



FACULDADE DE ENGENHARIA

LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA

ESTÁGIO PROFISSIONAL

**Proposta de Melhoria da Confiabilidade do Sistema de
Alimentação de Energia Eléctrica na INTERNET SOLUTIONS,
Matola**

Autor:

Agostinho, Isac Lino

Supervisores:

Engo. Ortígio Nhanombe (UEM)

Engo. Imerane Mamad (POWER)

Maputo, Junho de 2025



FACULDADE DE ENGENHARIA

LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA

ESTÁGIO PROFISSIONAL

**Proposta de Melhoria da Confiabilidade do Sistema de
Alimentação de Energia Eléctrica na INTERNET SOLUTIONS,
Matola**

Autor:

Agostinho, Isac Lino

Supervisores:

Engo. Ortício Nhanombe (UEM)

Engo. Imerane Mamad (POWER)

Maputo, Junho de 2025

DECLARAÇÃO DE ORIGINALIDADE

Eu, Isac Lino Agostinho, estudante do curso de Licenciatura em Engenharia Eléctrica pela Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, declaro por minha honra que este trabalho do curso intitulado “*Proposta de Melhoria da Confiabilidade do Sistema de Alimentação de Energia Eléctrica na INTERNET SOLUTIONS, Matola*”, é da minha autoria, sendo fruto dos conhecimentos adquiridos ao longo da minha formação, investigação pessoal e da orientação do Engº. Ortígio Nhanombe. O conteúdo deste trabalho é original e todas as fontes consultadas durante a realização do mesmo, encontram-se patentes na referência bibliográfica.

Maputo, Junho de 2025

Isac Lino Agostinho

(Isac Lino Agostinho)

EPÍGRAFE

“O estudo em geral, a busca da verdade e da beleza são domínios em que nos é consentido ficar crianças toda a vida.”

(Albert Einstein)

DEDICATÓRIA

Com amor e gratidão, dedico este trabalho aos meus pais, Elisa da Conceição Odete Simeão Agostinho e Lino Manuel Agostinho, por todo o amor, apoio e ensinamentos.

A memória do meu irmão Benjamim, que partiu precocemente, continua a me inspirar e a impulsionar a buscar sempre o melhor.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é fruto de muito esforço e dedicação.

Agradeço primeiramente a Deus, fonte de todo conhecimento e sabedoria, por me conceder saúde, força e a oportunidade de realizar este trabalho. A Ele dedico todas as minhas conquistas.

Agradeço imensamente à minha família pelo apoio durante a minha trajectória académica. Aos meus pais, Elisa da Conceição Odete Simeão Agostinho e Lino Manuel Agostinho, por todo o amor, incentivo e sacrifícios. Aos meus irmãos , Emanuel, Domingos, Heronides, Juvêncio, Bonifácio, Jéssica, Sara e Elígio, pelo companheirismo e por sempre acreditarem em mim. Agradeço aos meus primos, Jossias, Albertina, Aito, Belito, Gervásio, Márcia, Mariza, Joana e Bilton, por fazerem parte da minha vida.

Sou grato aos meus amigos Ronaldo, Engº. Sabão, Sabino, Engº. Joseph, Engº. Canacsim, Engº. Sambo, Juma, Titos, Júlio, Leonardo, Engº. Faqui, Engº. Vinho, Engº. Castro, Engº. Marques, José, Arquitecto Djacu, Danilo, Eng^a. Gabriela, António, Edmilson, Raimundo, Azertino, Oliveira, Augusto e Inácio, por todos os momentos de aprendizado e confraternização.

Aos meus supervisores, Engº. Ortígio Nhanombe e Engº. Imerane Mamad, pela orientação, partilha de conhecimento e ajuda ao longo do desenvolvimento do trabalho.

Agradeço também ao Dr. Chillengue e ao Engº. Mabote, por seus ensinamentos e oportunidades de aprendizado.

Por fim, agradeço a todos que directa ou indirectamente contribuíram para que fosse possível a realização do trabalho.

RESUMO

A confiabilidade no fornecimento de energia eléctrica em ambientes críticos como datacenters tem se tornado um dos principais desafios das infraestruturas modernas. No contexto da empresa Internet Solutions, localizada na cidade da Matola, foram observados accionamentos indevidos do grupo gerador mesmo na presença da rede eléctrica, especialmente durante os horários de maior consumo. Esse comportamento levou à necessidade de se analisar, compreender e reestruturar o sistema de alimentação eléctrica, visando não apenas garantir a continuidade dos serviços digitais prestados, mas também otimizar o desempenho técnico e operacional da instalação. Com base em observações no local, revisão de literatura técnica e análise de registros operacionais, constatou-se que as oscilações de tensão oriundas da rede pública nos horários de pico eram responsáveis pelas actuações indesejadas dos geradores. Os equipamentos internos, como controladores, chave de transferência automática (ATS) e transformador, demonstraram pleno funcionamento dentro dos parâmetros esperados, o que fortaleceu a hipótese de instabilidade da tensão fornecida pela concessionária como causa principal. Frente a essa realidade, a instalação de um regulador automático de tensão trifásico, dimensionado de acordo com as características do sistema, emergiu como a solução mais eficaz e normativamente recomendada. A medida proposta não apenas reduz a actuação desnecessária dos grupos geradores, como protege cargas sensíveis, melhora a eficiência energética e promove uma operação mais sustentável e confiável. Ao longo da análise, foi possível integrar conhecimentos técnicos com experiências práticas, o que contribuiu para uma solução robusta, economicamente viável e replicável em outros contextos similares.

