instalada suficiente para o arranque da central, em rede isolada, condição básica necessária para o arranque. O projecto prevê a introdução da Turbina a Gás n.º 3, designada (GTG 3), como fonte auxiliar para o arranque da central sempre que a rede pública não estiver disponível, sendo que esta nova fonte servirá também de fonte de alimentação dos serviços auxiliares em caso de ausência da rede pública, visto que a central dispõe de um grupo gerador de emergência a diesel, que gera 1MW, para alimentar parte da carga dos serviços auxiliares, mas que actualmente encontra-se subdimensionado devido a evolução da carga, por isso não alimenta todos os serviços auxiliares e condiciona o arranque da central no modo *Blackstart*. A central termoelétrica de Maputo dispõe de uma subestação com nível máximo de tensão de 66KV, designada subestação da CTM e a 200 metros desta, existe a segunda subestação (antiga) com nível máximo de tensão de 66KV, designada SE2. Importa referir que a turbina GTG3, porque fazia parte da antiga central, o seu barramento de saída de 33KV esta instalada na SE2 e não na subestação da CTM onde a turbina esta instalada. Em síntese, a potência requerida para os serviços auxiliares é de 5MW. Importa referir que, o projecto prevê a concepção do novo circuito de Potência que vai juntar a central termoelétrica de Maputo e a turbina a gás nr.3 designada, (GTG.3) com capacidade nominal de geração de 22.6MW que se pretende que sirva de grupo gerador de emergência de toda central para mitigar a falta do arranque em *blackstart* da central e resolver definitivamente esta não conformidade. É importante observar que o projecto segue a tendência actual da indústria moderna, que envolve a supervisão remota de plantas por meio de HMIs; estas que não apenas oferecem interfaces intuitivas aos operadores, mas também colectam dados, fornecem alarmes e informações vitais para o planeamento de manutenções.

Palavra – Chave: Grupos geradores, turbinas, GTG3, Caldeiras, transformadores e subestação.

ABSTRACT

The production of electrical energy in Mozambique is mainly characterized by the use of hydroelectric and thermal processes. As a country with a high water potential, however, it is quite complex due to the volatile nature of hydrological influences, taking into account the limited quantities, i.e. reservoir storage capacity, and the interdependence of uses. Thus, the need to develop electrical energy production with hydrothermal coordination arose, thus creating thermoelectric power plants. Thermoelectric power plants are responsible for the production of electrical energy from the conversion of heat from the burning of different fuels. As Mozambique is a country with greater resources of these fuels (coal and natural gas), there are more thermoelectric power plant projects in order to reuse natural gas, taking into account the level of pollution. It is in this context that this project is presented, which focuses on the development of an operating mode for the Maputo Thermoelectric Power Plant (blackstart) that allows it to operate even in the absence of the public grid as a reference voltage, since in the absence of the public grid, the plant does not have an auxiliary source for start-up. The project foresees the introduction of Gas Turbine No. 3 (GTG 3) as an auxiliary source for starting the plant whenever the public grid does not exist, and this new source will also serve as a power source for auxiliary services in the absence of the public grid, since the plant has a generator set to ensure auxiliary services, but which is currently undersized. In summary, it is important to note that gas turbine No. 3 (GTG.3) with a nominal generation capacity of 22.6 MW has recently been reconditioned and is intended to serve as an emergency generator set for the entire plant to mitigate the lack of blackstart start-up of the plant and definitively resolve this non-compliance. It is important to note that the project follows the current trend in modern industry, which involves remote supervision of plants through HMIs; these not only offer intuitive interfaces to operators, but also collect data, provide alarms and vital information for maintenance planning.

Keyword: Generator sets, turbines, GTG3, boilers, transformers and substation.

ÍNDICE

Dedicatória.....	I
Agradecimentos	II
Resumo	III
Abstract.....	IV
Índice de anexos.....	V
Estrutura do trabalho.....	1
Capítulo i: descrição sumária.....	2
1.1 Introdução	2
1.3 Justificativa	4
1.4.2 objectivos específicos	5
1.5 metodologia.....	6
1.6 delimitação do tema.	7
capítulo ii. fundamentação teórica	8
2.2 ciclos térmicos de potência	8
2.2.1 ciclo de potência a gás	8
2.3 ciclo de potência a vapor.....	9
2.4 ciclo combinado (caso da central termoelétrica de maputo).....	10
princípio de funcionamento	12
2.6 automação em centrais electricas.....	13
2.7 grupo gerador a diesel.....	15
2.8 motor diesel.....	15
2.9 sistema de excitação.....	16
2.9.1 frequência.....	16
2.9.2 princípio de funcionamento de um gerador síncrono	17
2.9.3 quadro elétrico de comando	18
capítulo 3: caracterização da área em estudo	19
3.1 breve historial da central termoelétrica de ciclo combinado de maputo.....	19
6.3 segurança.....	33
6.4 avaliação do impacto ambiental.....	34
6.6 conclusão.....	37

ÍNDICE DE ANEXOS.

Anexo 1 - Subestação 66KV da CTM-AIS

Anexo 2 - Subestação 66KV da SE2-GIS

Anexo 3 - Transformador terciário 11/66KV/90MVA/CTM

Anexo 4 - Transformador 11/66KV/40MVA/CTM

Anexo 5 - Gerador de emergência contentorizado 1MW/CTM

Anexo 6 - Turbina a gás modelo LMF6000PF

Anexo 7 - Ciclo combinado da CTM

Anexo 8 - Motor diesel

Anexo 9 - Alternador 4 pólos

Anexo 10 - Alternador

Anexo 11- Condensador de vapor

Anexo 12 - Sistema ATS

Anexo 13 - Parâmetros do sistema ATS

Anexo 14 - Disjuntores

Anexo 15 - Especificações técnicas das turbinas aeroderivadas LM6000

Anexo 16 -Tabela de secção do condutor

Anexo 17- Factor de simultaneidade

Anexo 18 – Planta de pis

LISTA DE SIMBOLOS.

C.A - Corrente alternada

C.C - Corrente continua

TC- Transformador de corrente

TT- Transformador de tensão

MW- Megawatt, unidade de potência elétrica

CEI - Comissão Eletrotécnica Internacional

Ie. Corrente de excitação

Vs. - Tensão secundária

EDM - Eletricidade de Moçambique

% - Percentagem

$\Delta U\%$ Queda de tensão em percentagem

S - Potência aparente

RPM - Rotações por minuto

t -Tempo

V - Volt

PVC - Policloreto de vinilo

MWh - Megawatts hora

K - Constante que representa aspetos construtivos da máquina

H - Hora

In - Corrente nominal

I2 - Corrente convencional de funcionamento

Is - Corrente de serviço

ATS - Interruptor de transferência automática

IZ - Corrente máxima admissível na canalização

KVA - Quilo Volt-ampere

CXIM – Caixa de inversão manual

ACC	Condensador arrefecido por ar (<i>air cooled condenser</i>)
CTM	Central Termoeléctrica de Maputo
EDM	Electricidade de Moçambique
EES	Engineering Equation Solver
GE	General electric
GTG	Gerador de Turbina a Gás
HRSG	Caldeiras de recuperação de calor (<i>Heat recover steam generation</i>)
ISPE	Internation Society for Pharmaceutical Engineering
MGC	Matola Gas Company
pH	Potencial de hidrogénio

1. ESTRUTURA DO TRABALHO

Para melhor concepção em relação ao desenvolvimento do trabalho, dividiu-se em seis (06) capítulos a saber:

No capítulo (I), analisa-se o propósito do projecto de arranque da central em modo *blackstart*, bem como a contextualização, a formulação do problema, a justificativa, os Objectivos e a metodologia utilizada ao longo deste Projeto;

No capítulo (II), é apresentado por meio de uma revisão bibliográfica a teoria relativa a centrais termoelétricas de ciclo combinado; a constituição dos grupos geradores; Turbinas e de todos componentes intervenientes.

No capítulo (III), É descrita a localização geográfica da Central termoelétrica de Maputo, a exposição atual do circuito elétrico de potência, seus componentes e breve histórico de funcionamento.

No capítulo (IV), Aborda a concepção do novo circuito elétrico de potência, o tratamento de dados, o redimensionamento do novo modo de operação, bem como a sua constituição.

No capítulo (V), apresentar-se-á o princípio de funcionamento do novo sistema no seu todo, como será o automatismo e a respetiva parametrização.

No capítulo (VI), e descrito a conclusão e breves considerações do trabalho.

CAPÍTULO I: DESCRIÇÃO SUMÁRIA

1.1 INTRODUÇÃO

A Central Termoelétrica de Maputo constitui uma das fontes de geração de energia, própria, da Eletricidade de Moçambique (EDM), para além da energia fornecida pela Hidroelétrica de Cahora Bassa e de outras fontes privadas, com o objectivo de estabelecimento e a exploração do serviço público de produção, transporte e distribuição de energia eléctrica. A Central Termoelétrica de Maputo (CTM) é uma central de ciclo combinado construída no mesmo local onde anteriormente estava instalada a antiga Central Térmica de Maputo. A existência da antiga Central remota ao período anterior à independência e era conhecida como Central Térmica de Lourenço Marques, fazendo parte da SONEFE - Sociedade Nacional de Estudo e Financiamento de Empreendimentos Ultramarinos. Do antigo parque produtor, existe o Grupo Turbina a Gás n.º 3 (GTG 3), um grupo gerador à diesel que esteve paralisado durante longos anos devido aos elevados custos de operação. Actualmente, foram criadas condições para a sua operacionalização, embora continue caro. Entretanto, está planificado um projecto que visa a substituição do diesel pelo gás natural. O último combustível é o mais económico e se encontra disponível na CTM, afinal, as turbinas a gás de ciclo combinado da Central consomem gás natural. O grupo foi recuperado para servir de gerador de emergência que proporcionara o *blackstart* da Central (capacidade da Central sair de uma condição de paragem total para uma condição de operação, independentemente da fonte de energia eléctrica externa para alimentar seus serviços auxiliares). Ademais, o GTG 3 poderá ser utilizado para auxiliar no cumprimento de planos de produção, ou então para cobrir eventuais necessidades de potência que estejam fora da capacidade da Central em certo instante.

Deste modo, surge o presente trabalho, cuja proposta é projectar um modo de operação que permitira o arranque da Central termoelétrica de Maputo usando a turbina o GTG 3, como fonte auxiliar para tal, garantindo potencia para alimentar os serviços auxiliares.

1.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Como foi dito inicialmente, A central dispõe de um grupo gerador de emergência com capacidade de gerar 1MW, que alimenta parte dos serviços auxiliares em caso de ausência da rede pública, mas que não dispõe de potência suficiente para alimentar todos os serviços auxiliares e nem dispõe de potencia suficiente para servir de fonte auxiliar durante o arranque da central em modo *blackstart*, quando a rede pública não estiver disponível. Em síntese quando a rede pública não estiver disponível a central não tem como arrancar devido a falta de fonte auxiliar com capacidade de potência para tal. Assim pretende-se com este trabalho desenhar um modo de arranque da central em rede isolada ou simplesmente *blackstart* com recurso a turbina a gás GTG.3 sendo que esta fonte fazia parte da antiga central térmica a carvão e recentemente foi recondicionada faltando criar-se condições de aplicá-lo como fonte auxiliar no novo sistema eléctrico de potência da central.

Mediante esta necessidade de proporcionar uma alternativa de arranque da central usando a turbina GTG 3, surge a seguinte pergunta de partida:

- Como arrancar a Central termoelétrica de Maputo, em modo *blackstart*, sempre que a rede pública não estiver disponível?

1.3 JUSTIFICATIVA

Este projecto justifica-se dado que a sua concretização é de maior ganho não só para a Central termoelétrica de ciclo combinado de Maputo, mas também para todos os clientes da EDM, utentes da energia eléctrica distribuída pela rede pública na zona sul do país, que vão registar melhorias no que concerne a continuidade de fornecimento de energia Eléctrica, reduzindo o tempo de espera durante o uso destes serviços, o que incrementa de certa forma a produtividade dos utentes. Por outro lado incrementa o poder financeiro da concessionária EDM, visto que vai reduzir o tempo da indisponibilidade da central causada pela ausência prolongada da rede pública. O projecto vai trazer também melhorias na alimentação dos demais serviços auxiliares que anteriormente não eram abrangidos pelo grupo gerador de emergência porque vai ser melhorada a capacidade em termos de potência disponível.

Concretizado este projecto e ensaiado com sucesso, vai ser um maior ganho para a EDM e o mesmo pode ser aplicado as demais áreas de serviço com problemas similares e até nas outras empresas.

No que concerne a segurança de pessoas e bens, o projecto vai melhorar as não conformidades decorrentes dos longos períodos de ausência da rede pública onde as instalações permanecem as escuras ou sem energia, proliferando-se diversos perigos e perdas de produção, afectando de certo modo os sistemas de vigilância.

1.4 OBJECTIVOS

1.4.1 Objectivo geral

Projetar o arranque da Central termoelétrica de Maputo em modo *blackstart* sempre que a rede pública não estiver disponível.

1.4.2 Objectivos específicos

- Proceder o levantamento das cargas.
- Esquematizar o novo circuito de potência;
- Dimensionar os cabos de potência.
- Selecionar os elementos de sincronização.
- Definir a aplicação do antigo gerador.
- Propor soluções técnicas para os problemas levantados baseados em novas tecnologias possíveis de aplicação.

1.5 METODOLOGIA

Para a efectivação do presente projeto, a metodologia a usar será, a qualitativa e a aplicada, dividida nas seguintes partes a destacar:

- **PESQUISA APLICADA** é uma investigação científica sistemática com o objetivo de encontrar soluções práticas para problemas específicos de um campo de estudo, para o caso concreto deste trabalho será, a concepção de conhecimentos para o arranque da central termoelétrica de Maputo em modo *blackstart*.
- **PESQUISA QUALITATIVA** é um tipo de investigação que se aprofunda em aspetos não numéricos, como o comportamento, as motivações e as perspetivas das máquinas, neste caso concreto, para compreender fenómenos complexos. O objetivo é obter um entendimento detalhado e subjetivo da realidade, usando métodos como entrevistas, grupos focais e observações para analisar dados descritivos em vez de numéricos.
- **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA** - A revisão bibliográfica abrangerá a pesquisa, selecção e análise de materiais relacionados ao tema em destaque. Serão revisados livros, dissertações, artigos científicos e recursos disponíveis na internet para uma compreensão aprofundada da matéria, incluindo o funcionamento dos sistemas de supervisão industriais e sua concepção
- **CONSULTA DA DOCUMENTAÇÃO INTERNA DA CTM** Para obter um conhecimento mais abrangente sobre os grupos geradores pertencente à CTM, serão realizadas consultas aos manuais de Operação e Manutenção disponíveis na Central. Além disso, para fortalecer esse conhecimento, estão planeadas visitas aos grupo, conduzidas sob a orientação do supervisor da empresa.
- **OBSERVAÇÃO DIRECTA**- Este método de colecta de dados baseia-se na actuação de observadores treinados para obter determinados tipos de informação sobre

resultados, processos, impactos etc. Requer um sistema de pontuação muito bem preparado e definido, treinamento adequado dos observadores, supervisão durante a aplicação e procedimentos de verificação periódica para determinar a qualidade das medidas realizadas (BARBOSA, 2008) citado por (CONSTANTINO, 2016). A observação directa baseou-se em forma de visualização dos aspectos importantes para a pesquisa, como, uso de normas que regem o funcionamento das centrais termoelétricas de ciclo combinado e consulta aos manuais dos fabricantes; Recolha de dados

1.6 Delimitação do tema.

O objetivo deste trabalho é de Projetar o arranque da Central termoelétrica de Maputo em modo *blackstart*, Portanto, devido a ampla extensão deste tema, o estudo vai estar focado na esquematização do novo circuito de arranque, e no processo de operação em modo *blackstart*.

CAPITULO II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Conceitos teóricos sobre constituição de centrais termoelétricas de ciclo combinado e seus componentes.

2. Turbinas

Segundo (MORAN & SHAPIRO 6 edição), turbinas são dispositivos que desenvolvem potência em função da passagem de um gás ou líquido escoando através de uma série de pás colocadas em um eixo que se encontra livre para girar.

2.1 Turbinas a gás

As turbinas a gás são máquinas térmicas, onde a energia potencial termodinâmica contida nos gases quentes provenientes de uma combustão é convertida em trabalho mecânico ou utilizada para propulsão. São máquinas tecnicamente muito complexas, com inúmeras partes móveis e sofisticados sistemas de lubrificação e arrefecimento, essas turbinas operam no ciclo brayton.

2.2 Ciclos Térmicos de Potência

2.2.1 Ciclo de potência a gás

O ciclo de potência a gás, geralmente utilizado em centrais de geração termoelétrica para processos de compressão e expansão em maquinário rotativo, é o ciclo de Brayton (desenvolvido e proposto por volta dos anos 1870 para o uso no motor alternativo pelo engenheiro americano George Brayton 1830-1892), que é o ciclo ideal para as centrais de potência a gás (Çengel & Boles, 2007).

As turbinas a gás deste ciclo, podem funcionar em dois tipos diferentes de circuito, o circuito do ciclo aberto e o circuito do ciclo fechado. O ciclo de Brayton consiste apenas em quatro processos internamente reversíveis:

1-2 – Compressão isentrópica (em um compressor);

2-3 – Fornecimento de calor à pressão constante;

3-4 – Expansão isentrópica (em uma turbina); e

4-1 – Rejeição de calor à pressão constante.

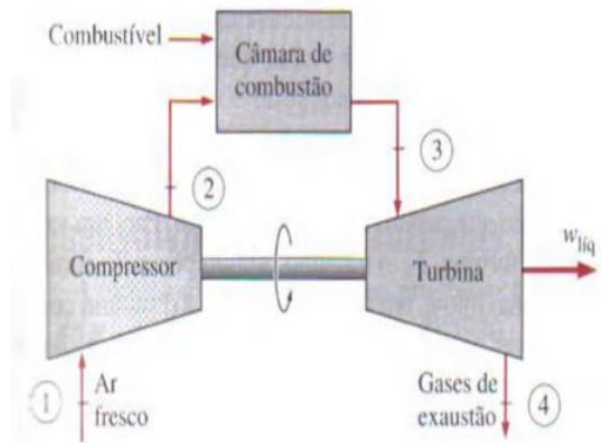
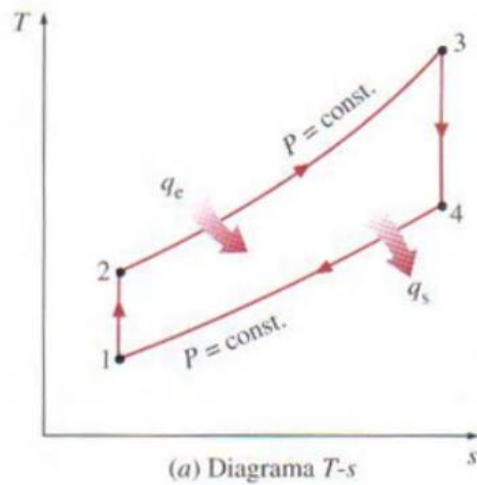


FIGURA 1- A) DIAGRAMA T-S DO CICLO.

B) CICLO ABERTO DE BRAYTON IDEAL.

FONTE: ÇENGEL & BOLES, 2007.

2.3 CICLO DE POTÊNCIA A VAPOR

Muitos dos problemas práticos associados ao ciclo de Carnot (pois, o ciclo de Carnot não é o modelo adequado para os ciclos de potência a vapor pois não pode ser realizado na prática, podendo ser usado apenas como um ciclo teórico), podem ser eliminados superaquecendo o vapor da água na caldeira e condensando-o completamente no condensador, desse modo, o ciclo resultante é o **ciclo de Rankine** (desenvolvido pelo escocês William John M. Rankine 1820-1872), o ciclo ideal das centrais de potência a vapor.

O ciclo de Rankine ideal é um ciclo que não envolve nenhuma irreversibilidade interna e consiste apenas em quatro processos para a alteração das propriedades do fluido de trabalho (neste ciclo o fluido de trabalho é a água):

- 1-2 – Compressão isentrópica em uma bomba;
- 2-3 – Fornecimento de calor à pressão constante em uma caldeira;
- 3-4 – Expansão isentrópica em uma turbina; e
- 4-1 – Rejeição de calor à pressão constante em um condensador.

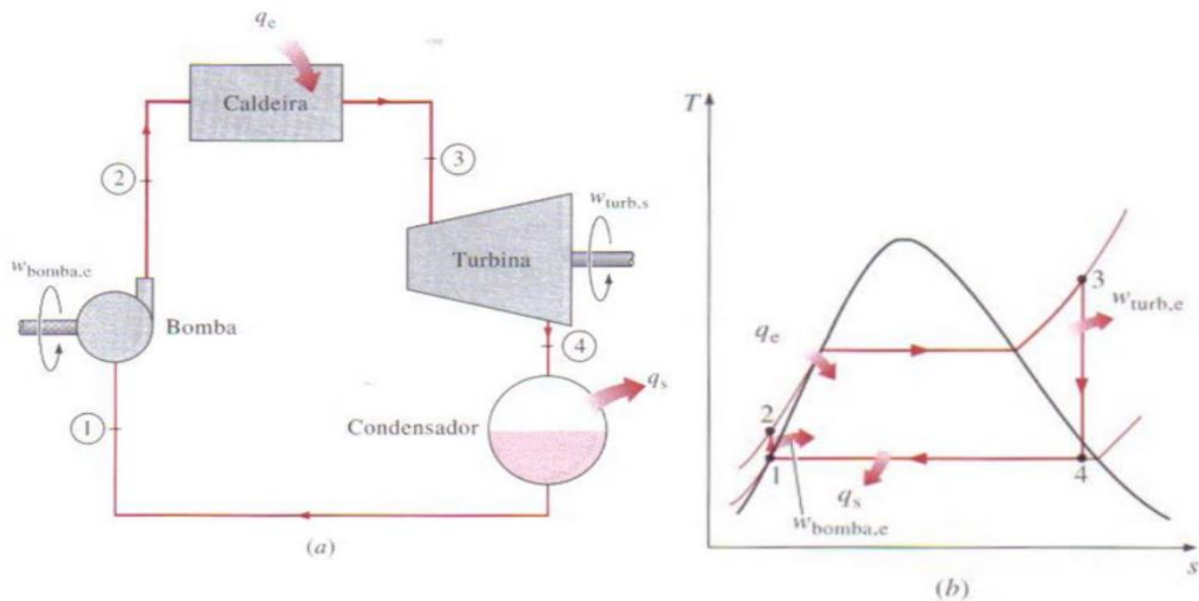


FIGURA 2 - A) CICLO DE RANKINE IDEAL.

B) DIAGRAMA T-S DO CICLO.

FONTE: ÇENGEL & BOLES, 2007.

2.4 CICLO COMBINADO (Caso da Central termoeletrica de Maputo)

A junção dos ciclos brayton e rankine dão origem ao ciclo combinado. O ciclo combinado surge num âmbito em que se busca altas eficiências térmicas por meio de modificações nas centrais de potência convencionais. Essa modificação (ciclo combinado) consiste num ciclo térmico de potência que une dois ciclos térmicos de potência diferentes, de tal forma que, parte da energia descarregada através de calor de um dos ciclos é usada parcial ou integralmente pelo outro ciclo. O ciclo combinado de maior interesse é o que combina o ciclo de potência a gás (Brayton) no topo de um ciclo de potência a vapor (Rankine), ver fig. abaixo, tornando-se num ciclo combinado gás-vapor com uma eficiência térmica maior do que qualquer um dos dois ciclos quando analisados individualmente (Çengel & Boles, 2007).

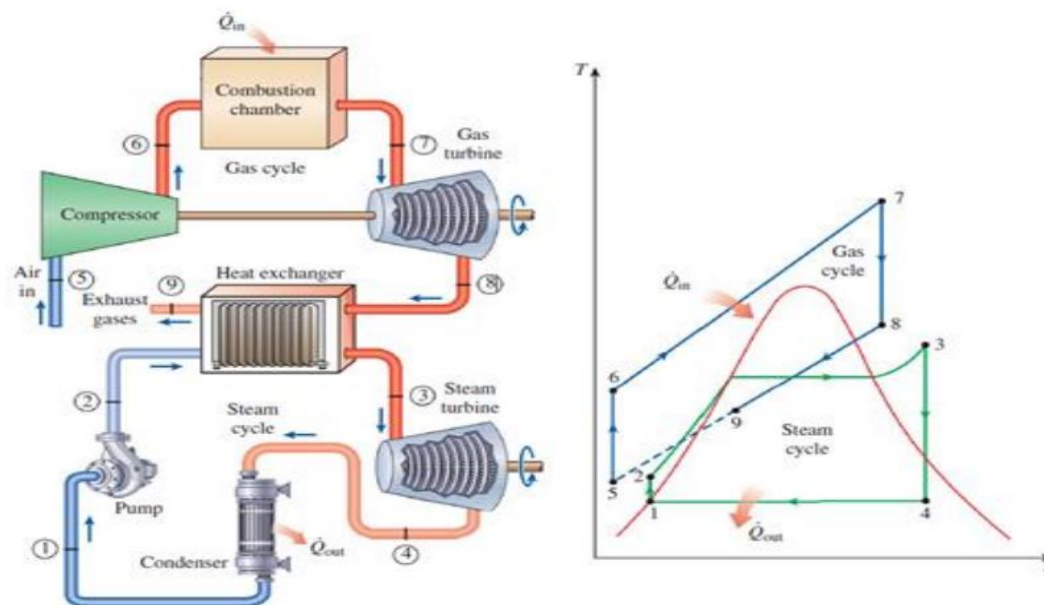


Figura 1 - Ciclo combinado e o respetivo diagrama T-s.

FONTE: ARQUIVO CTM

2.5 Turbinas LM6000 PF da GE instaladas na CTM

As turbinas a gás de modelo LM6000 fazem parte do conjunto de turbinas aeroderivado da *General Electric*, que são adaptados do motor aeronáutico CF6-80C2 turbofan (usado em aeronaves comerciais como Airbus A310 e Boeing 747-400), que possui adições e modificações projectadas para torná-lo mais adequado para geração de energia industrial, uso marítima, e também como propulsão naval. (GE, 2019.)



Figura 3- Turbina a gás de modelo LM6000PF da CTM.

FONTE: Autor

As turbinas a gás usadas na CTM são da serie LM6000, com as configurações mais recentes de LM6000PF como mostra a figura 3, e apresenta baixas emissões secas (DLE), possui rotor duplo que consiste em um conjunto de palhetas guias de entrada variável ou *variable inlet guide vane assembly* (VIGV), dois motores geradores, em ciclo combinado, com a capacidade de geração de 106 MW líquida sendo 48,063 MW por unidade, e é composto por compressor de múltiplos estágios, de baixa e alta pressão (LPC e HPC) de geometria variável, câmara de combustão (ou um conjunto combustor anular triplo) e uma turbina de alta pressão e de baixa pressão (HPT e LPT), um conjunto de caixa de engrenagens de acessórios ou *accessory gearbox assembly* (AGB) e outros acessórios (GE, 2019).

Princípio de funcionamento

O ar succionado no meio ambiente pelas turbinas LM600 PF, passa primeiro pelos filtros (casa de filtros), entra no VIGV e depois para o LPC, onde é comprimido em uma proporção de aproximadamente 2.4:1. O ar que sai do LPC é direccionado para o HPC, onde válvulas de desvio variável ou *variable bypass valves* (VBV) são dispostas na passagem de fluxo entre os dois compressores para regular o fluxo de ar que entra no HPC em marcha lenta e em baixa potência. Para controlar ainda mais o fluxo de ar, o HPC é equipado com palhetas de estator variável ou *variable stator vanes* (VSVs). O HPC comprime o ar em uma proporção de aproximadamente 12:1, resultando em uma taxa de compressão total de 30:1, em relação ao ambiente. Do HPC, parte deste ar é direccionado para a secção do combustor anular triplo (câmara de combustão), onde se mistura com o combustível pré-misturadores de ar/combustível que são acondicionados em 30 módulos removíveis externamente. A mistura ar/combustível é inicialmente inflamada por um ignitor, e uma vez que a combustão é auto-sustentável, o ignitor é desligado. Os gases quentes resultantes da combustão são direccionados para a HPT que acciona o HPC. Esse gás se expande ainda mais através da LPT, que acciona o LPC e a carga de saída. Os gases de exaustão passam pela LPT onde são expelidos hrsgs formando deste modo o ciclo combinado.

2.5.1 DESCRIÇÃO FUNCIONAMENTO DA TURBINA A GÁS

Quando o sistema de arranque é accionado, o ar ambiente é aspirado através do colector de entrada, filtrado e, em seguida, comprimido pelo compressor de ar de fluxo axial. Neste compressor, o ar é confinado no espaço entre o rotor e as pás do estator, onde é comprimido em estágios por uma série de rotações alternadas (rotor) e lâminas estacionárias (estator) em forma de aerofólio.

As pás do rotor fornecem a força necessária para comprimir o ar em cada estágio, enquanto as pás do estator guiam o ar para o estágio seguinte.

O ar comprimido é direccionado para um espaço anular que envolve as dez câmaras de combustão, saindo através da caixa de descarga do compressor. Nestas dez câmaras, os bicos de combustível introduzem o diesel, que se mistura com o ar comprimido. A ignição da mistura é realizada por uma ou ambas (duas) velas de ignição.

Assim que uma ou ambas câmaras de combustão equipadas com velas de ignição são acesas, as restantes câmaras também são acesas por tubos de fogo cruzado que interligam as zonas de reacção das câmaras de combustão.

À medida que o rotor da turbina se aproxima da velocidade operacional, a pressão da câmara de combustão faz com que as velas de ignição se retraiam, removendo seus eléctrodos da zona de chama quente.

Os gases quentes das câmaras de combustão se expandem nas dez peças de transição responsáveis pelo direccionamento dos gases para a secção da turbina de dois estágios. Cada estágio consiste numa fileira de pás fixas seguidas por uma fileira de pás rotativas.

Em cada fileira de pás fixas, a energia cinética do jacto é aumentada, com uma queda de pressão associada. Em cada fileira de pás móveis, uma porção da energia cinética do jacto é absorvida como trabalho útil no rotor da turbina, que por sua vez acciona o rotor do gerador e alguns acessórios.

Após passarem pelas pás do segundo estágio, os gases de exaustão são direccionados à coifa de exaustão e ao difusor, que contém uma série de pás giratórias que alteram o fluxo dos gases da direcção axial para radial. Por fim, os gases são encaminhados para o colector de exaustão, onde são lançados ao meio ambiente.

A planta de produção da na CTM, tem uma operação de base em ciclo combinado, onde os gases de combustão são aproveitados nas caldeiras de recuperação de calor (HRSG) para a produção de vapor.

O rendimento das turbinas a gás LM6000 PF instaladas na CTM, varia de acordo com a temperatura ambiente, por isso, foram aprimoradas com o sistema Sprint (*spray intercooling*), um sistema que pulveriza água desmineralizada, através de bicos de pulverização a entrada do compressor de baixa pressão, o que reduz a temperatura na entrada, permitindo maior capacidade de compressão, isto é, maior massa volumétrica, resultando assim no aumento significativo de potência nas turbinas.

No entanto, com o aquecimento global, tem-se verificado elevação da temperatura na admissão do ar, o que influencia negativamente na potência do ciclo simples e consequentemente no rendimento do ciclo combinado.

2.6 AUTOMAÇÃO EM CENTRAIS ELECTRICAS.

A automação industrial, segundo Moraes e Castruci (2007), refere-se a qualquer sistema apoiado em computadores que substitua o trabalho humano em favor da segurança das pessoas, da qualidade dos produtos, da rapidez da produção ou da redução de custos. Ela envolve a implantação de sistemas interligados e assistidos por redes de comunicação, incluindo sistemas supervisórios e interfaces homem-máquina que auxiliam os operadores na supervisão e análise de eventuais problemas. A automação industrial teve seus primórdios no chão de fábrica, com a utilização do controlo pneumático de medidas analógicas. Nessa fase inicial, eram empregadas estratégias de controlo clássico que se baseavam em relés e solenoides. Inicialmente, enormes painéis repletos de instrumentos analógicos ocupavam consideráveis espaços, situados junto às máquinas da linha de produção. Posteriormente, esses painéis foram centralizados em amplas salas de supervisão, conforme descrito por Moore (1986). A evolução da electrónica, impulsionada pelo surgimento do transistor e dos circuitos integrados, possibilitou a redução do tamanho e dos custos dos painéis de supervisão. No entanto, mesmo com essas melhorias, a funcionalidade ainda se mantinha predominantemente analógica no controlo de processos

2.7 GRUPO GERADOR A DIESEL

É denominado grupo gerador a diesel o conjunto de um motor primário de combustão a diesel acoplado a um gerador de corrente alternada onde há um controle de supervisão elétrica e mecânica a partir do consumo de diesel. (PRADO, 2006).

Em geral, um grupo gerador é um equipamento que possui um motor (Diesel, Gasolina ou Gás) de maior performance, acoplado a um gerador de tecnologia moderna e montado sobre base metálica, com acionamento manual ou automático.