Palavras-chave: *confiabilidade energética, flutuação de tensão, sistema de alimentação eléctrica, regulador automático, datacenter, energia ininterrupta.*

ABSTRACT

Reliability in power supply systems within critical environments such as data centers has become one of the major challenges in modern infrastructure. In the case of Internet Solutions, located in Matola city, unexpected activations of the backup generator were recorded despite the presence of the public power grid, especially during peak consumption hours. This abnormal behavior highlighted the need to analyze, understand, and restructure the electrical supply system not only to ensure uninterrupted digital services but also to improve the technical and operational performance of the facility. Based on on-site observations, technical literature review, and operational data analysis, it was confirmed that voltage fluctuations from the public utility during peak hours were triggering unnecessary generator starts. Internal components such as the controllers, automatic transfer switch (ATS), and transformer showed no faults and operated within expected parameters, reinforcing the conclusion that the main issue was the instability of the utility voltage. In response, the installation of a three-phase automatic voltage regulator, properly dimensioned to match the system's characteristics, was identified as the most effective and regulatory-compliant solution. This approach not only prevents unnecessary generator activation but also protects sensitive loads, enhances energy efficiency, and promotes a more sustainable and reliable operation. The analysis process allowed for the integration of theoretical knowledge with practical experience, resulting in a technically sound, cost-effective solution that can be applied to similar settings.

Keywords: *power reliability, voltage fluctuation, electrical supply system, voltage stabilizer, data center, uninterrupted power.*

ÍNDICE

1. CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Contextualização e delimitação do tema	1
1.2 Formulação do problema.....	1
1.3 Justificativa	2
1.4 Objectivos.....	2
1.4.1 Objectivo Geral	2
1.4.2 Objectivos Específicos	2
1.5 Metodologia	3
1.5.1 Tipo de pesquisa	3
1.5.2 Técnica e instrumentos de recolha de dados	4
1.6 Estrutura do Trabalho	4
2. CAPÍTULO II: REVISÃO DA LITERATURA	6
2.1 Sistemas de Alimentação de Energia Eléctrica	6
2.2 Classificação das cargas eléctricas.....	6
2.3 Cargas normais	7
2.3.1 Cargas de emergência.....	7
2.3.2 Características das cargas de emergência	8
2.4 Cargas críticas	8
2.4.1 Características das cargas críticas	9
2.5 Tipos de redes de alimentação de energia eléctrica	9
2.5.1 Rede de alimentação normal	9
2.5.2 Redes de alimentação socorrida.....	11
2.5.3 Rede de Emergência	13
2.6 Geradores de energia a combustão	15
2.6.1 Motor a combustão	15

2.6.2	Grupo gerador a diesel	16
2.6.3	Fonte de alimentação interrupta (UPS).....	17
2.7	Topologias de Fontes Ininterruptas de Energia (UPS).....	17
2.7.1	UPS de Dupla Conversão de Energia.....	17
2.7.2	UPS de Simples Conversão de Energia	18
2.8	Regulador Automático de Tensão (AVR)	19
3.	CAPÍTULO III: MEMORIAL DESCRITIVO E JUSTIFICATIVO	20
3.1	Localização da Internet Solutions.....	20
3.2	Descrição do Sistema de Alimentação de Energia Eléctrica Actual	20
3.3	Identificação das Causas do Funcionamento Anómalo do Grupo Gerador	21
3.3.1	Hipótese 1: Problema no controlador do grupo gerador	21
3.3.2	Hipótese 2: Problema na chave de transferência automática (ATS).....	21
3.3.3	Hipótese 3: Problema no posto de transformação	21
3.3.4	Hipótese 4: Problemas por parte da concessionária (rede pública).....	22
3.3.5	Constatação técnica	22
3.4	Análise da Configuração e Desempenho do Sistema de Alimentação de Energia Eléctrica	22
3.4.1	Rede Normal – Posto de Transformação (PT)	22
3.4.2	Rede de Emergência – Grupos Geradores.....	23
3.4.3	Rede Socorrida – UPS.....	23
3.4.4	Síntese Técnica	23
3.5	Proposta Técnica para Aumento da Confiabilidade do Sistema de Alimentação de Energia.....	23
3.5.1	Dimensionamento do Regulador Automático de Tensão	25
3.6	Avaliação do Impacto da Melhoria na Sustentabilidade Operacional	27
3.6.1	Redução de interrupções e aumentos de disponibilidade.....	27
3.6.2	Optimização de recursos energéticos.....	27
3.6.3	Redução de custos operacionais	27

3.6.4	Conformidade normativa e ambiental	28
3.6.5	Resiliência a Variações da Rede Pública.....	28
3.6.6	Valorização do Negócio	28
4.	CAPÍTULO IV: ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS E ESTIMATIVA DE CUSTOS	29
5.	CAPÍTULO V: CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
5.1	Conclusão	30
5.2	Recomendações.....	30
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
	ANEXOS.....	33

LISTA DE SÍMBOLOS

ATS	Automatic Transfer Switch (Chave de Transferência Automática)
AVR	Automatic Voltage Regulator (Regulador Automático de Tensão
BT	Baixa Tensão
CC	Corrente Contínua
EDM	Electricidade de Moçambique
G	Grupo Gerador
MT	Média Tensão
PT	Posto de Transformação
PTC	Posto de Transformação do Cliente
Q.E	Quadro Eléctrico
QEE	Qualidade de Energia Eléctrica
QGBT	Quadro Geral de Baixa Tensão
Q.E.G	Quadro Eléctrico Geral
RTIEBT	Regras Técnicas de Instalações Eléctricas de Baixa Tensão
STS	Static Transfer Switch (Chave de Transferência Estática)
TC	Transformador de Corrente
UPS	Uninterruptible Power Supply (Fonte de Alimentação Ininterrupta)
UTIs	Unidades de Terapia Intensiva