2.8 MOTOR DIESEL

O motor diesel é uma máquina cujo objetivo principal é a transformação de energia química em energia mecânica. Porém, é uma máquina com pouca eficiência, pois o seu funcionamento gera grandes quantidades de energia térmica, sendo assim considerada uma máquina térmica. Os

motores a diesel podem ser classificados em quatro tipos, conforme a sua aplicação: veiculares, marítimos, industriais e estacionários. (SILVA, 2021).

Para o caso de gerador de energia, é usado o motor estacionário, que também é usado para bombas, máquinas de solda e outros que necessitam rotação constante.

2.9 SISTEMA DE EXCITAÇÃO

Ao alimentar as bobinas que constituem os polos, com corrente contínua significa excitar a máquina, por meio de uma fonte de corrente contínua denominada Excitatriz.

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 do campo magnético, mantendo constante a tensão para qualquer solicitação da carga.

Quanto a forma construtiva, são três configurações básicas para o sistema de excitação do alternador que são Estática, Dinâmica e Rotativa. Sistema de excitação dinâmica é montado no próprio eixo do alternador, onde se utiliza um gerador de corrente contínua, com escovas e coletor de lâmina de cobre. Sistema de excitação estática, a corrente que alimenta o campo do gerador principal é retificado através dos retificadores estáticos. A alimentação de corrente alternada aos retificadores pode se fazer através do gerador principal ou do barramento auxiliar se não até de um transformador redutora. Sistema de excitação rotativa, a corrente para alimentação do campo de gerador principal é obtido sem a utilização de escovas e anéis coletoras. Possui uma ponte retificadora de onda completa que, também é girante, que transfere a corrente retificada diretamente ao campo magnético do alternador principal.

2.9.1 FREQUÊNCIA

A velocidade síncrona é definida pela rotação da máquina primária (motor), a qual fornece a potência ativa para o sistema ligado ao gerador. A frequência da tensão gerada depende assim da velocidade de rotação e do número de polos, de acordo com a equação

$$f = \frac{p.n}{120} \quad (\text{eq.1.0})$$

Onde:

f – frequência em (Hz);

p – número de pares de polos da máquina, determinado pela construção da máquina e, é escolhido com base na velocidade da máquina primária (motor).

n - velocidade da máquina primária por minuto (rpm);

2.9.2 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DE UM GERADOR SÍNCRONO

De acordo com a constituição do alternador descrito anteriormente, o estator aloja enrolamento monofásico ou trifásico. Pelo movimento do rotor que contém um enrolamento que é alimentado em corrente contínua para criar campo magnético principal na máquina, no enrolamento do estator será induzida uma tensão alternada, a qual produzirá uma corrente igualmente alternada monofásica ou trifásica.

O princípio de funcionamento do alternador (gerador) é semelhante a um gerador de corrente contínua, baseia-se nos fenómenos de indução eletromagnética (Lei de Lenz e Faraday) a que está sujeito um condutor ou espira, quando sofre uma variação de fluxo magnético, que pode ser produzida rodando-se a espira no campo indutor fixo, ou rodando o campo indutor da espira fixa.

Para facilitar a compreensão, vou considerar um gerador elementar, o enrolamento do campo do alternador é alimentado em corrente contínua, neste caso uma bateria e no enrolamento de armadura recebe a tensão induzida no estator que tem a representação da saída das três fases.

2.9.3 QUADRO ELÉTRICO DE COMANDO

Residem em este quadro elétrico, vários dispositivos de proteção, controle e comando do grupo gerador e rede pública, conforme o caso. É dotado de uma chave comutadora com disjuntor para entrada de cabos provenientes do alternador, voltímetro, frequencímetro, amperímetros, regulador automático de tensão do alternador e demais componentes elétricos, tais como partida automática, sensores de tensão e frequência, chaves de transferência automática de carga, interface para comunicação e transmissão de dados, carregador de baterias, voltímetro e amperímetro do sistema de excitação ou outros instrumentos, conforme a aplicação

.

2.9.4 INVERSORES AUTOMÁTICOS PARA A COMUTACAO DE FONTES

Sistemas que operam com inversão automática utilizam equipamentos de controlo, gerador a diesel e bancos de baterias, na maioria dos casos. A inversão automática é acionada por falha da fonte principal, mas também pode ser programada para compensar o horário de ponta ou para manutenção do sistema. O processo de transferência de cargas deve ser controlado de forma que se faça uma transição dentro dos limites de operação dos elementos do sistema. Esta transferência é realizada através da ATS (sistema de inversão automática).

As caixas de inversão automática são divididas em duas partes: controle e potência. São utilizados em sistemas em que é necessário manter o fornecimento contínuo, realizando o chaveamento entre as fontes principais e de emergência ou, vice-versa. Podem operar tanto de forma manual como automática.

A caixa de inversão automática permite a transição suave e imediata entre as várias fontes e a carga. É acionado quando há uma interrupção da alimentação da rede principal. Poucos segundos depois, com o gerador operacional, desliga a carga da rede principal e liga o gerador. Após executar a transferência da carga ao sistema de emergência, a ATS prossegue monitorizando os níveis de tensão de fornecimento principal e quando o fornecimento é normalizado é feita a transferência da carga do gerador para a fonte principal. Diferente da caixa de inversão manual (CxIM), a ATS seleciona a fonte de energia disponível sem que haja a necessidade de intervenção do usuário.

CAPÍTULO 3: CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

3.1 Breve historial da Central termoelétrica de ciclo combinado de Maputo

A EDM – Eletricidade de Moçambique, é a empresa pública distribuidora da energia elétrica em todo o país. Fundada em 1977, distribui atualmente cerca de 980MW no território nacional. Nos finais do ano 2018 a central começou a operar, gerando cerca de 106MW a base do gás natural vindo de Pande. Esta empresa foi considerada, uma das maiores empresas de Moçambique, segundo a lista das 100 maiores empresas do país em 2009, divulgada pela consultora KPMG.

3.2 Localização da Central termoelétrica de Maputo.

Como já descrito inicialmente, a Central termoelétrica de Maputo (CTM), localiza-se no bairro Luís Cabral, arredores da cidade de Maputo, isto é, aproximadamente a 6 Km a nordeste da Cidade de Maputo, capital de Moçambique. Faz fronteira com o bairro de chamanculo “C” e o início do município da Matola.



Figura. 3 Localização Geográfica da CTM.

Fonte: <https://www.google.com/maps>

3.3 ELEMENTOS DO CIRCUITO ELÉTRICO DE POTÊNCIA DESCRITOS ANTERIORMENTE.



Fig.1 Vista abrangente da Central termoelétrica de Maputo. Fonte: Autor.



Fig.2 Turbina a gás GTG3. Fonte: Autor.

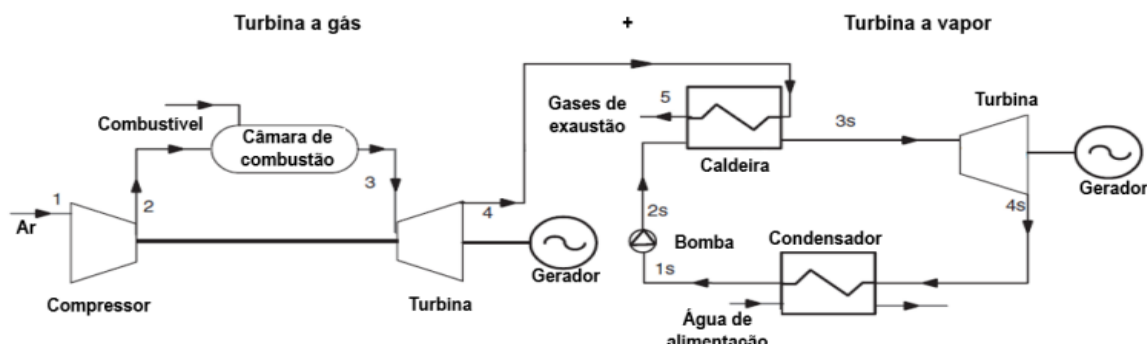


Fig.3 Modelo simplificado do ciclo combinado. Fonte: Arquivo ctm.

3.4 CIRCUITO ELÉTRICO DE POTÊNCIA, DA CONFIGURAÇÃO ACTUAL DA TURBINA GTG3.

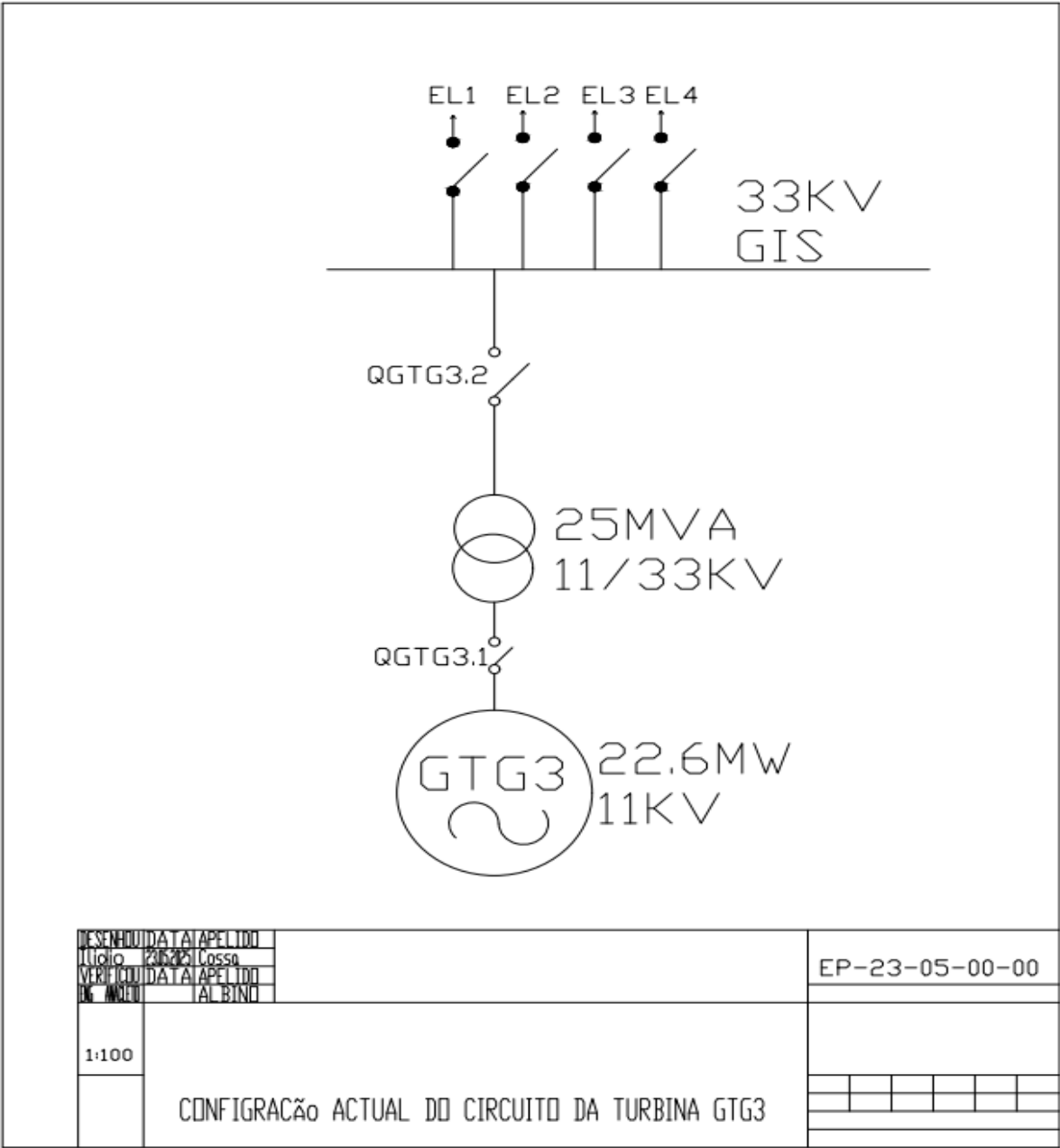


Fig.4 Configuração actual do circuito força da turbina GTG3. Fonte: Autor

CAPÍTULO VI - TRATAMENTO DE DADOS E RESULTADOS.

4. DESCRIÇÃO DO PROJECTO A IMPLEMENTAR

O presente trabalho consiste em criar um modo de operação da central termoelétrica de Maputo, em que permite o arranque da Central em rede isolada, isto é, na ausência da tensão da rede pública, como tensão de referência e garante dos serviços auxiliares, condição básica para o arranque.

O circuito da figura 4, descrito na página anterior, ilustra a configuração actual do sistema de potência da turbina a gás designada GTG3, actualmente recondicionada e com esta fonte projecta-se o modo de arranque em alusão como dito inicialmente, “O grupo foi recuperado para servir de gerador de emergência que proporcionara o *blackstart* da Central (capacidade da Central sair de uma condição de paragem total para uma condição de operação, independentemente da fonte de energia eléctrica externa para alimentar seus serviços auxiliares).

Conforme ilustra o circuito de potência da figura 4, apresenta-se como componentes do sistema de potência, da turbina GTG3, o transformador elevador 11/33KV; barramento de 33kv; a turbina que gera na saída do alternador 11KV e potencia instalada de 22.6MW.

As quatro linhas de 33KV representam as diversas cargas que emergencial mente o sistema pode alimentar, pois este grupo gerador desempenha actualmente a função de grupo gerador de emergência para cargas previamente definidas pelo antigo sistema de potência.

Importa referir mais uma vez, que o GTG3, actualmente não ocupa a posição de gerador de emergência da central termoelétrica de Maputo, sendo que neste momento a central dispõe de um grupo gerador a diesel, de potência igual a 1MW que alimenta alguns serviços auxiliares.

4.1 CIRCUITO DE POTÊNCIA, PARCIAL DO PROJECTO PROPOSTO

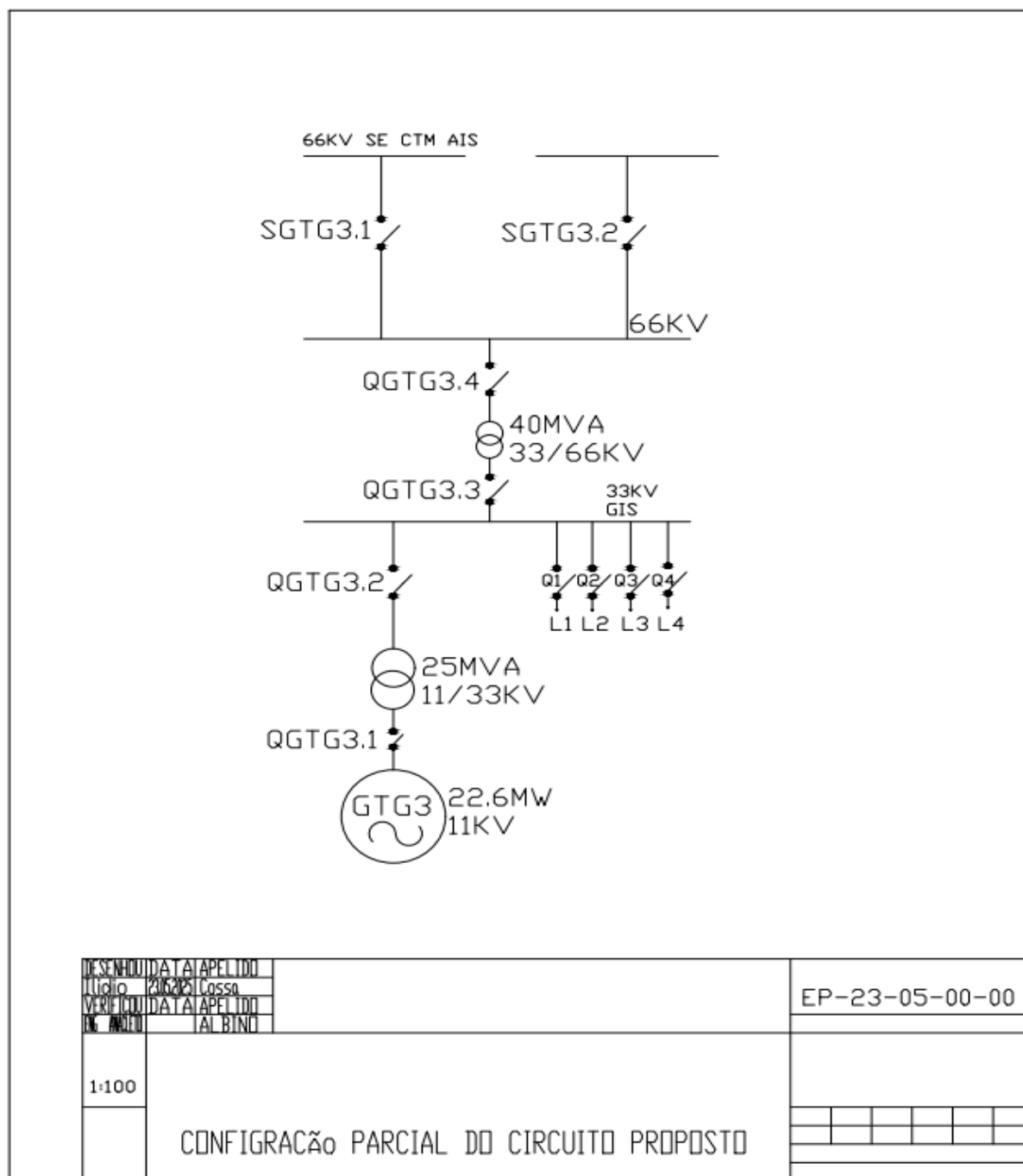


Fig.5 Configuração parcial do circuito proposto. Fonte autor.

4.1.1 Descrição da fig.5 Circuito parcial proposto:

Conforme ilustrado na figura acima, que debruça de uma das fases do projecto a implementar, esta patente a diferença entre os circuitos das figs. 4 e 5, sendo que o circuito parcial do projecto proposto contempla para além do transformador elevador de 11/33KV o transformador elevador 33/66KV.

A lógica de operação, será: A turbina GTG3 em regime de funcionamento, vai debitar tensão, no primário do transformador 11/33KV, considerando que actualmente este transformador esta no circuito da mesma turbina, e ao energizar o barramento de 33KV, será alimentado o transformador 33/66KV.

Referir que, actualmente o transformador 33/66KV não faz parte da subestação da central termoelétrica de Maputo, mas sim da SE2 que é a subestação (antiga) adjacente a da CTM, que dista cerca de 200 metros da outra e estando neste momento em operação, mas com baixa carga na ordem dos 20%.

Depois de se energizar o barramento de 66KV, na SE2, subestação adjacente á subestação da CTM, estarão criadas as condições básicas, para a concepção dos objectivos deste projecto, sendo que a fase posterior será a esquematização do circuito de potência a interligar as duas subestações.

Importa referir que as caleiras ou condutas de cabos da central, dispõem de cabos unipolares de 240mm que interligam a subestação SE2, que faziam parte da antiga central mas que não foram removidos e pretende-se aplicar neste projecto.

4.4 CARGA A SER SUPRIDA PELO GTG3.

Foram consideradas as seguintes cargas para o sistema elétrico de potência resultantes do levantamento de carga na Central.

4.4.1 Serviços auxiliares para o arranque da Central termoelétrica de Maputo

Tabela 1. Levantamento de dados. Fonte: Autor

CARGAS	POTÊNCIA	TENSÃO	LOCALIZAÇÃO	FABRICANTE
Bombas de alta e baixa pressão	1.5MW	6.6kV	Planta	ABB
Bombas de oleio de alta pressão para o arranque da turbina	1.0MW	6.6kV	Planta	ABB
Bombas de lubrificação da turbina e do gerador	1,5MW	6.6kV	Planta	ABB
Compressores de Ar para o arranque	1.4MW	400V	Planta	ATLAS
Compressores de gás	1MW	400V	Planta	ATLAS
Aquecedores de gás	750kW	400V	Planta	MIRRELI
Sistema controle e sala de comando	250kW	400V	Planta	RTU
Iluminação	100kW	220V	Planta	N/A
Tomadas	200kW	220V	Administração.	N/A
TOTAL	7.7MW			

4.4.1 EXCITAÇÃO E ARRANQUE DA CENTRAL TERMOELÉTRICA DE MAPUTO.

Ao accionar o sistema de arranque, o ar ambiente é aspirado através do colector de entrada, filtrado e, em seguida, comprimido pelo compressor de ar de fluxo axial. Neste compressor, o ar é confinado no espaço entre o rotor e as pás do estator, onde é comprimido em estágios por uma série de rotações alternadas (rotor) e lâminas estacionárias (estator) em forma de aerofólio. As pás do rotor fornecem a força necessária para comprimir o ar em cada estágio, enquanto as pás do estator guiam o ar para o estágio seguinte.

O ar comprimido é direccionado para um espaço anular que envolve as dez câmaras de combustão, saindo através da caixa de descarga do compressor. Nestas dez câmaras, os bicos de combustível introduzem o diesel, que se mistura com o ar comprimido.

A ignição da mistura é realizada por uma ou ambas (duas) velas de ignição. Assim que uma ou ambas câmaras de combustão equipadas com velas de ignição são acesas, as restantes câmaras também são acesas por tubos de fogo cruzado que interligam as zonas de reacção das câmaras de combustão. À medida que o rotor da turbina se aproxima da velocidade operacional, a pressão da câmara de combustão faz com que as velas de ignição se retraiam, removendo seus eléctrodos da zona de chama quente. Os gases quentes das câmaras de combustão se expandem nas dez peças de transição responsáveis pelo direccionamento dos gases para a secção da turbina de dois estágios. Cada estágio consiste numa fileira de pás fixas seguidas por uma fileira de pás rotativas.

Em cada fileira de pás fixas, a energia cinética do jacto é aumentada, com uma queda de pressão associada. Em cada fileira de pás móveis, uma porção da energia cinética do jacto é absorvida como trabalho útil no rotor da turbina, que por sua vez acciona o rotor do gerador e alguns acessórios.

Após passarem pelas pás do segundo estágio, os gases de exaustão são direccionados à coifa de exaustão e ao difusor, que contém uma série de pás giratórias que alteram o fluxo dos gases da direcção axial para radial. Por fim, os gases são encaminhados para o colector de exaustão, onde são lançados ao meio ambiente.

4.4.2 CONSTITUIÇÃO DO MODO *BLACKSTART*.

O *blackstart* da Central (capacidade da Central sair de uma condição de paragem total para uma condição de operação, independentemente da fonte de energia eléctrica externa para alimentar seus serviços auxiliares) será basicamente composto pelos seguintes elementos:

1. Turbina a gás designada GTG3 – referir que esta turbina, foi recondicionada actualmente, pois ela fazia parte da antiga central térmica de Maputo, com o propósito de inseri-la como fonte auxiliar para o arranque da central em *blackstart*.
2. Transformador de potência 11/33KV 25MVA, já existente na antiga central e esta operacional.
3. Transformador de potência 33/66KV 40MVA, já existente na subestação SE2, adjacente a subestação da CTM e esta operacional a 20% de carga.
4. Seccionadores para acomodar o fecho das linhas prioritárias, no modo *blackstart*.
5. Barramentos de 33 e 66 KV.
6. Sistema de controlo da turbina GTG3, interligado ao sistema de controlo da CTM.

Referir que o diagrama eléctrico da fig.6, na pág. 28, (circuito de potencia do projecto proposto), ilustra a configuração dos elementos do modo *blackstart*, bem como a interligação de cada elemento com a central. O protocolo de operação, fornece os detalhes de arranque da central no modo em alusão.

CAPITULO V:

- Configuração final do circuito de potência do projecto proposto.
- Operação e considerações logicas de funcionamento.

5.1 CIRCUITO DE POTÊNCIA PROPOSTO

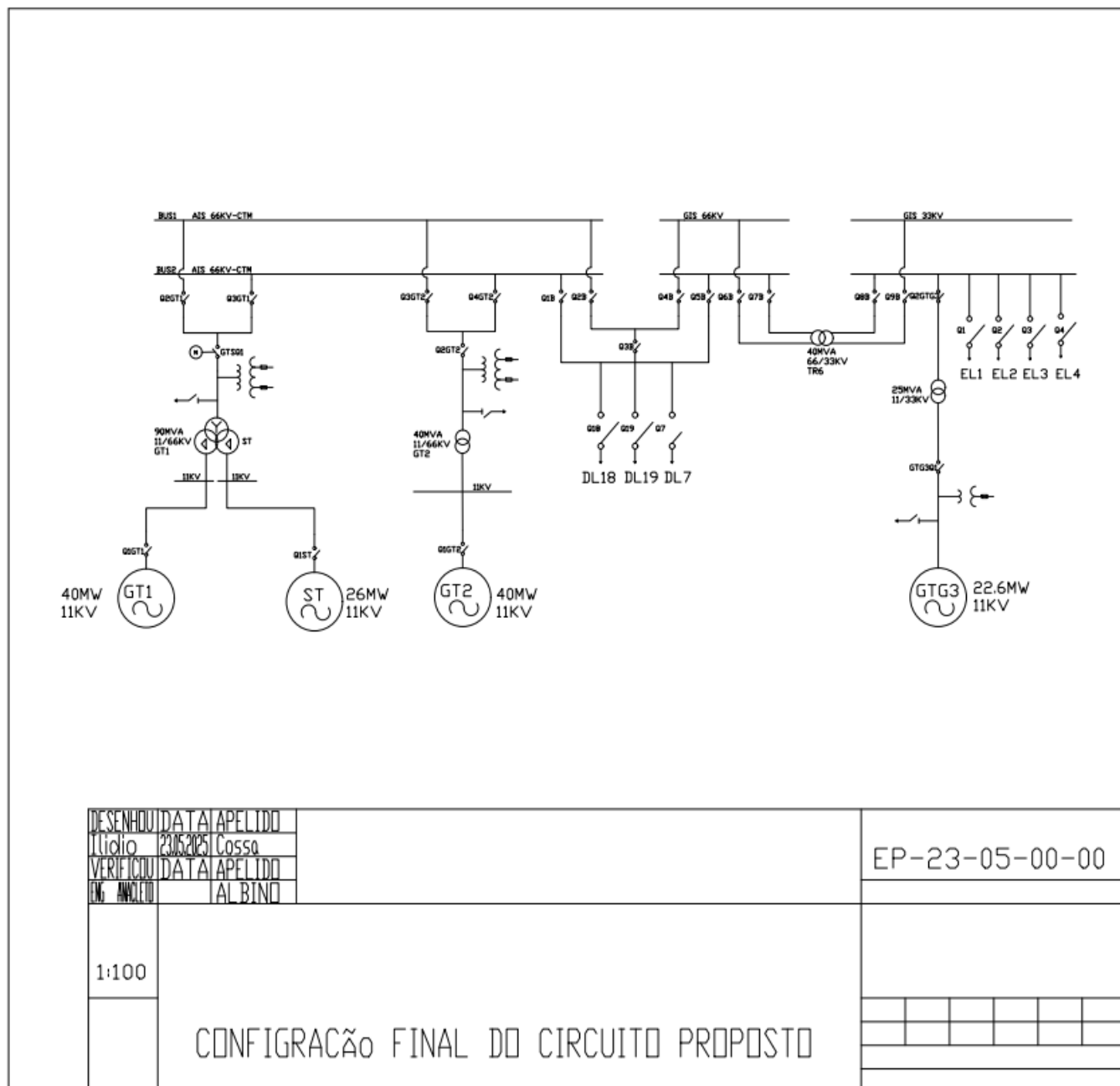


Fig.6 Configuração final do circuito proposto. Fonte: Autor

5.2 OPERAÇÃO DO SISTEMA DE POTÊNCIA PROPOSTO

As duas subestações em causa são propriedades da concessionária pública EDM, e a filosofia de operação obedece o plasmado pelo centro nacional de despacho CND, que lidera o comando das manobras ou operações de toda rede.

O sistema eléctrico da figura 6 representa a visão geral do projecto a implementar, para a concretização da operação no modo *blackstart*. O circuito eléctrico no seu todo é constituído pelos seguintes elementos activos:

- Duas turbinas a gás do tipo LMF600PF de 40MW cada
- Uma turbina a vapor de 26MW
- Um transformador elevador terciário de 11KV/66KV 90MVA
- Um transformador elevador 11/66KV 40MVA
- Um transformador elevador para a GTG3 33/66KV 40MVA
- Uma turbina a gás, GTG3 22.6 MW
- Um transformador elevador para a GTG3 11/33KV
- Barramentos tubulares.
- Três linhas aéreas de 66KV

Referir que, felizmente, todos estes activos estão operacionais e disponíveis para a implementação desejada, sublinhando o facto de o transformador de 33/66KV que vai interligar as duas subestações estar a operar a 20% de carga, o que satisfaz o acoplamento da turbina GTG3 no sistema.

A turbina GTG3 encontra-se instalada no recinto da central termoelétrica de Maputo, mas ela debita tensão de 33kv, na subestação SE2 (antiga), localizada a 200 metros da subestação da CTM, devido a configuração da antiga central a carvão.

5.2.1 OPERAÇÃO DO SISTEMA DE POTÊNCIA PROPOSTO

5.2.1.1 Operação do sistema no modo *blackstart*.

As linhas de alta tensão DL18; 19 e DL7 tem as suas chegadas no barramento de 66KV na SE2 e interligam com a subestação da CTM através de cabos subterrâneos.

Na presença da rede pública, estando criadas as condições de operação normal da central, o operador na sala de comando, sob orientação do centro nacional de despacho, accionadas as turbinas GT1 e GT2 de 40MW cada, que por sua vez, depois de se reaproveitar os gases de escape, para a produção do vapor de água é accionada a turbina a vapor de 26MW.

Sob orientação do centro nacional de despacho, procede-se com a sincronização da central com a rede pública, gerando potencia para alimentação das cargas.

Nestas condições, a central opera em modo controle de potência, absorvendo a demanda da rede pública e a turbina GTG3 permanece em repouso, isto é, sem geração. Modo normal.

Nestas condições, as linhas EL1; EL2; EL3 e EL4 permanecem em repouso, sem tensão, pois estas linhas apenas são alimentadas em modo de emergência.

Em caso de ausência ou falha da rede pública:

Nestas condições, actualmente não é possível arrancar a central devido a falta de serviços auxiliares e tensão de referencia. E desta forma que se junta ao circuito de potencia, a turbina a gás GTG3.

O operador da central, sob orientação do centro nacional de despacho, procede com o arranque da turbina GTG3, obedecendo todos os procedimento de segurança e encravamento da rede pública enquanto não existir.

Através do TR6 33/66kv é alimentado o barramento de 66KV da SE2 que interliga a subestação da CTM e será energizado o barramento da subestação da central a 66KV.

Ao se energizar o barramento de 66KV na subestação da CTM, através da tensão gerada pela turbina GTG3, os transformadores das turbinas GT1 e GT2, passam a realizar o processo inverso e garantem a alimentação do circuito dos serviços auxiliares a 0.4KV e 6.6KV, criando condições de arranque no modo *blackstart*.

Desta forma, sob o comando do centro nacional de despacho, o operador da central termoelétrica de Maputo em coordenação com o operador da subestação SE2, procede o arranque da central no modo blackstart e gera potência a dissipar na rede.

Porque neste modo de operação, não dispõe-se da rede pública para sincronizar, a CTM será sincronizada com a turbina a gás GTG3.

Apos a sincronização com a GTG3, estarão criadas as condições de operação no modo *Blackstart*.

Devido a falta da rede pública, a potência instalada vai baixar de capacidade, sendo que dispõe-se apenas dos 106MW gerados na central, mais os 22,6MW gerados pela turbina a gás GTG3.

Sob orientação do centro nacional de despacho, o operador da subestação SE2, procede com a injeção de carga, ate estabilizar o sistema em função da carga gerada.

Neste momento, serão alimentadas também as linhas de emergência, ligadas ao barramento de 33kv, na turbina GTG3.

O sistema permanece nestas condições operando em modo *blackstart*, ate que as condições da rede pública estejam normalizadas a operar.

Importa referir, que neste modo de operação é preciso acautelar o carregamento de cada grupo pois trata-se de potências deferentes.

Ao se restabelecer a rede, o centro nacional de despacho procede com o comando e cria-se condições de retornar ao modo normal.

Neste momento a turbina GTG3 deve ser isolada da rede, e a rede pública passa a ser a fonte principal de alimentação.

CAPITULO VI:

6.1 MONITORIA DO SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA

A supervisão a distância dos grupos geradores ou centrais elétricas, constitui um tema amplo dado a sua complexidade, por outro lado devido a limitações do presente trabalho, abordar-se-á os pontos relevantes.

Esta central é equipada com o Controlador CSI-III fabricado pela IHI como principal equipamento de controlo. A planta possui quatro (4) Controladores CSI-III+, dois (2) para o controlador HRSG. Outros dois (2) para cada Controlador de Turbina a Gás. Esses controladores CSI-III+ são conectados mutuamente por Ethernet e o operador pode monitorá-los e operá-los por meio de uma IHM (Interface Homem-Máquina) comum.