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema unifilar de um PT Público. (Fonte: Martins, 2005)	10
Figura 2 - Esquema unifilar de média tensão de um PT Cliente. (Fonte: Martins, 2005)	11
Figura 3 - Estrutura totalmente independente. (Fonte: Martins,2005)	12
Figura 4 - Estrutura integrada com deslastre local. (Fonte: Martins, 2005)	13
Figura 5 - Diagrama Unifilar para a transferência. (Fonte: Damasceno, 2020)	14
Figura 6 - Vista em corte do motor diesel .(Pereira, 2015)	15
Figura 7 - Estrutura de Grupo Gerador. (Fonte: Afonso, 2013).....	16
Figura 8 - Representação da UPS de dupla conversão.(Fonte: Lopes, 2020)	18
Figura 9 - Representação da UPS espera passiva. (Fonte: Lopes, 2020)	18
Figura 10 - Regulador Automático de Tensão. (Fonte: Power Sistemas de Energia, 2025)	19
Figura 11 - Localização geográfica da Internet Solutions, sediada na Matola. (Fonte: Google Maps)	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 - Soluções alternativas para o sistema de alimentação de energia eléctrica.24

Tabela 1.2 - Soluções alternativas para o sistema de alimentação de energia eléctrica.25

Tabela 2 – Especificações técnicas e estimativa de custos.....29

CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização e delimitação do tema

Com o avanço das tecnologias de informação e comunicação, os datacenters tornaram-se infraestruturas fundamentais para o funcionamento de serviços digitais. Um datacenter é um ambiente projetado para abrigar sistemas computacionais e componentes associados, como servidores, equipamentos de rede e sistemas de armazenamento, garantindo a continuidade dos serviços mesmo em situações adversas. Em Moçambique, empresas como Vodacom, Tmcel e Movitel dependem de datacenters para assegurar a operação dos seus serviços, o que evidencia a importância da confiabilidade dos sistemas de alimentação de energia eléctrica nessas instalações.

O presente Trabalho de Conclusão de Curso tem como tema a *Proposta de Melhoria da Confiabilidade do Sistema de Alimentação de Energia Eléctrica na INTERNET SOLUTIONS, Matola*. Esta empresa opera um datacenter que presta serviços digitais essenciais, sustentado por um sistema de alimentação composto por um posto de transformação (rede normal), dois grupos geradores (rede de emergência) e três UPS (rede socorrida). Entretanto, tem-se verificado o accionamento frequente do grupo gerador mesmo na presença da rede eléctrica, o que propõe anomalias no sistema de alimentação.

Diante deste cenário, torna-se imprescindível desenvolver uma proposta que não apenas identifique as causas desse comportamento anómalo, mas que também implemente soluções eficazes para garantir a continuidade e a qualidade do fornecimento de energia. A confiabilidade do sistema não é apenas uma questão técnica, mas também um factor estratégico para a sustentabilidade operacional da INTERNET SOLUTIONS.

1.2 Formulação do problema

A INTERNET SOLUTIONS, um datacenter localizado na Matola, enfrenta desafios significativos relacionados à confiabilidade do seu sistema de alimentação de energia eléctrica. Observa-se que o grupo gerador é accionado frequentemente sem que a rede eléctrica tenha apresentado falhas, o que levanta questões sobre a eficácia do sistema

de monitoramento e controle existente. Essa situação pode comprometer a continuidade dos serviços oferecidos pelo datacenter, resultando em possíveis interrupções e perdas financeiras.

Diante deste cenário, surge o seguinte problema central: O que deve ser feito para garantir que o grupo gerador somente seja activado em caso de falha na rede eléctrica?

1.3 Justificativa

A escolha deste tema é justificada pela relevância crítica da confiabilidade energética em datacenters, onde a continuidade dos serviços é essencial para atender às demandas de clientes e garantir a integridade dos dados. A INTERNET SOLUTIONS, como um provedor de serviços digitais, depende da estabilidade do seu sistema de alimentação eléctrica para operar eficientemente. Interrupções ou falhas no fornecimento podem resultar em danos irreparáveis à reputação da empresa, além de prejuízos financeiros significativos.

Além disso, a proposta de melhoria da confiabilidade do sistema não apenas busca resolver os problemas actuais, mas também visa preparar a infra-estrutura para futuras demandas crescentes no sector. Com o aumento contínuo da digitalização e da dependência de serviços online, assegurar um fornecimento energético robusto e eficiente se torna uma prioridade estratégica.

1.4 Objectivos

1.4.1 Objectivo Geral

- Desenvolver uma proposta de melhoria da confiabilidade do sistema de alimentação de energia eléctrica na INTERNET SOLUTIONS, Matola.

1.4.2 Objectivos Específicos

- Identificar as causas do funcionamento anómalo do grupo gerador;
- Avaliar a integração da rede eléctrica, grupo gerador e a fonte de alimentação ininterrupta;

- Propor uma solução técnica para aumentar a confiabilidade do sistema;
- Avaliar o impacto da melhoria na sustentabilidade operacional.

1.5 Metodologia

Nesta secção apresenta-se o enquadramento metodológico que serviu de base para a materialização da pesquisa.

1.5.1 Tipo de pesquisa

Segundo Lakatos e Marconi (2017) a pesquisa é um procedimento reflectivo sistemático, controlado e crítico, que permite descobrir novos factos ou dados, relações ou leis, em qualquer campo do conhecimento. Com isso, as pesquisas podem ser classificadas de ponto de vista da sua natureza, forma de abordagem do problema, dos seus objectivos e de ponto de vista dos procedimentos técnicos.

1.5.1.1 Quanto a natureza

A pesquisa, quanto a natureza é considerada aplicada. De acordo com Cristiane (2014), a pesquisa aplicada auxilia a resolução de alguns problemas por meio de teorias e princípios bem conhecidos e aceites na comunidade académica.

1.5.1.2 Quanto a abordagem

A pesquisa, quanto a forma de abordagem é qualitativa, isto porque esta não se preocupa com a representatividade numérica.

Segundo André (2005), os pesquisadores que utilizam os métodos qualitativos buscam explicar o porquê das coisas, exprimindo o que convém ser feito, não quantificam os valores e as trocas métricas (suscitados e de interacção) e se valem de diferentes abordagens.