A turbina a vapor é controlada pelo painel de controlo da turbina a vapor fornecido pelo fabricante ST. Este painel de controlo é conectado ao CSI-III+. Controla o arranque e paragem da central.

Esta central é baseada na operação contínua em ciclo combinado. A configuração de operação dos principais equipamentos dela, pode ser encontrada no manuais de operação da centra. Os casos de operação são considerados com base nos números de operação e nas condições da rede elétrica. Embora existam vários casos, ela pode ser classificada em alguns padrões de operação.

6.1 MONITORIA DO SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA

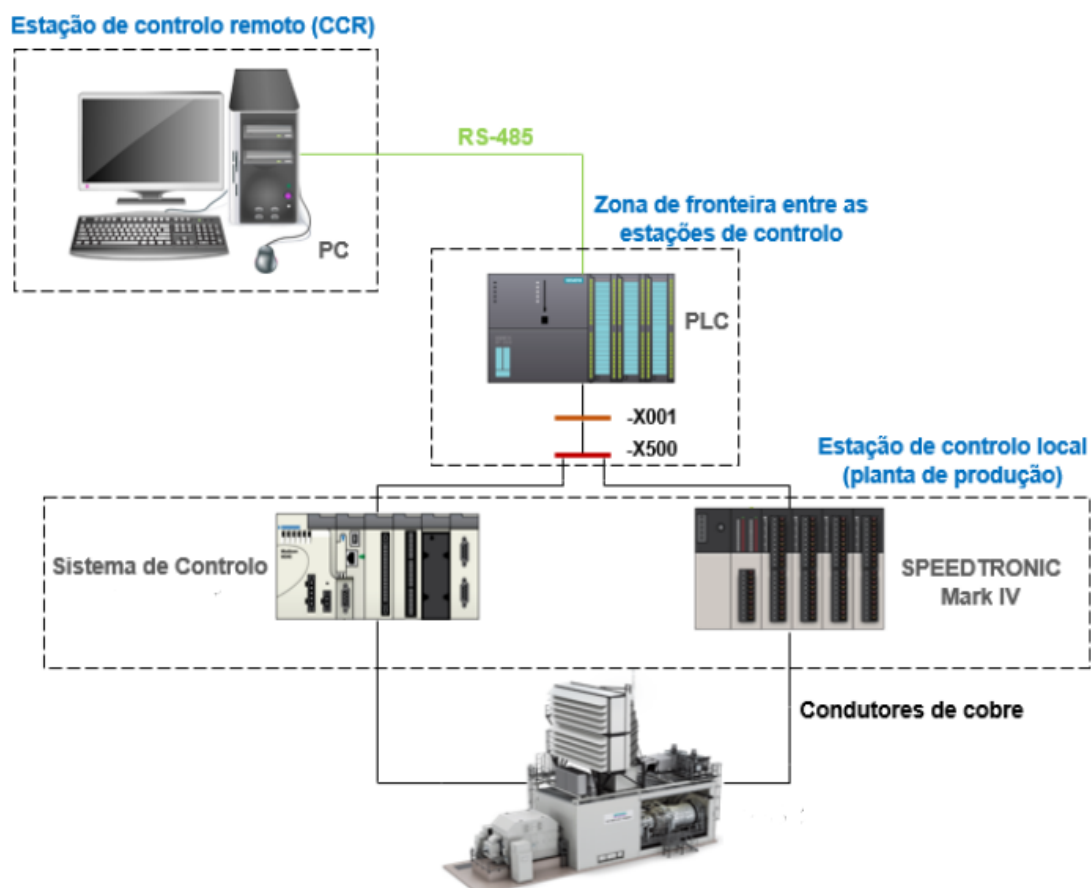


Fig.7 Sistema de controlo. Fonte: autor

6.3 SEGURANÇA

Os cabos de media tensão, subterrâneos, que partem da turbina a gás designada GTG3, para a SE2, deveram ser instalado sobre um maciço de betão, cerca de 400 mm de altura. No interior da caleira, dos cabos, deverá ser disposta uma cavidade que terá escoamento das águas pluviais, para os drenos situados nas proximidades.

No que tange a proteção, deverá se garantir a cobertura das caleiras com tampas de betão, de modo a assegurar a segurança dos cabos e pessoas.

Deverá ser instalado extintores contra incêndios. A instalação dos demais componentes do sistema deverá ser executada de acordo com normas de segurança em vigor em Moçambique. E em especial cuidado deve ser posto na correta ligação à terra de todas as massas metálicas, não fazendo parte dos circuitos ativos, que possam entrar acidentalmente em tensão.

De acordo com o regulamento a cima referido, deverá ser instalada “uma terra de serviço” (Ts) para ligação do neutro, e ”terra de proteção” (Tp) fazendo-se a ligação de todas massas metálicas, facilitando assim, a melhor operacionalidade da central.

6.4 MONITORAMENTO DE EMISSÕES DOS GASES DE ESCAPE PARA O AMBIENTE.

Desde 1973, com o objectivo de promover a consciência ambiental e a acção coletiva, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) instituiu o dia 5 de Junho como o Dia Mundial do Ambiente. Actualmente, o mundo enfrenta grande desafio na área de geração de energia eléctrica, sem poluir e sem emissão de dióxido de carbono ao ambiente.

A central termoelétrica de Maputo, caracteriza-se por ser uma central a gás, amiga do ambiente, sendo que emite menos poluentes se comparado com outros combustíveis fósseis, apresenta uma eficiência acima de 50%.

A central possui um sistema de monitoramento contínuo de emissões (CEMS) para monitoramento em tempo real de emissões para o meio ambiente.

O sistema de arrefecimento dos equipamentos é feito através da circulação do ar forçado, por forma a minimizar a dependência da água. O ciclo de vapor utiliza o condensador refrigerado a ar forçado como dissipador de calor.

As turbinas a gás são do tipo LMF6000PF, com injectores de baixa emissão para redução de óxidos de nitrogénio (NOX).

Em síntese a central monitora as actividades que afectam ou podem afectar o meio ambiente, que se baseia no controle da emissão dos gases de escape, de partículas contidas na água e da poluição sonora.

6.5 ESTIMATIVA DO CUSTOS.

Tabela 2 Estimativa de custo. Fonte: Tecnel.

UNIDADE: CTM					
LOCAL: Maputo Cidade					
PROJECTO: Arranque da central termoelétrica de Maputo em modo <i>Blackstart</i>					
Item	Descrição		Un	Fornecedor	Preço Total (Mzn)
1	Instalação de um novo pórtico de 33KV		1	Tecnel	270.000
2	Isoladores de suspensão		12		96000
3	Terminais para cravar 240mm		36		10800
4	Cabos de terra 95mm		150m		27000
5	Disjuntores 1250A		2		950 000
6	Cabo VAV 1x240mm		100m		180 000
7	Eléktrodo de terra		10m		8000
8	HM1 para PLC		1		120 000
9	Módulos de comunicação		8		4000
10	Suporte para cabo		60		6000
11	Parafuso (M16) em latão estanhado para cabo de cobre,		40		2000
12	Caixas para união de cabos		3		81000
13	Fusíveis NH 1250A		3		6000
TOTAL					1,490,800

6.6 CONCLUSÃO

O projecto de arranque da central em modo *blackstart* representa um avanço significativo na gestão e operação do sistema eléctrico de potência, e demonstra um compromisso com a modernização e eficiência nas operações da central termoelétrica Maputo. O objectivo principal do trabalho foi projectar um sistema que permite operar a central mesmo na ausência da rede pública. Assim, as mesmas funções que estavam presentes no sistema de operação anterior foram mantidas. A capacidade de monitorar e controlar as turbinas remotamente proporciona uma resposta rápida a eventos imprevistos, o que é crucial para garantir a segurança e a eficácia das operações. A transição para este novo modo de operação da central oferece uma série de benefícios notáveis. Um exemplo concreto é a simplificação da manutenção da rede pública e o tempo de indisponibilidade da central. A utilização de PLC's e HMI torna o sistema mais intuitivo e acessível para os operadores. A interface gráfica da HMI oferece uma visão clara do estado do sistema e a capacidade de realizar ajustes em tempo real, simplificando a operação e melhorando a tomada de decisões.

6.6.2 RECOMENDAÇÕES.

Para melhor performance do sistema de potência da central termoelétrica de Maputo, recomenda-se que toda a intervenção ao sistema incluindo a atividades de manutenção preventiva ou corretiva, sejam realizadas por pessoal tecnicamente qualificado para tal, pois, as manobras de transferência de carga realizadas nesses sistemas exigem certo conhecimento técnico e possuem um alto risco de acidente com eletricidade devido aos níveis de tensão em que esses equipamentos operam. Uma manobra feita incorretamente pode ocasionar um curto-circuito ou uma explosão em algum componente caso os sistemas de proteção falhem. O funcionamento desta central em modo automático torna desnecessária a supervisão humana. Por consequência, a exposição aos riscos inerentes às manobras com equipamentos elétricos energizados é diminuída consideravelmente.

.

6.7 BIBLIOGRAFIA

- [1] AMY, L. T. Instrument Society of America. Automation Systems for Control and Data Acquisition, 1992. 254.
- [2] Cummins power generator, from <http://www.cummins power.com.br>
- [3] ASSIS, P. D. K. B. D. MICROCONTROLADOR, Barbacena, Dezembro 2004. 92.
- [4] Chapman, Stephen J. – Fundamentos de Máquinas Elétricas. Editora Mc Graw Hill, 5ª Edição. 684p.
- [5] BOYER, S. A. SCADA, Supervisory Control and Data Acquisition. 4ª. ed. [S.l.]: International Society of Automation, v. III,
- [6] CHAPMAN, S. J. Fundamentos de Máquinas Elétricas. 5ª. ed. Por Alegre: MCGRAW HILL - ARTMED, 2013. 608 p. CLARKE, G.; REYNDERS, D.; WRIGHT, E. Practical Modern SCADA Protocols - DNP3, 60870.5 and Related Systems. [S.l.]: Elsever, 2004. 548
- [7] Conhecimentos adquiridos ao longo do percurso do curso de engenharia elétrica na UEM-FENG
- [8] PRADO, A. M. Sistema elétrico automatizado objetivando otimização na alimentação de centro de consumo. 2006. 81 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia e Automação Elétricas) - Departamento de Energia e Automação, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006
- [9] UEM (Agosto/2006) “ Manual de Instalações Elétricas II”;
- [10] EDM, *Operating and Maintenance Manual* – Central Térmica de Maputo, Vol. 1, Maputo
- [11] EDM, *Operating and Maintenance Manual* – Central Térmica de Maputo, Vol. 6-1, Maputo
- [12] EDM, *Operating and Maintenance Manual* – Central Térmica de Maputo, Vol. 17, Maputo.

[13] EDM, *Operating and Maintenance Manual* – Central Térmica de Maputo, Vol. 20, Maputo

[14] Lucier, D., Gas Turbine Control & Protection Systems, PAL – Engineering, Acessado em <http://www.pdfcoffee.com/gt-control-amp-protection-systems-pdf-free.html> aos 5 de Maio de 2025

[15] Zancan, M. D., Controladores Programáveis, e-Tec Brasil, 2011

ANEXOS

ANEXO 1: (Subestação 66kv CTM-AIS)



ANEXO 2: (Subestação 66kv SE2 GIS)



ANEXO 3: (Transformador terciário 11/66kv - 90MVA - Subestação da CTM)



ANEXO 4: (Transformador 11/66kv - 40MVA - Subestação da CTM)



ANEXO 5: (Gerador de emergência, contentorizado – MTU-1MW)

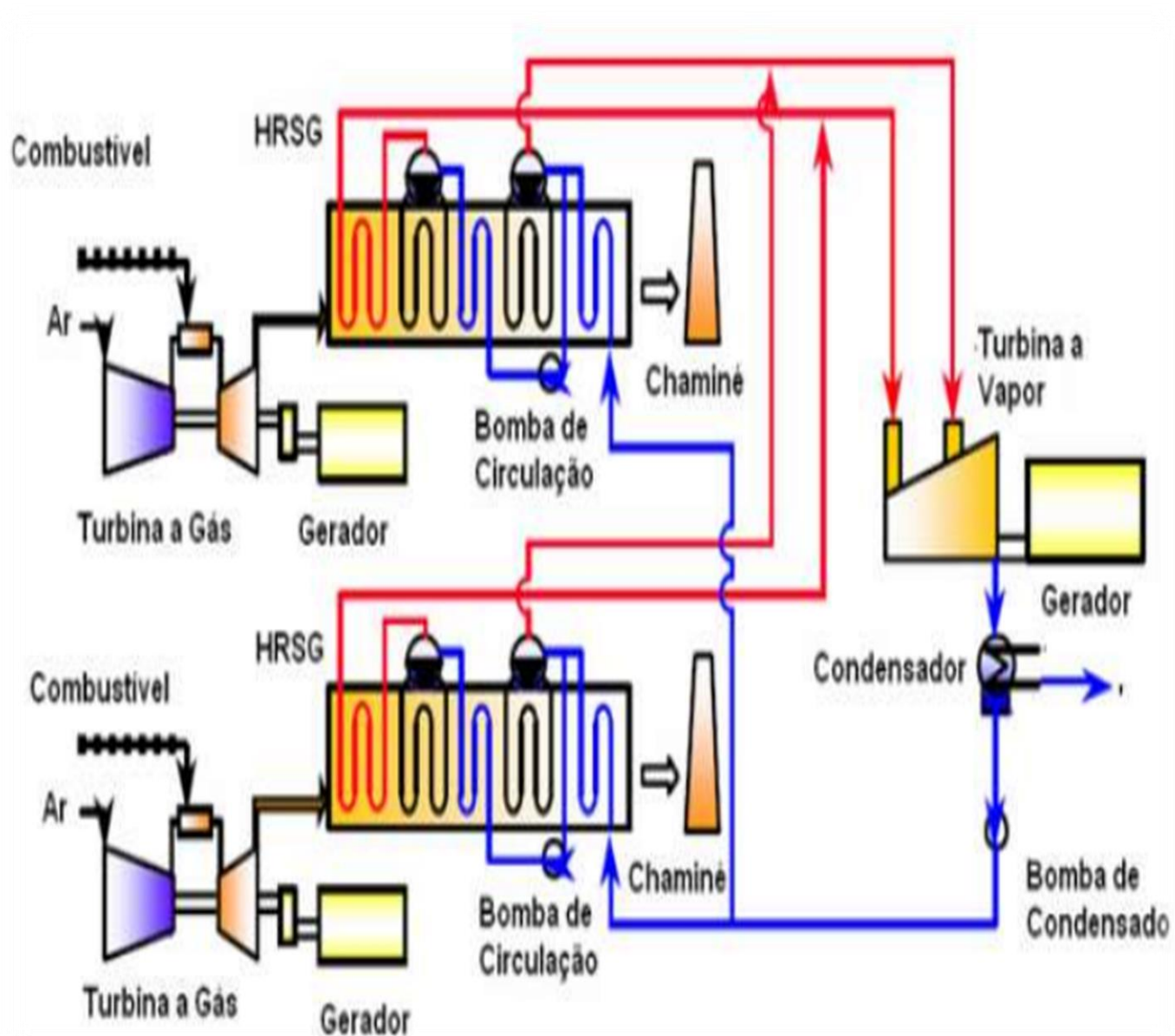


Projecto de arranque da central termoelétrica de Maputo-CTM em modo Blackstart.