1.5.1.3 Método de procedimento

O estudo seguirá uma sequência de etapas bem definidas, incluindo pesquisa bibliográfica e estudo de campo.

1.5.2 Técnica e instrumentos de recolha de dados

Para a colecta de dados, serão utilizadas técnicas como a revisão bibliográfica, observação directa, entrevistas estruturadas e análise documental. Serão consultadas fontes diversas, incluindo publicações académicas, normas técnicas e relatórios técnicos.

1.6 Estrutura do Trabalho

O trabalho está dividido em 5 capítulos e Referências Bibliográficas, dos quais, tem-se:

- **CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO**, neste capítulo faz-se uma breve apresentação do trabalho, a parte introdutória, apresenta-se a formulação do problema, a justificativa da escolha do tema, os objectivos e a metodologia usada para a realização do trabalho.
- **CAPÍTULO II: REVISÃO DA LITERATURA**, aqui faz-se a descrição e fundamentação teórica dos componentes que fazem parte do sistema, assim como os conceitos dos elementos envolvidos na elaboração do trabalho.
- **CAPÍTULO III: MEMORIAL DESCRITIVO E JUSTIFICATIVO**, serve com base do trabalho, apresentando uma descrição detalhada do sistema de alimentação de energia eléctrica actual. Identifica-se as causas do funcionamento anómalo do grupo gerador, avalia-se a integração da rede eléctrica, grupo gerador e a UPS, propõe-se uma solução com vista a aumentar a confiabilidade do sistema e faz-se a avaliação do impacto da melhoria na sustentabilidade operacional.
- **CAPÍTULO IV: ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS E ESTIMATIVA DE CUSTOS**, apresenta-se as especificações técnicas dos componentes seleccionados para o sistema proposto, discrimina-se os seus preços e faz-se a estimativa do custo total para a sua implementação.

- **CAPÍTULO V: CONSIDERAÇÕES FINAIS**, apresenta-se a conclusão e as recomendações.

CAPÍTULO II: REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Sistemas de Alimentação de Energia Eléctrica

A confiabilidade e a qualidade do fornecimento de energia eléctrica são pilares fundamentais para o funcionamento adequado de qualquer edificação moderna, seja ela residencial, comercial, industrial ou de serviços essenciais como hospitais e data centers. A crescente dependência de sistemas eléctricos para as mais diversas actividades exige que as instalações prediais sejam projetadas não apenas para suprir a demanda de potência, mas também para garantir a continuidade do serviço, a segurança dos usuários e a proteção dos equipamentos (Mamede Filho, 2017).

Nesse contexto, a estrutura das redes de alimentação de energia eléctrica assume um papel crucial. A complexidade dessas redes é determinada por diversos factores, incluindo as condições de fornecimento da concessionária, as características específicas dos receptores de energia e, primordialmente, o grau de criticidade das cargas a serem alimentadas (Kashipazha, 2018). Interrupções no fornecimento de energia, por mais breves que sejam, podem acarretar prejuízos financeiros significativos, perda de dados, danos a equipamentos sensíveis ou, em casos extremos, comprometer a segurança e a vida humana.

2.2 Classificação das cargas eléctricas

A etapa inicial e fundamental no projecto de qualquer instalação eléctrica é a correcta classificação das cargas. Esta classificação permite determinar os níveis de protecção e a necessidade de sistemas de alimentação alternativos, garantindo que as cargas mais críticas recebam o tratamento adequado em termos de continuidade e qualidade de energia (ANEEL, Resolução Normativa nº 414/2010). As cargas eléctricas em edificações podem ser classificadas em três categorias principais, com base no grau de exigência quanto à garantia de continuidade de serviço: cargas normais, cargas de emergência e cargas críticas.

2.3 Cargas normais

As cargas normais são aquelas que não apresentam exigências especiais quanto à garantia de fornecimento de energia eléctrica. Pequenas interrupções no serviço são admitidas sem que haja comprometimento significativo da normal exploração da instalação ou grandes perdas financeiras (Niskier & Macintyre, 2011).

Segundo Martins (2005), as cargas normais são habitualmente alimentadas pela rede de distribuição pública quer em baixa tensão (BT) quer em média tensão (MT). A decisão entre alimentação em BT ou MT depende da potência total instalada e das características da rede pública local. Depende também das necessidades específicas da carga quanto ao nível da tensão de serviço. A opção pela MT obriga à instalação de Postos de Transformação (PT). Estas instalações são classificadas, para efeitos de licenciamento, como de 2ª categoria.

Características das cargas normais

- Toleram interrupções breves;
- Não implicam risco imediato à segurança ou funcionamento essencial;
- São a maioria das cargas em edificações comuns.

Exemplos de cargas normais: Iluminação geral de áreas comuns, tomadas de uso geral em escritórios, sistemas de climatização convencionais, equipamentos administrativos não essenciais, fornos de micro-onda em copas, televisores, etc.

2.3.1 Cargas de emergência

Segundo Martins (2005), as cargas de emergência; exigem que haja continuidade de fornecimento de energia eléctrica admitindo, contudo, interrupções de muito curta duração (da ordem de alguns segundos). As cargas de emergência são garantidas por redes de emergência com origem em Grupos Geradores (GE). Estas instalações são classificadas, para efeitos de licenciamento, como de 1ª categoria.

2.3.2 Características das cargas de emergência

- Admite interrupções de curta duração (segundos);
- Cruciais para segurança e operação mínima em situações de falha;
- A interrupção prolongada pode gerar risco à vida, danos materiais ou paralisação de processos importantes.

Exemplos de cargas de emergência: Iluminação de emergência para rotas de fuga, sinalização de saída, elevadores de segurança e combate a incêndios, sistemas de ventilação e exaustão de fumaça, sistemas de detecção e combate a incêndios, bombas de recalque de água para incêndio, sistemas de pressurização de escadas, alguns sistemas de comunicação interna.