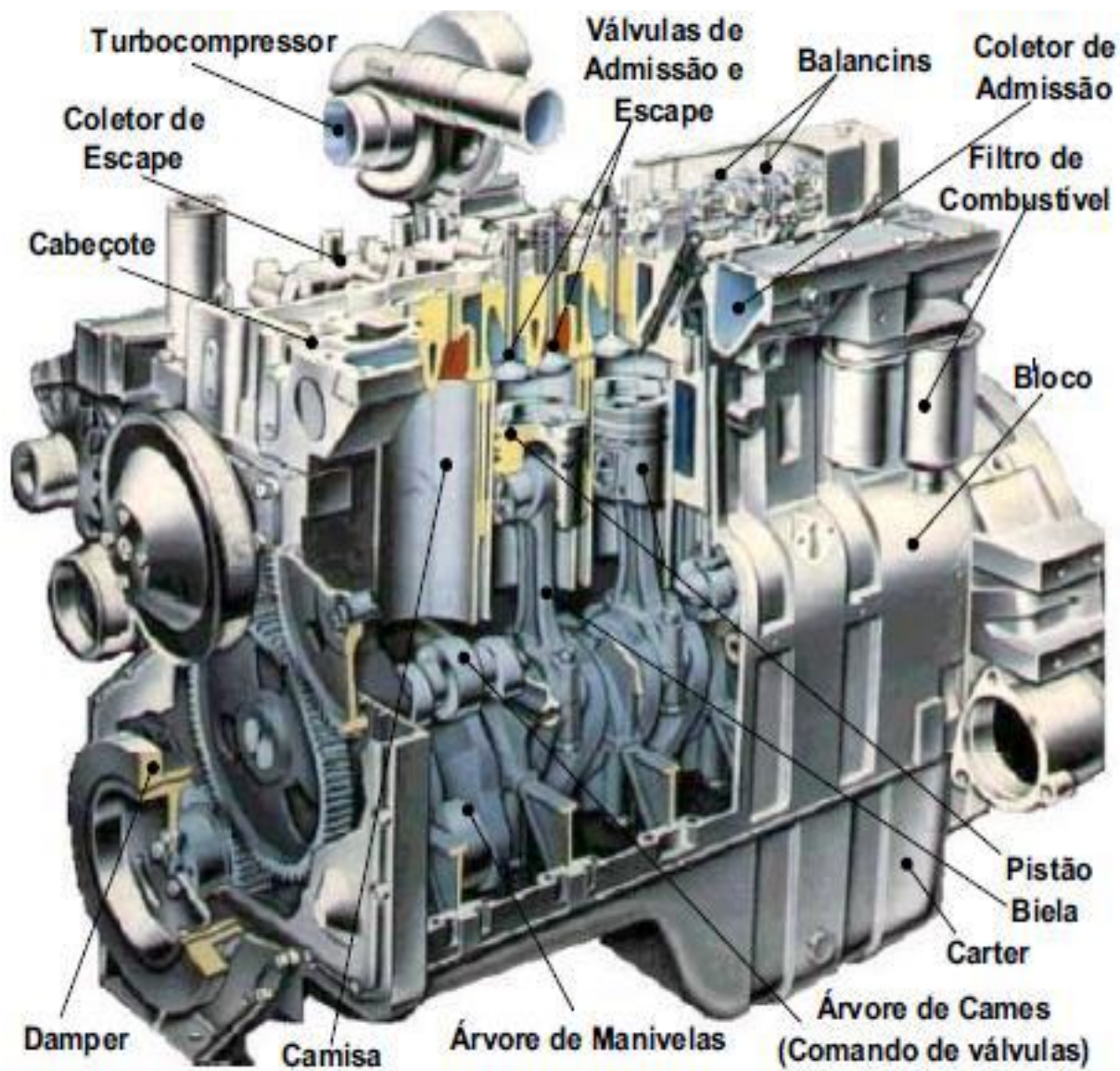
ANEXO 6: (Turbina a gás, modelo LM6000PF da CTM.)



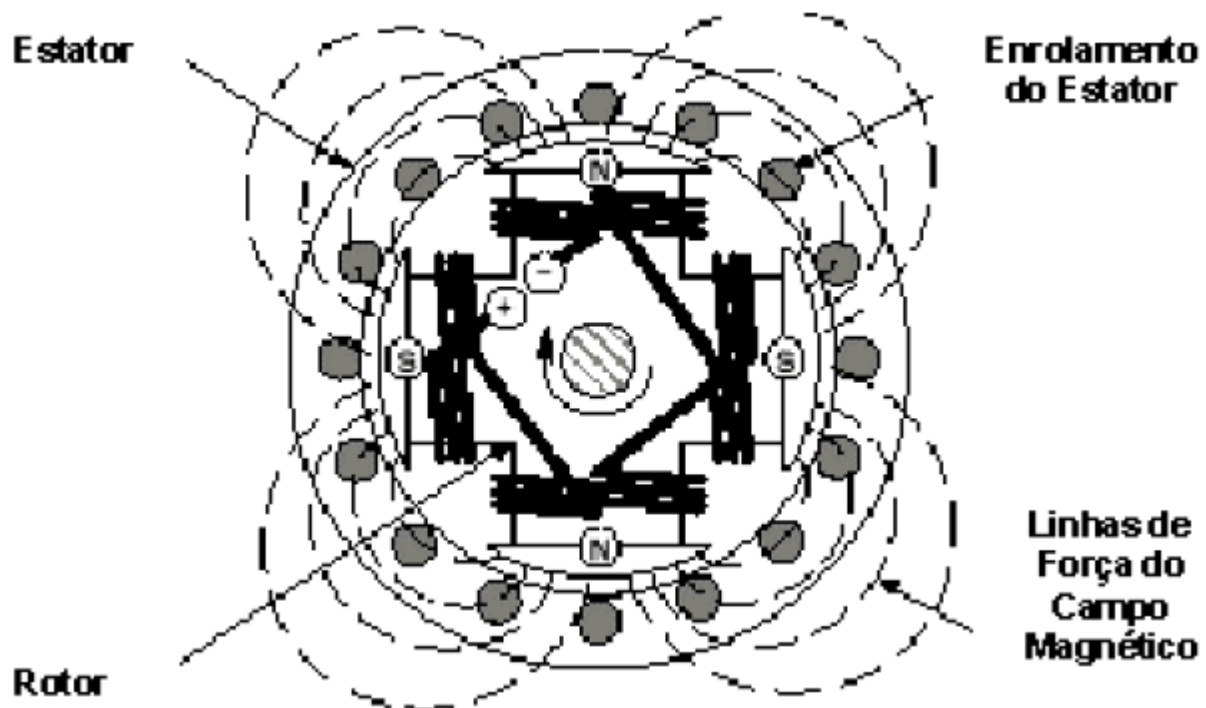
ANEXO 7: (- Esquema do ciclo combinado da CTM.)



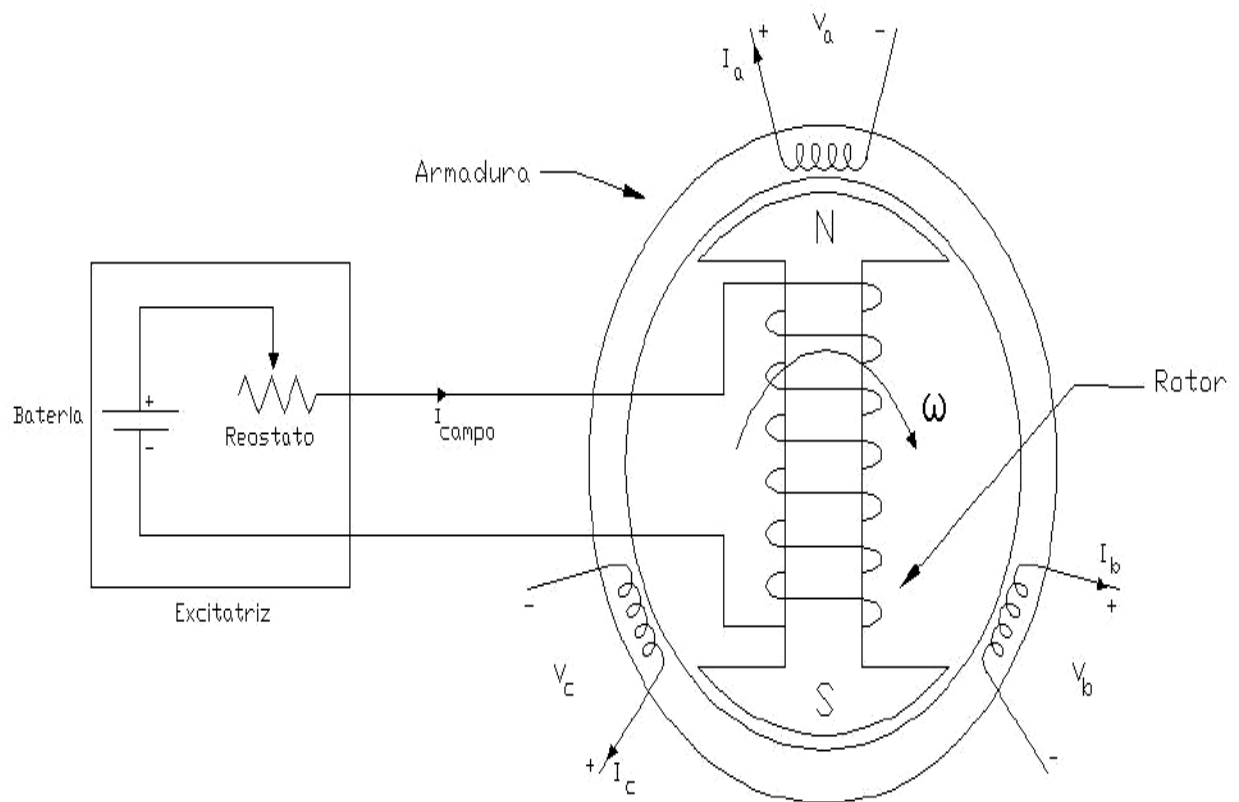
ANEXO 8: (MOTOR DIESEL)



ANEXO 9: (ALTERNADOR DE 4 PÓLOS)



ANEXO 10: (ALTERNADOR)



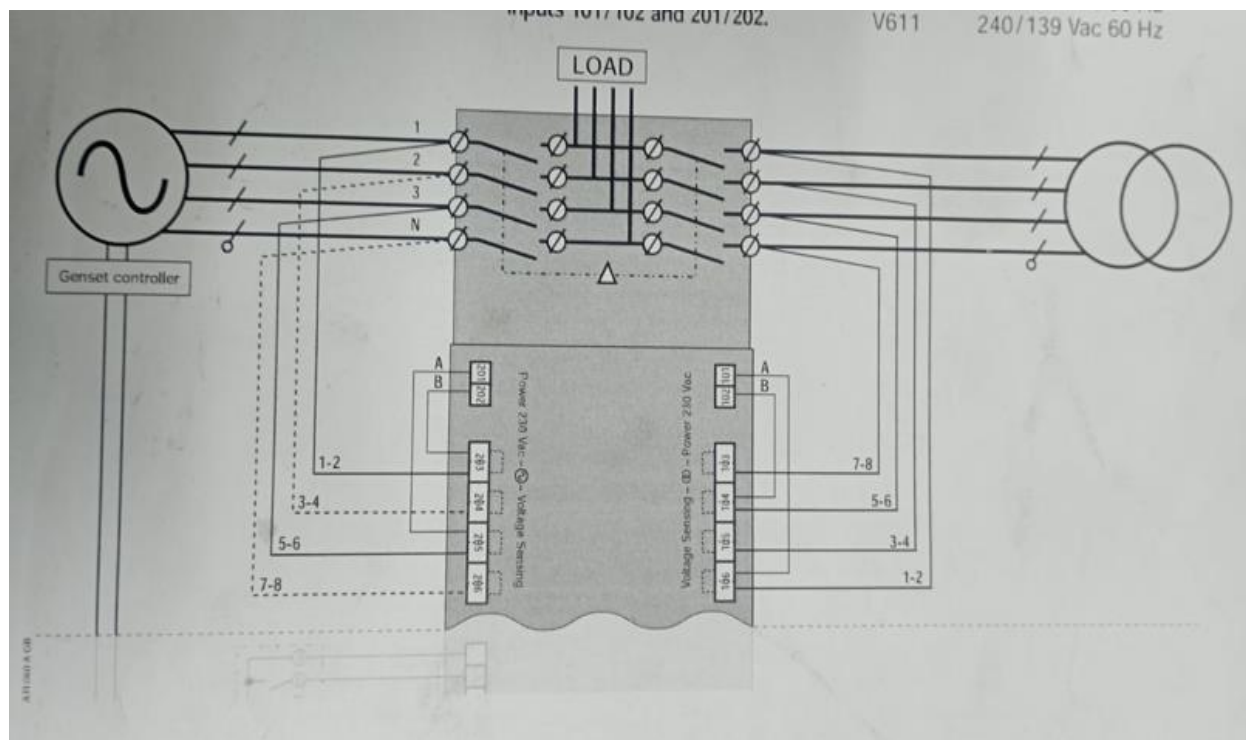
Projecto de arranque da central termoelétrica de Maputo-CTM em modo Blackstart.

ANEXO 11: (Condensador de vapor da turbina a vapor).



A11.11

ANEXO 12: (DIAGRAMA DE UM SISTEMA DE INVERSÃO DE FONTES AUTOMÁTICO)



ANEXO 13: (Parâmetros da ATS)

Tabela A13 – 13: Parâmetros da ATS

INVERSOR DE FUENTES AUTOMÁTICO - VERSO 200 - ANEXO 1

A11 Lista de parámetros

nombre	función	valores posibles	ajuste estándar
Tipo	red	3P+N, 3P, 2P+N, 1P+N	AUTOCONF
Unom	Tensión en voltios	440, 415, 400, 380, 240, 230, 220, 208	AUTOCONF
Fnom	Frecuencia en Hz	50 Hz, 60 Hz	AUTOCONF
(1) U<%	umbral de fallo de mínimo de U de red	rango de ajuste en función de los aparatos	15
(2) U<%	umbral de fallo de mínimo de U de grupo	rango de ajuste en función de los aparatos	15
(1) U>%	umbral de fallo de máximo de U de red	rango de ajuste en función de los aparatos	10
(2) U>%	umbral de fallo de máximo de U de grupo	rango de ajuste en función de los aparatos	10
(1) Hz<%	umbral de fallo de mínimo de F de red	rango de ajuste en función de los aparatos	5
(2) Hz<%	umbral de fallo de mínimo de F de grupo	rango de ajuste en función de los aparatos	5
(1) Hz>%	umbral de fallo de máximo de F de red	rango de ajuste en función de los aparatos	5
(2) Hz>%	umbral de fallo de máximo de F de grupo	rango de ajuste en función de los aparatos	5
ABC	sentido del generador de fase	ABC, ACB, OFF (sin gestión)	ABC
(1) V/V	ajuste de medición de la tensión de red	modificación de la ganancia (1=0,1 V) (e.):	1000
(2) V/V	ajuste de medición de la tensión de grupo	modificación de la ganancia (1=0,1 V) (e.):	1000
Posición	gestión de los retornos de las posiciones	YES=gestión, NO=sin gestión	YES
Bklight	retroiluminación de la pantalla LCD		99
Contrast	contraste de la pantalla LCD		50
Modbus	tarjeta con Modbus	YES=con Modbus, NO=sin Modbus	NO
Prio EJP	Prioridad predeterminada a EJP (*)	YES=aplicación, NO=no aplicación	NO
(1) OK?	confirmación manual de retorno de la red	YES=se precisa confirmación, NO=no se precisa confirmación	NO
NO %	sin gestión de los límites de U y Hz	OFF=funcionamiento con umbrales, ON=funcionamiento sin umbrales	OFF
Hyst/U%	valor de histéresis de tensión	de 0% a 3% (del umbral de tensión)	2
Hyst/F%	valor de histéresis de frecuencia	de 0% a 2% (del umbral de frecuencia)	0
(1) +/-	en cambio de tarjeta de medición	Modificación del decalaje de tensión de la tarjeta de medición 5A07	100

A12 Lista de temporizaciones

N.º	función	rango de ajuste	ajuste estándar	N.º	función	rango de ajuste	ajuste estándar
T00	pérdida de fuente 1	0 a 180s	3	T26	desplazamiento de la pantalla de mediciones	1 a 10s	5
T01	retorno de la fuente 2	0 a 999s	5	T27	configuración automática	0 a 999s	3
T02	mínimo U de la fuente 1	0 a 999s	5	T28	mínimo U crítico de la fuente 1	0 a 999s	1
T03	máximo U de la fuente 1	0 a 999s	5	T29	máximo U crítico de la fuente 1	0 a 999s	1
T04	mínimo U de la fuente 2	0 a 999s	5	T30	mínimo U crítico de la fuente 2	0 a 999s	5
T05	máximo U de la fuente 2	0 a 999s	5	T31	máximo U crítico de la fuente 2	0 a 999s	5
T06	mínima F de la fuente 1	0 a 999s	5	T32	mínima F crítica de la fuente 1	0 a 999s	1
T07	máxima F de la fuente 1	0 a 999s	5	T33	máxima F crítica de la fuente 1	0 a 999s	1
T08	mínima F de la fuente 2	0 a 999s	5	T34	mínima F crítica de la fuente 2	0 a 999s	5
T09	máxima F de la fuente 2	0 a 999s	5	T35	máxima F crítica de la fuente 2	0 a 999s	5
T10	fallo del mando de la fuente 1	2 a 999s	5	T36	fallo final de la fuente 1	0 a 999s/10	5
T11	fallo del mando de la fuente 2	2 a 999s	5	T37	reserva	0 a 999s	1
T12	basculación de fuente	0 a 999s/10	10	T38	fallo final de la fuente 2	0 a 999s/10	5
T13	estabilización de U de la fuente 1	0 a 999s/10	10	T39	reserva	0 a 999s	1
T14	estabilización de U de la fuente 2	0 a 999s/10	30	T40	demanda de producción	0 a 999s	10
T15	establecimiento de U de la fuente 1	0 a 999s/10	5	T41	basculación de la alimentación del inversor	0 a 999s	3
T16	establecimiento de U de la fuente 2	0 a 999s/10	5	T42	activación de la retroiluminación	0 a 999s	15
T17	enfriamiento del GE de la fuente 1	0 a 999s	60	T43	fallo de apertura de la fuente 1	0 a 999s	5
T18	enfriamiento del GE de la fuente 2	0 a 999s	60	T44	fallo de apertura de la fuente 2	0 a 999s	5
T19	prueba	0 a 999s	600	T45	reserva	0 a 999s	3
T20	preaviso de EJP (*)	0 a 999m	20	T46	reserva	0 a 999s	3
T21	pérdida de EJP (*)	0 a 999s	600	T47	reserva	0 a 999s	3
T22	corte de suministro	0 a 999s	10	T48	reserva	0 a 999s	3
T23	falta de puesta en marcha	0 a 999s	30	T49	reserva	0 a 999s	3
T24	retorno a la pantalla automático	0 a 999s	120				
T25	puesta en espera	0 a 999s	120				

s=segundo m=minuto s/10= décima de segundo U=tensión F=frecuencia (*) Francia únicamente

ANEXO 14: (CATÁLOGO DE DISJUNTORES)

 Conheça  Solução Completa em Disjuntores				
Dimensões (frames)	Correntes (A)	Proteção Termomagnética	Proteção Eletrónica	Capacidade de interrupção I_{cu} @ 380 V CA
				
Minidisjuntor MDW				
 Frame 1 Frame 2	2 a 63 70 a 125	Fixo	-	3
Minidisjuntor MDWH®				
 1 frame	6 a 63	Fixo	-	10 ⁴
Disjuntor em Caixa Moldada Predial DWP				
 1 frame	100 a 225	Fixo	-	12
Disjuntor em Caixa Moldada AGW				
 50/100 250 400 800	15 a 100 125 a 250 250 a 400 500 a 800	Fixo	-	18 - 22 30 42 45
Disjuntor em Caixa Moldada DW				
 160 250 400 800 1600	16 a 160 100 a 250 200 a 400 320 a 800 1.250 a 1.600	Fixo e ajustável 	- Ajustável	16 - 80 16 - 80 35 - 65 35 - 65 50 - 65
Disjuntor em Caixa Moldada de Alta Capacidade ACW				
 100/160 10/16/250 400/630 800	20 a 160 16 a 250 160 a 400 630 a 800	Fixo e ajustável	- Ajustável	85 - 150 85 - 180 85 - 150 100
Disjuntor Aberto ABW				
 800/1600 2000/2500/3200 4000/5000 6300	320 a 1.600 800 a 3.200 1.600 a 5.000 2.520 a 6.300	-	Ajustável	65 85 100 120

Nota: 1) MDWH em 220 V CA $I_{cu} = 20 \text{ kA}$.

ANEXO 15: (Especificações técnicas das turbina aeroderivadas LM6000 da General electric)



CAPABILITY

Achieves various dispatch profiles with 3-minute synchronization to the grid



VERSATILITY

Operates from peaking to baseload with applications in combined cycle, simple cycle, industrial cogeneration, and district heating



SUSTAINABILITY

Reduces greenhouse gas emissions as part of the LM6000 battery Hybrid EGT offering

With over 40 million operating hours and more than 1,300 units shipped, GE's LM6000 aeroderivative gas turbine is a leader in the +40 MW space. The LM6000 offers greater than 99 percent start and operational reliability and 98 percent availability. Its 5-minute fast start allows operators to differentiate their dispatch capability while a simple two-spool design results in lower overall maintenance costs. Universal and modular packaging gives the LM6000 a smaller footprint and allows for faster installation and commissioning.

Simple cycle specifications (50 Hz and 60 Hz)	LM6000-PC	LM6000-PG	LM6000-PF	LM6000-PF+
Net output (MW)	45/50*	55/51**	44/46*	51/58*
Net heat rate (Btu/kWh, LHV)	8,651	8,882	8,281	8,271
Net heat rate (kJ/kWh, LHV)	9,127	9,170	8,737	8,726
Net efficiency (% LHV)	39.4%	39.7%	41.2%	41.3%
Ramp rate (MW/minute)	50	50	50	50
Startup time (cold start) (min.)	5	5	5	5
GT min. turn down load (%)	25%	25%	50%	50%
Combined cycle 1x1 specifications				
Net output (MW)	59/60*	73/76*	58/64*	70/77*
Net heat rate (Btu/kWh, LHV)	6,571	6,535	6,179	6,105
Net heat rate (kJ/kWh, LHV)	6,935	6,885	6,520	6,441
Net efficiency (% LHV)	51.8%	52.2%	55.2%	55.9%
Ramp rate (MW/minute)	50	50	50	50
Startup time (cold start) (min.)	30	30	30	30
GT min. turn down load (%)	19%	19%	37%	37%
Combined cycle 2x1 specifications				
Net output (MW)	118/133*	148/153*	117/129*	142/153*
Net heat rate (Btu/kWh, LHV)	6,555	6,535	6,181	6,105
Net heat rate (kJ/kWh, LHV)	6,916	6,876	6,500	6,420
Net efficiency (% LHV)	52.1%	52.4%	55.4%	56.1%
Ramp rate (MW/minute)	100	100	100	100
Startup time (cold start) (min.)	30	30	30	30
GT min. turn down load (%)	19%	19%	19%	18%
LM6000 additional specifications				
Reliability	99.8%	99.8%	99.8%	99.8%
Availability	98.7%	98.7%	98.7%	98.7%
Start reliability	99.1%	99.1%	99.1%	99.1%
Fleet operation hours	18,714	108,000	2,134	30,000
Hot section hours	25,000	25,000	25,000	25,000
Overhaul hours	50,000	50,000	50,000	50,000
NOx emission (ppm) (pp. 15% O ₂)	25	25	15	15/25
CO (ppm) (pp. 15% O ₂)	84/150**	94/150**	25/70**	25/25**
Package noise (dB(A) average)	85	85	85	85
Exhaust temp (°F/°C)	824/440	878/470	861/461	827/461
Exhaust mass flow (lb/s)	284.4	325.9	277	327
Exhaust mass flow (kg/s)	129.0	148.3	125.6	149.4
Combustion	SAC	SAC	OLE	OLE
Legacy name	LM6000 502	LM6000 109	LM6000 OLE (50)	LM6000 OLE (57)

* Hot output without SPRN/with SPRN

** No backdraft/turn down without shuttling

NOTE: All ratings are test point based on ISO conditions and based on gas fuel. Actual performance will vary with project specific conditions and fuel.

© 2019 General Electric Company. All rights reserved.

GEA34350 (09/2019)

gepower.com

Fuel: natural gas
Output: 43.3 MW
Efficiency: 41.3%
Heat rate: 8,571 Btu/kW-hr
9,043 kJ/kW-hr
Pressure ratio: 29.1:1
Shaft speed: 3,627 rpm
Exhaust flow**: 285 lb/s (129 kg/s)
Exhaust temperature**: 803°F (428°C)

Fuel: natural gas
Output: 42.7 MW
Efficiency: 41.3%
Heat rate: 8,227 Btu/kW-hr
8,675 kJ/kW-hr
Pressure ratio: 29.3:1
Shaft speed: 3,627 rpm
Exhaust flow**: 277 lb/s (126 kg/s)
Exhaust temperature**: 843°F (451°C)

LM6000-PC SPRINT

Fuel: natural gas
Output: 50.6 MW
Efficiency: 42.6%
Heat rate: 8,485 Btu/kW-hr
8,952 kJ/kW-hr
Pressure ratio: 31.3:1
Shaft speed: 3,627 rpm
Exhaust flow: 299 lb/s (136 kg/s)
Exhaust temperature: 835°F (446°C)

LM6000-PD/PE SPRINT

Fuel: natural gas
Output: 47.5 MW
Efficiency: 42.6%
Heat rate: 8,198 Btu/kW-hr
8,649 kJ/kW-hr
Pressure ratio: 31.1:1
Shaft speed: 3,627 rpm
Exhaust flow: 277 lb/s (126 kg/s)
Exhaust temperature: 843°F (451°C)

ANEXO 16: (tabela de secção dos condutores)

Tabela A16 – 16: Tabela de secção dos condutores

Secções nominais (mm²)	
Condutores de fase	Condutor de protecção
1,5	1,2
2,5	2,5
4	4
6	6
10	10
16	10
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185
500	240
630	300
800	400
1000	500

ANEXO 17: (TABELA DE FACTOR DE SIMULTANEIDADE)

Tabela A17 – 17: Tabela De Factor De Simultaneidade

1 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

Definida a estrutura da instalação, o cálculo da potência a contratar necessita do conhecimento de três tipos de coeficientes:

- Coeficientes de utilização (Ku)
- Coeficientes de simultaneidade (Ks)
- Coeficientes de evolução de cargas (Ke)

O coeficiente de utilização (Ku) caracteriza o regime de funcionamento de um receptor e traduz a relação entre a potência utilizada e a potência nominal instalada.

São estimados, para instalações industriais, da forma seguinte:

QUADRO A-1 – Coeficientes de utilização em instalações industriais

Utilização / Receptores	Coeficientes de utilização (Ku)
Instalações de iluminação	1
Instalações de aquecimento	1
Motores	0,3 – 0,75
Instalações de tomadas	Variável consoante a utilização ^(a)

(a) Na dúvida, aconselha-se a consideração do coeficiente 1.

De notar que estes coeficientes devem ser usados para cálculo da potência total previsível numa instalação ou num quadro eléctrico mas *não* no dimensionamento da aparelhagem e da canalização da alimentação de um dado receptor.

O coeficiente de simultaneidade (Ks) caracteriza o regime de utilização da instalação, o que implica o conhecimento detalhado da instalação e dos seus modos de exploração.

Estes coeficientes podem ser usados na determinação das correntes de serviço e na escolha das secções dos condutores e cabos e da aparelhagem.

Além de outros valores para coeficientes, a definir face à especificidade das instalações, são apresentados os seguintes:

QUADRO A-2 – Coeficientes de simultaneidade para instalações em imóveis para locais residenciais ou de usos profissionais
(D.-L. n.º 740 / 74 de 26 / 12 e NFC 14 - 100)

N.º de utilizadores	Coeficientes de simultaneidade (Ks)
Até 4	1
5 – 9	0,78
10 – 14	0,63
15 – 19	0,53
20 – 24	0,49
25 – 29	0,46
30 – 34	0,44
35 – 39	0,42
40 – 49	0,41
50 e mais	0,4

ANEXO 19: ACTA DE ENCOTROS.

TABELA A19.1 - 19: ACTA DE ENCOTROS.



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	2025ELEPPL03
----------------------------	--------------

Data:	17/02/2025
--------------	------------

1. AGENDA:

Apresentação do termo de atribuição de tema

2. PRESENÇAS

Supervisor	Mestre, Anacleto Albino, eng.º
Co- Supervisor	
Estudante	Cossa, Ilídio Alberto
Outros	

3. RESUMO DO ENCONTRO

Neste encontro, o estudante apresentou ao supervisor a proposta do tema para o Relatório de Estágio Profissional, tendo o supervisor comentado acerca do mesmo.

5. RECOMENDAÇÕES

Redigir o TAT com clareza e objectividade. Melhorar a lógica do tema.

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	20-03-2025
------------------------------------	------------

ANEXO 19: ACTA DE ENCOTROS.

TABELA A19.2 - 20: ACTA DE ENCOTROS.



FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	2025ELEPPL03
----------------------------	--------------

Data:	17/02/2025
--------------	------------

1. AGENDA:

Apresentação do termo de atribuição de tema

2. PRESENÇAS

Supervisor	Mestre, Anacleto Albino, eng.º
Co- Supervisor	
Estudante	Cossa, Ilídio Alberto
Outros	

3. RESUMO DO ENCONTRO

Neste encontro, o estudante apresentou ao supervisor o Termo de Atribuição do Tema e o Plano de Actividades previsto para a elaboração do relatório. O supervisor deu o seu parecer sugerindo ao estudante que fizesse algumas alterações no Termo de Atribuição do Tema do Relatório de Estágio Profissional e no Plano de Actividades.

5. RECOMENDAÇÕES

Definir melhor os Objectivos do trabalho
--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	24-03-2025
------------------------------------	------------

ANEXO 19: ACTA DE ENCOTROS.

TABELA A19.3 - 21: ACTA DE ENCOTROS.



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	2025ELEPPL03
----------------------------	--------------

Data:	17/02/2025
--------------	------------

1. AGENDA:

Apresentação do termo de atribuição de tema

2. PRESENÇAS

Supervisor	Mestre, Anacleto Albino, eng.º
Co- Supervisor	
Estudante	Cossa, Ilídio Alberto
Outros	

3. RESUMO DO ENCONTRO

Considerações finais

5. RECOMENDAÇÕES

Submissão do TAT.

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	10-05-2025
------------------------------------	------------

ANEXO 20: RELATORIO DE PROGRESSO.

TABELA A20 - 22: RELATORIO DE PROGRESSO.



FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

RELATÓRIO DE PROGRESSO

REFERÊNCIA DO TEMA	2025ELEPPL03	Data	17/02/2025
--------------------	--------------	------	------------

ACTIVIDA DE	DATA	ESTÁGI O (%)	OBSERVAÇÕES	RÚBRICA
1	17-03-2025	20	Melhorar a formulação do tema	
	21-03-2025	60	Melhorar os objectivos específicos	
	24-03-2025	100	Melhorar a formulação do problema e clarificar a justificativa	
2	28-04-2025	30	Aumentar os conceitos, colocar as imagens que ilustram a realidade	
3	29-05-2025	20	Melhorar a estrutura e organização do trabalho	
	05-06-2025	100	Organizar os anexos, organizar a paginação do trabalho e dos anexos	

ANEXO 21: GUIÃO DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO.

TABELA A21 - 23: GUIÃO DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO.



FACULDADE DE ENGENHARIA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA F1-GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO

Nome da estudante: Ilídio Alberto Cossa

Referência do tema: 2025ELEPPL 03

Data: 17/02/2025

Título do tema: Projecto de arranque da central termoelétrica de Maputo em modo *blackstart*.

1. Resumo					
1.1. Apresentação dos pontos chaves no resumo (clareza, organização, correlação com o apresentado)	1	2	3	4	5
Secção 1 subtotal (max: 5)					

2. Organização (estrutura) e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3	4	5					
2.2. Introdução, antecedentes e pesquisa bibliográfica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.3. Metodologias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 2 subtotal (max: 45)										

3. Argumentação										
3.1. Criatividade e originalidade	1	2	3	4	5					
3.2. Rigor	1	2	3	4	5					
3.3. Análise crítica, evidência e lógica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.4. Relação objectivos/ métodos/ resultados/conclusões	1	2	3	4	5					
3.5. Relevância	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal (max: 30)										

4. Apresentação e estilo da escrita					
4.1. Legibilidade e organização	1	2	3	4	5
4.2. Ilustração e qualidade das figuras e tabelas	1	2	3	4	5
4.3. Estilo da escrita (fluência do texto, uso da língua e gramática)	1	2	3	4	5
4.4. Fontes bibliográficas (citação correta, referências, etc.)	1	2	3	4	5
Secção 4 subtotal (max: 20)					

Total de pontos (max: 100)		Nota (=Total*0,2)	
-----------------------------------	--	--------------------------	--

Nota: Quando exista a componente gráfica (desenhos técnicos), a nota acima é multiplicada por 0,8 cabendo os restantes 20% do peso à referida parte gráfica.

O supervisor

Maputo, ____ de Junho de 2025

ANEXO 22: GUIÃO DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA.

TABELA A22 - 24 GUIÃO DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA.



FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

F2 – GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA

Nome da estudante: Ilídio Alberto Cossa

Referência do tema: 2025ELEPPL03

Data: 17/02/2025

Título do tema: Projecto de arranque da central termoelétrica de Maputo em modo *blackstart*.