Alimentação das cargas de emergência: São garantidas por redes de emergência, cuja origem é tipicamente um Grupo Gerador (GE). A transição entre a rede normal e o GE é realizada por um Sistema de Transferência Automática (ATS - Automatic Transfer Switch), que monitora continuamente a rede pública e comanda o arranque do gerador em caso de falha. Instalações com Grupos Geradores de emergência são frequentemente classificadas, para efeitos de licenciamento, como de 1ª categoria devido à sua criticidade (Regulamento de Licenciamento de Instalações Eléctricas, especificar se aplicável).

2.4 Cargas críticas

As cargas críticas são as mais sensíveis e exigem continuidade absoluta no fornecimento de energia eléctrica, não admitindo qualquer período de interrupção, por mais reduzido que seja (Borges, 2019). A paralisação dessas cargas pode resultar em perdas irreversíveis, risco de vida, destruição de equipamentos ou comprometimento da missão da edificação.

2.4.1 Características das cargas críticas

- Não admitem interrupções (zero tempo de interrupção);
- Essenciais para a segurança, funcionamento de sistemas vitais ou protecção de dados;
- Sua falha pode ter consequências catastróficas.

Exemplos de cargas críticas: Sistemas de suporte à vida em hospitais (*UTIs*, salas de cirurgia), servidores e sistemas de armazenamento de dados em *data centers*, equipamentos de controle de processos industriais, equipamentos de telecomunicações, sistemas de segurança avançados (vigilância, controle de acesso crítico), laboratórios com equipamentos sensíveis.

Alimentação das cargas críticas: São garantidas por redes socorridas, cuja origem é tipicamente um Sistema de Alimentação Ininterrupta (*UPS - Uninterruptible Power Supply*). O UPS fornece energia instantaneamente após a falha da rede normal, utilizando baterias, e pode ser suportado por um GE para autonomia prolongada.

2.5 Tipos de redes de alimentação de energia eléctrica

Tendo por base a classificação das cargas definidas no ponto anterior podem então definir-se essencialmente três tipos distintos de redes: normal, emergência e socorrida (Martins, 2005).

2.5.1 Rede de alimentação normal

Segundo Martins (2005), a rede normal representa a principal fonte de energia de uma instalação eléctrica, sendo responsável por alimentar a maioria dos circuitos e equipamentos classificados como não críticos. Entre esses estão os sistemas de iluminação geral, tomadas, motores de uso comum, sistemas de climatização e equipamentos administrativos. Essas cargas são denominadas **cargas normais**, pois suportam pequenas interrupções no fornecimento de energia sem comprometer de forma significativa o funcionamento da instalação.

Ainda de acordo com o autor, a rede de alimentação pode ser subdividida em duas categorias principais:

- ❖ **Postos de Transformação da Rede Pública:** operados pela concessionária de energia eléctrica, destinam-se a atender consumidores em baixa tensão.
- ❖ **Postos de Transformação do Cliente:** operados directamente pelo consumidor, são utilizados por clientes que recebem energia em média tensão.

A escolha entre essas duas tipologias depende da demanda de carga solicitada. Em geral, os **Postos de Transformação Públicos** são indicados para consumidores de baixa potência. Normalmente são construídos em alvenaria, apresentam conexão em anel e operam com transformadores de até 630 kVA.

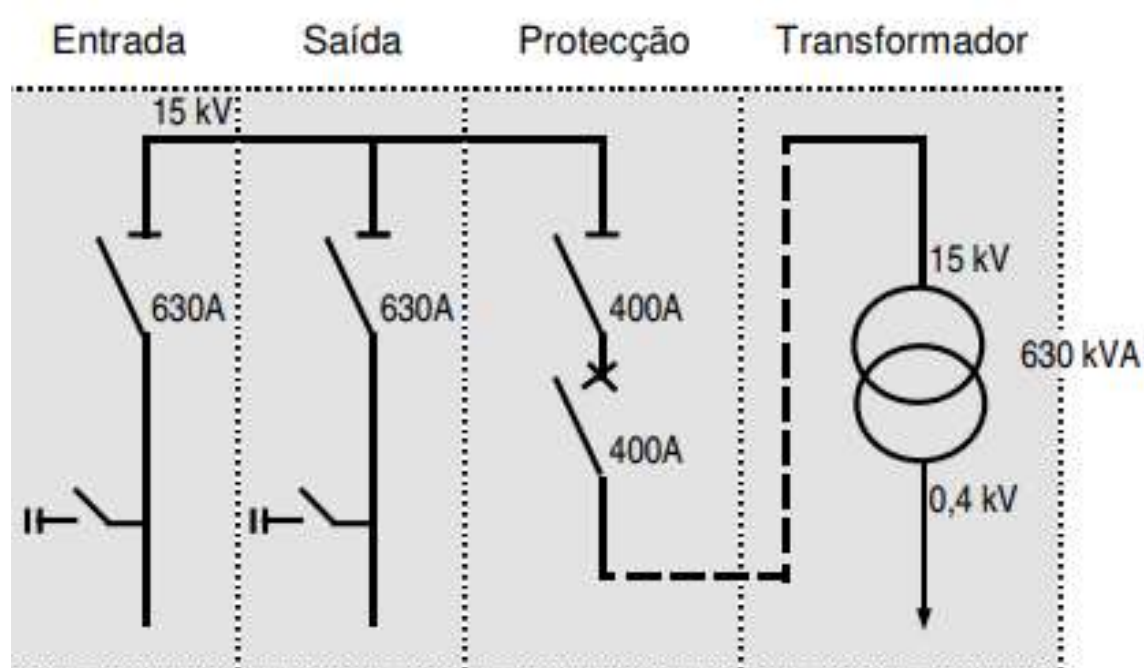


Figura 1 - Esquema unifilar de um PT Público. (Fonte: Martins, 2005)

O **Posto de Transformação do Cliente (PTC)** é destinado a consumidores que recebem energia eléctrica em média tensão e operam sua própria subestação. Esse tipo de posto é geralmente construído em alvenaria ou em monobloco, conforme a infra-estrutura disponível e o nível de carga exigido. A ligação é normalmente feita em anel, garantindo maior confiabilidade no fornecimento.

A estrutura básica de um PTC inclui, no mínimo, cinco celas (entrada, passagem, transformador, protecção e medida), o que assegura uma operação segura e eficiente. Além disso, fazem parte integrante do PTC:

- Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT), responsável pela distribuição da energia para os circuitos da instalação;

- Painel de contagem, utilizado para medição e facturamento da energia consumida, e o painel da bateria de condensadores, **utilizado para** correcção do factor de potência, optimizando o desempenho energético da instalação.

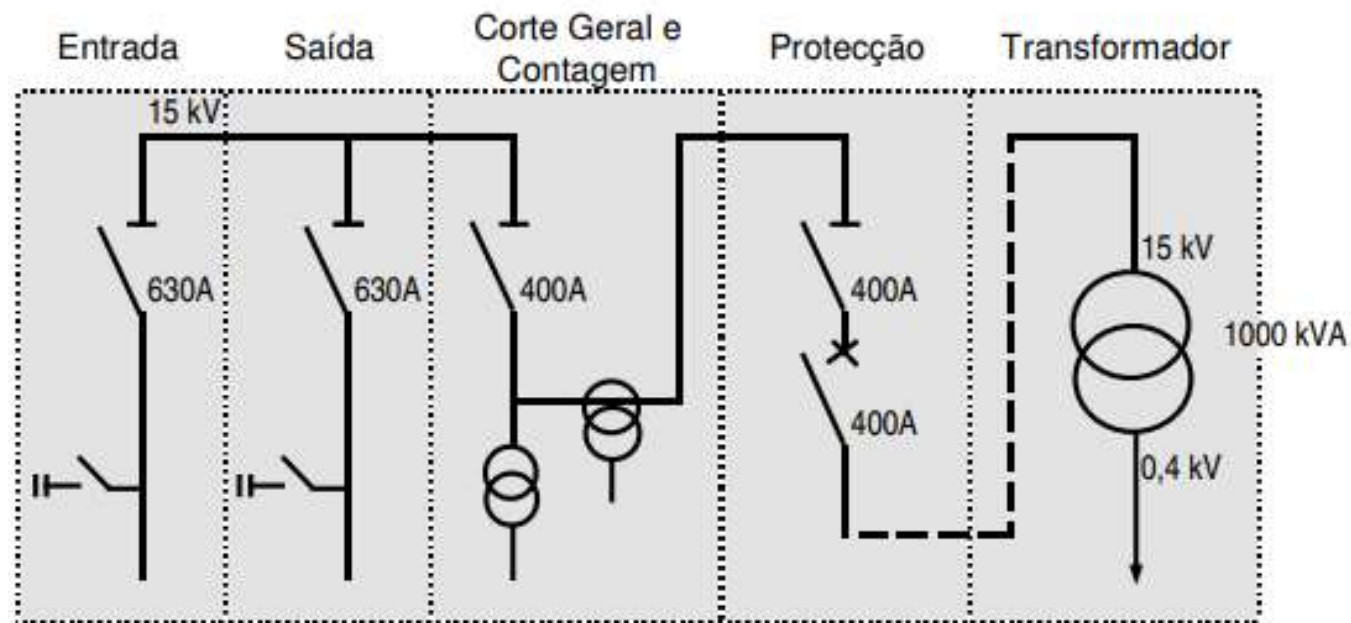


Figura 2 - Esquema unifilar de média tensão de um PT Cliente. (Fonte: Martins, 2005)

2.5.2 Redes de alimentação socorrida

As **redes de alimentação socorrida** têm origem no quadro eléctrico associado às UPS. Tipicamente alimentam os circuitos de iluminação de socorro, centrais de segurança, os equipamentos e sistemas informáticos, salas de operação hospitalar ou similar. Têm origem no quadro eléctrico associado às UPS.

A **estrutura das redes normal e emergência**, pode apresentar as configurações seguintes:

Estrutura totalmente independente, isto é, redes de distribuição normal e emergência completamente distintas, com origem em diferentes barramentos do QGBT (fig. 1);

Estrutura integrada, com deslastre local, isto é, redes de distribuição normal e emergência distintas, mas com origem no mesmo barramento, sendo feito o deslastre das cargas normais na situação de falha da rede normal (fig. 3).