1. Introdução										
1.1. Apresentação dos pontos chaves na introdução (Contexto e importância do trabalho)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 1 subtotal (max: 10)										

2. Organização e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3							
2.3. Metodologia	1	2	3	4						
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8		
Secção 2 subtotal (max: 25)										

3. Estilo da apresentação										
3.1. Uso efectivo do tempo	1	2	3	4	5					
3.2. Clareza, tom, vivacidade e entusiasmo	1	2	3	4	5					
3.3. Uso e qualidade dos audiovisuais	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal (max: 15)										

4. Defesa										
4.1. Exactidão nas respostas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.2. Domínio dos conceitos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.3. Confiança e domínio do trabalho realizado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.4. Domínio do significado e aplicação dos resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.5. Segurança nas intervenções	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 3 subtotal (max: 50)										

Total de pontos (max: 100)		Nota (=Total*0,2)	
-----------------------------------	--	--------------------------	--

ANEXO 23: FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL.

TABELA A23 - 25: FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL.



FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

F3 - FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL

Nome do estudante: Ilídio Alberto Cossa

Referência do tema: 2025ELEPPL03

Data: 17/02/2025

Título do tema: Projecto de arranque da central termoelétrica de Maputo em modo *blackstart*.

Membros do júri	Assinatura
Membro 1 (O presidente)	
Membro 2	
Membro 3	

AVALIADOR	NOTA OBTIDA	PESO (%)
Relatório escrito (F1)	N1=	A= 60
Apresentação e defesa do trabalho (F2)	N2=	B= 40

CLASSIFICAÇÃO FINAL $= (N1 \cdot A + N2 \cdot B) / 100$	
---	--

Maputo, _____ de Junho de 2025



ELECTRICIDADE
DE MOÇAMBIQUE, E.P.

DIVISÃO DE PRODUÇÃO SUL

Ao:

Senhor Ilídio Alberto Cossa

Nossa Referência:

60 /DPSU/2025

No. de Páginas: 1 + #

Vossa Referência:

Data:

14.03.2025

Contacto:

Eugénio Sidumo

eugenio.sidumo@edm.co.mz

Telefone: 20300132

Assunto: Resposta ao Pedido de Estágio Profissional

Exmo. Senhor,

Em resposta ao seu pedido de estágio profissional, para área de **Engenharia Electrotécnica**, vimos informar que estamos disponíveis para o seu acolhimento, podendo para o efeito apresentar-se a partir do dia 17.03.2025, na Divisão de Produção Sul, na Central Termoeléctrica de Maputo (CTM), sita no Bairro Luís Cabral, Av. Da Namaacha, KM 1.5, munido dos seguintes equipamentos de segurança:

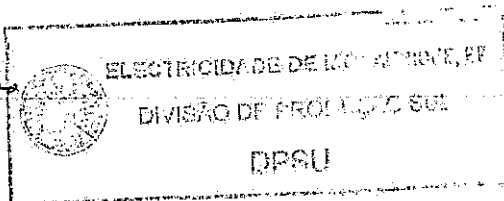
1. Fato macaco de 2 peças cor azul, com reflectores;
2. Par de botas;
3. Par de Luvas de Cabedal;
4. Par de luvas Mecânicas;
5. Capacete branco;
6. Óculos de Protecção;
7. Abafadores de som.



Salientamos que o estágio será de 3 meses não remunerados, sendo obrigatório possuir seguro provisório contra acidentes de trabalho.

Atenciosamente,


Firmino Licumba
Director



página 1(1)



**ELECTRICIDADE
DE MOÇAMBIQUE, E.P.**



DIVISÃO DE PRODUÇÃO SUL

**À
UEM. UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
MAPUTO**

Nossa Referência:

130/DPSU/2025

No. de Páginas: 1+0

Vossa Referência:

Data:

06-27-2025

Contacto:

Ruben Manthenga

Assunto: Carta de Referência a favor do Sr. Ilídio Alberto Cossa

A Electricidade de Moçambique E.P. – DIVISÃO DE PRODUÇÃO SUL, declara que o Senhor **Ilídio Alberto Cossa** estagiou nesta Empresa, por um período de cerca de 4 meses, (de 14/03/2025 à 26/06/2025), e esteve afecto no Departamento de Manutenção Eléctrica na Central Termoeléctrica de Maputo, onde desenvolveu as seguintes actividades, com acompanhamento do pessoal interno:

- Participou em actividades de manutenção preventiva, correctiva e preductiva de equipamentos;
- Elaborou relatórios técnicos das actividades de manutenção realizadas na planta de produção;
- Praticou e promoveu a cultura de higiene e segurança no trabalho.

Durante o tempo que esteve nesta empresa, demonstrou muito empenho no exercício das suas actividades, espírito de colaboração e vontade de aprender, disponibilidade para qualquer missão a que era chamado a cumprir.

Por ser verdade e a pedido do interessado, passou-se o presente documento, que vai assinado e autenticado com carimbo a tinta de óleo em uso nesta Unidade Orgânica.

Atenciosamente,

**Firmino Licumba
Director**



página 1(1)





FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

Curso de Licenciatura em Engenharia Eléctrica

TERMO DE ATRIBUIÇÃO DE TEMA DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

REFERÊNCIA DO TEMA:	2025ELEPPL 03	Data:	17.02.2025
---------------------	---------------	-------	------------

1. TÍTULO DO TEMA

PROJECTO DE ARRANQUE DA CENTRAL TERMOELÉTRICA DE MAPUTO EM MODO *BLACK START*.

2. DESCRIÇÃO SUMÁRIA DO TRABALHO A DESENVOLVER

2.1 Contextualização.

A EDM – Electricidade de Moçambique, é a empresa, concessionária pública distribuidora de energia eléctrica em todo o país. Fundada em 1977, distribui actualmente cerca de 980MW no território nacional. A Central termoelétrica de Maputo (CTM) é uma central de ciclo combinado e parte integrante do parque produtor de energia da EDM, localizada no recinto da antiga Central térmica de Maputo que era movida a carvão e actualmente extinta.

A Central termoelétrica de ciclo combinado de Maputo iniciou com a operação comercial em agosto de 2018, tendo sido inaugurada no mesmo mês. A implantação da Central enquadra-se no plano estratégico da EDM que visa o acesso universal da energia eléctrica até 2030.

A energia é produzida com recurso ao gás natural existente no país, sendo que ela tem a capacidade de geração de 106MW. A Central é composta pelos seguintes equipamentos

principais: Dois geradores accionados por duas turbinas a gás; duas caldeiras de recuperação do calor dos gases de escape; um gerador accionado por uma turbina a vapor, um condensador refrigerado a ar; dois transformadores de 90MVA e 60MVA, e diversos equipamentos auxiliares.

As turbinas a gás são do tipo LM6000PF, com injectores de baixa emissão desenhados para redução de óxidos de nitrogénio.

A central dispõe de um grupo gerador de emergência com capacidade de gerar 1MW, que alimenta parte dos serviços auxiliares em caso de ausência da rede pública. Importa referir que este grupo gerador de emergência apenas alimenta um grupo de cargas pré definidas a quando da concepção da central, sendo que actualmente com a evolução de carga ele encontra-se subdimensionado. A central opera em modo controle de potência sendo que em caso de falta da rede pública ela não dispõe de fonte auxiliar para o seu arranque em *blackstart* (Capacidade da central de sair de uma condição de paragem total, para uma condição de operação, independentemente da ausência da rede pública como fonte de energia externa para alimentar e servir de tensão de referencia para o arranque). Actualmente foi reconicionado a turbina a gás nr.3 (GTG.3) com capacidade nominal de geração de 22.6MW que se pretende que sirva de grupo gerador de emergência de toda central para mitigar a falta do arranque em *blackstart* da central e resolver definitivamente esta não conformidade.

Este trabalho tem como objetivo criar condições de arranque da Central no modo *blackstart* mesmo com a ausência da rede pública como fonte de serviços auxiliar e tensão de referência, condições básicas necessárias para o arranque, usando a turbina GTG.3.

2.2 Formulação do problema

Como foi dito inicialmente, A central dispõe de um grupo gerador de emergência com capacidade de gerar 1MW, que alimenta parte dos serviços auxiliares em caso de ausência da rede pública, mas que não dispõe de potência suficiente para alimentar todos os serviços auxiliares e nem dispõe de potencia suficiente para servir de fonte auxiliar durante o arranque da central em modo *blackstart*, quando a rede pública não estiver disponível. Em síntese quando a rede pública não estiver disponível a central não tem como arrancar devido a falta de fonte auxiliar com capacidade de potência para tal. Assim pretende-se com este trabalho desenhar um modo de arranque da central em rede isolada ou simplesmente *blackstart* com recurso a turbina a gás GTG.3 sendo que esta fonte fazia parte da antiga central térmica a carvão e recentemente foi recondicionada faltando criar-se condições de aplicá-lo como fonte auxiliar no novo sistema eléctrico de potência da central.

Para a resolução do problema coloca-se a seguinte questão:

Como arrancar a Central em modo *blackstart*, sempre que a rede pública não estiver disponível?

2.3 Justificativa

Este projecto justifica-se dado que a sua concretização é de maior ganho não só para a Central termoelétrica de ciclo combinado de Maputo, mas também para todos os clientes da EDM, utentes da energia eléctrica distribuída pela rede publica na zona sul do país, que terão melhorias no que concerne a continuidade de fornecimento de energia electrica, reduzindo o tempo de espera durante o uso destes serviços, o que incrementa de certa forma a produtividade dos utentes. Por outro lado incrementa o poder financeiro da concessionária, visto que vai reduzir o tempo da indisponibilidade da central. O projecto vai trazer também melhorias na alimentação dos demais serviços auxiliares que anteriormente não eram abrangidos pelo grupo gerador de emergência porque vai ser melhorada a capacidade em termos de potência disponível.

Concretizado este projecto e ensaiado com sucesso, vai ser um maior ganho para a EDM e o mesmo pode ser aplicado as demais áreas de serviço com problemas similares e até nas outras empresas.

2.4 Objectivos

2.4.1 Objetivo geral

Projetar o arranque da central termoelétrica de Maputo em modo *blackstart* sempre que a rede pública não estiver disponível.

2.4.2 Objectivos Específicos

- Proceder o levantamento das cargas de todos os serviços auxiliares
- Esquematizar o novo circuito de potência;
- Dimensionar os cabos de potência.
- Selecionar os elementos de sincronização.
- Definir a aplicação do antigo gerador.
- Propor soluções técnicas para os problemas levantados baseados em novas tecnologias possíveis de aplicação.



2.5 Metodologia

Para a efetivação do presente projecto, a pesquisa aplicada foi dividida em duas partes a destacar: pesquisa bibliográfica e levantamento de dados no local.

2.5.1 Pesquisa Bibliográfica

Segundo Martins e Pinto (2001, p.410) a pesquisa bibliográfica procura explicar um problema e propor soluções a partir de referências teóricas publicadas em documentos e contribuições científicas.

Segundo LIMA, a pesquisa bibliográfica, trata-se do levantamento de toda bibliografia já publicada em forma de livros, revistas, publicações em imprensa escrita. Sua finalidade é colocar o pesquisador em contacto directo com tudo aquilo que foi escrito sobre determinado assunto, com o objectivo de permitir aos pesquisadores, reforço paralelo na análise de suas pesquisas ou manipulação de suas informações

2.5.2 Pesquisa de Campo

Sendo que a pesquisa vai consistir em projectar o arranque da Central termoelétrica de Maputo em *blackstart* onde vai ser realizado um levantamento das cargas e componentes do sistema em todo circuito eléctrico da central, consultas aos técnicos locais e esquematização do circuito de potência.

▪ Observação directa

Este método de colecta de dados baseia-se na actuação de observadores treinados para obter determinados tipos de informação sobre resultados, processos, impactos etc. Requer um sistema de pontuação muito bem preparado e definido, treinamento adequado dos observadores, supervisão durante a aplicação e procedimentos de verificação periódica para determinar a qualidade das medidas realizadas (BARBOSA, 2008) citado por (CONSTANTINO, 2016). A observação directa baseou-se em forma de visualização dos aspectos importantes para a pesquisa, como, uso de normas que regem o funcionamento dos grupos geradores e consulta aos

manuals dos fabricantes e recolha de dados.

▪ Entrevista

A entrevista é composta por perguntas fechadas e abertas, é importante por ser eficiente, permitindo obter dados de uma forma profunda, não exigindo que o entrevistado saiba ler nem escrever e é muito flexível possibilitando o entrevistador esclarecer perguntas e sondar (MARCONI E LAKATOS, 2006). Este método será usado para obter informações junto aos técnicos da Central termoelétrica de Maputo (CTM)

2.6 Delimitação do tema

O objetivo deste trabalho é de Projetar o arranque da Central termoelétrica de Maputo em modo *blackstart* Portanto, devido a ampla extensão deste tema, o estudo vai estar focado na esquematização do novo circuito de arranque, e no processo de sincronização das fontes.

3. LOCAL DE REALIZAÇÃO

EDM - Central Termoelétrica de ciclo combinado de Maputo (CTM)

4. SUPERVISORES

	Nome	Assinatura
Da UEM	Mestre Anacleto Albino, Eng ^o .	ANACLETO ALBINO
Da EDM-CTM	Eng ^o Ruben Manthenga.	Ruben Manthenga

Maputo, ao 03 de Abril de 2025



UNIVERSIDADE
EDUARDO
MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

Curso de Licenciatura em Engenharia Eléctrica

PLANO DE ACTIVIDADES DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

REFERÊNCIA DO TEMA: 2025ELEPPL 03

Data: 17/02/2025

TÍTULO DO TEMA

**PROJECTO DE ARRANQUE DA CENTRAL TERMOELÉTRICA DE MAPUTO EM
MODO *BLACK START*.**

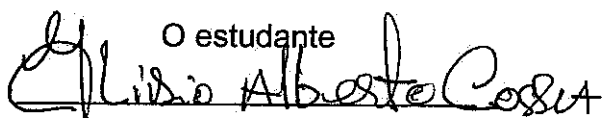
#	Actividade	Março	Abr.	Maió.	Junho.	OBS
1	Escolha e pesquisa do tema					
2	Levantamento bibliográfico					
3	Escolha de instrumentos de recolha de dados					
4	Pesquisa de campo					
5	Redação da revisão bibliográfica					
6	Análise e dados					
7	Discussão de resultados					
8	Redação da análise de dados e discussão dos resultados					
9	Redação das conclusões e referências bibliográficas					
10	Revisão e redação final					
11	Submissão do relatório final					

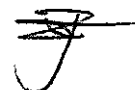
Observações:

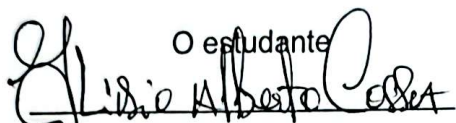
SUPERVISORES

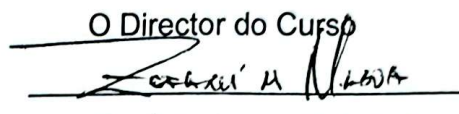
	Nome	Assinatura
Da UEM	Mestre Anacleto Albino, Eng ^o .	Anacleto Albino
Da EDM	Eng ^o Ruben Manthenga.	Ruben Manthenga

Maputo, 03 de Abril de 2025

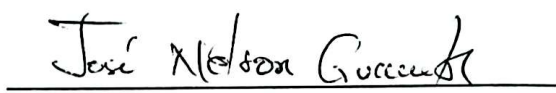
O estudante

(Cossa, Ilidio Alberto)



O estudante

(Cossa, Ilídio Alberto)

O Director do Curso

(Eng^o. Zefanias Mabote)

O Chefe da Comissão Científica


(Mestre, José Nelson Guambe, Eng^o.)

TERMO DE ENTREGA DO RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

Declaro que o estudante ILIDIO ALBERTO COSSA entregou no dia 10/06/25 as 104 cópias do Relatório de Estágio Profissional com referência 2025ELEPPL 03, intitulado **Projecto de arranque da Central Termoelétrica de Maputo-CTM em modo *blackstart*.**

Maputo, aos 10 de Junho de 2025

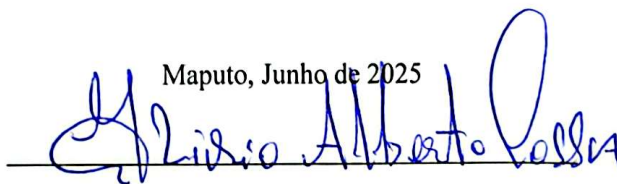
A Chefe da Secretaria



DECLARAÇÃO DE ORIGINALIDADE

Eu, Ilídio Alberto Cossa, estudante do curso de Licenciatura em Engenharia Eléctrica na Faculdade de Engenharia, da Universidade Eduardo Mondlane (UEM), declaro por minha honra, que o presente trabalho nunca foi apresentado na sua essência para obtenção de qualquer grau e é resultado da minha própria investigação, estando devidamente indicado no texto e nas referências bibliográficas as fontes que utilizei.

Maputo, Junho de 2025



(Ilídio Alberto Cossa)