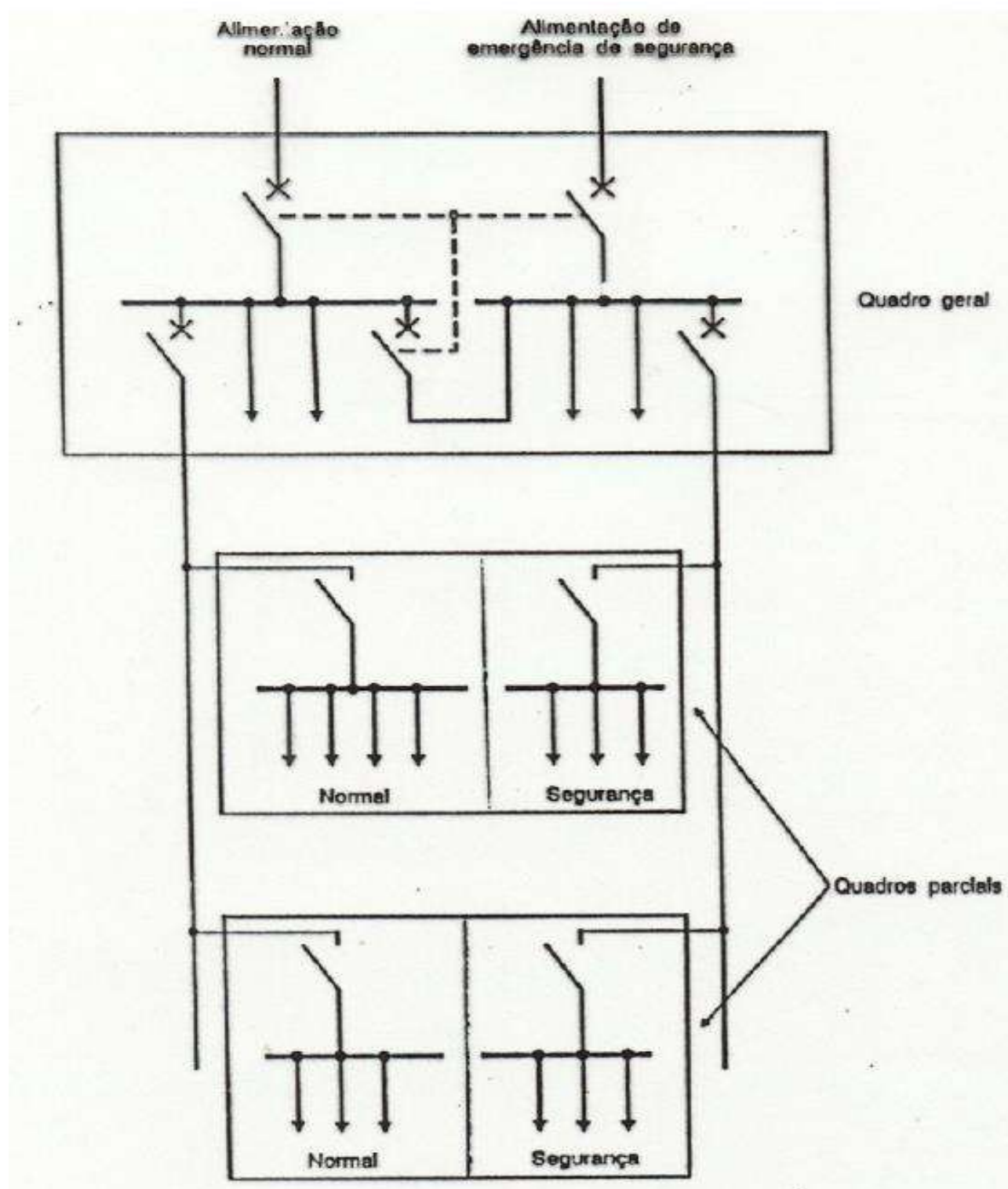


Figura 3 - Estrutura totalmente independente. (Fonte: Martins,2005)

A estrutura da **rede de cargas críticas** pode ser de dois tipos:

Estrutura centralizada, na qual se considera um sistema de UPS alimentando um único quadro que distribui, por exemplo, para o barramento de cargas críticas do QGBT, que por sua vez fará a distribuição para os outros quadros;

Estrutura descentralizada, na qual cada zona ou área específica possui o seu próprio sistema de UPS, ligado directamente ao quadro principal dessa zona.

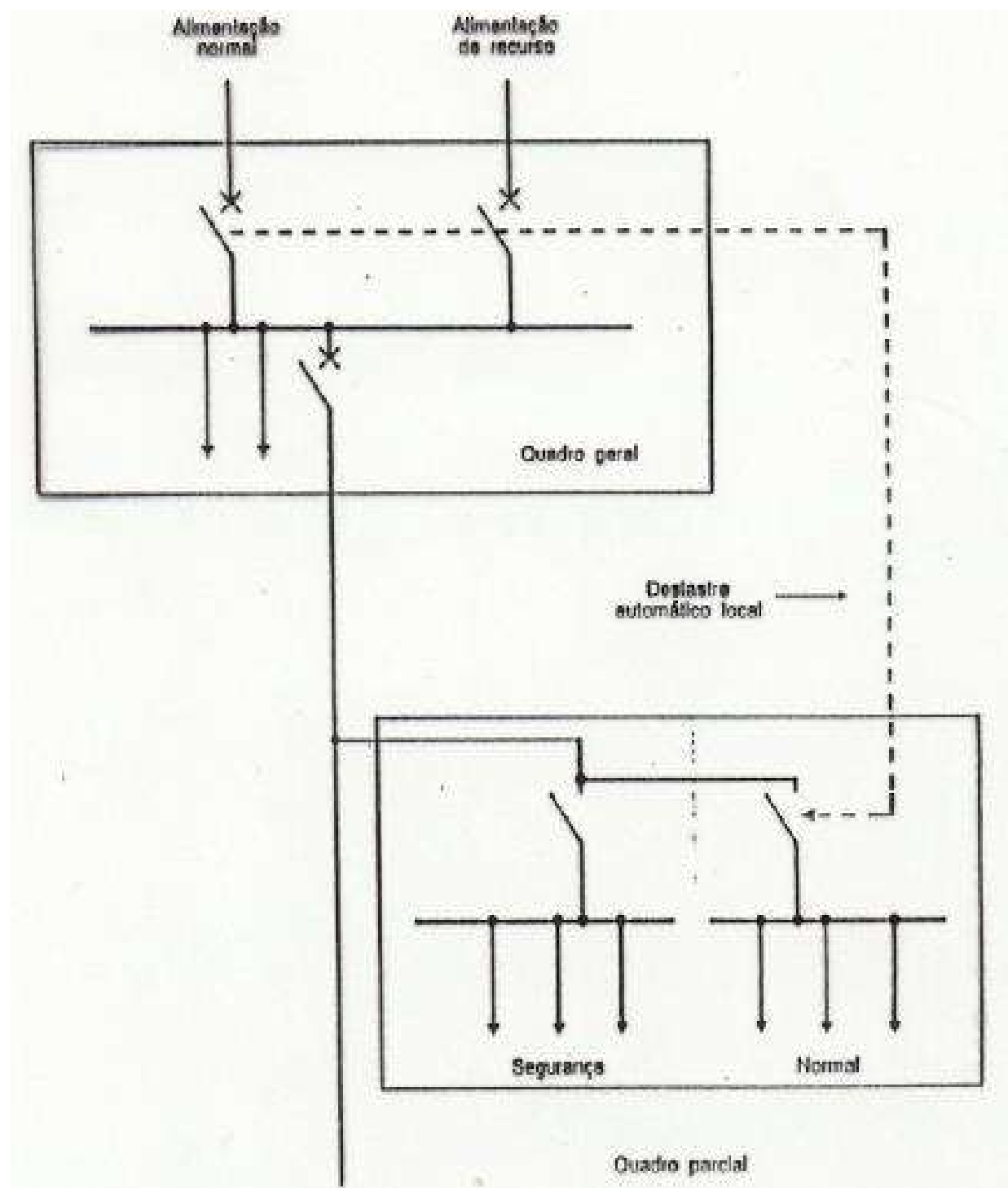


Figura 4 - Estrutura integrada com deslastre local. (Fonte: Martins, 2005)

2.5.3 Rede de Emergência

A rede de emergência é destinada a alimentar cargas que requerem continuidade no fornecimento de energia, ainda que admitam interrupções de curta duração (geralmente de alguns segundos). Estas são conhecidas como **cargas de emergência**. Tipicamente alimentam os circuitos de iluminação de emergência, sinalização de saída, elevadores, ventilação de segurança, bombagem de incêndios, bombagem de água e de esgotos, câmaras frigoríficas, etc.

Numa estrutura típica estes sistemas alimentam o quadro geral de baixa tensão, designado por QGBT, que por sua vez distribui a energia eléctrica a quadros principais de área, ou de piso, ou de central técnica específica (por exemplo quadros de ar condicionado, quadros de centrais de bombagem). Os quadros principais podem, por

sua vez, distribuir a energia eléctrica a outros quadros designados por secundários ou quadros parciais.

A origem da rede de emergência é normalmente um Grupo Gerador (GE), que entra em funcionamento automaticamente em caso de falha da rede pública. Para garantir essa transição, é utilizado um sistema automático de comutação, conhecido como *ATS* (*Automatic Transfer Switch*), que monitora continuamente a tensão e frequência da rede normal. Quando detectada uma falha ou variação fora dos limites aceitáveis (por exemplo, $\pm 10\%$ na tensão ou $\pm 1,5$ Hz na frequência), o sistema *ATS* comanda o arranque do gerador.

Como foi referido antes, existem circuitos e equipamentos prioritários, cuja paralisação pode implicar perda de produção ou destruição dos próprios equipamentos, uma das formas de evitar a interrupção no fornecimento de energia às cargas prioritárias é instalar um grupo gerador de socorro, normalmente a diesel, através de um sistema de transferência que alimentará um quadro eléctrico de onde as cargas prioritárias são alimentadas, como se pode verificar na figura 5.

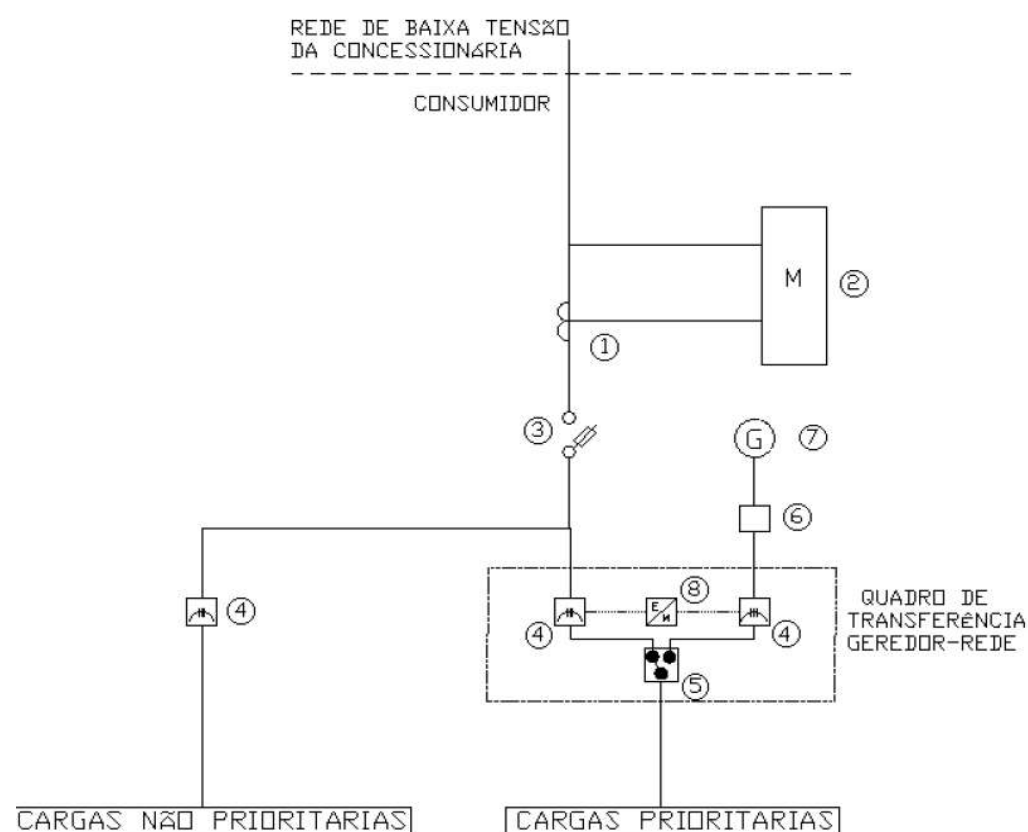


Figura 5 - Diagrama Unifilar para a transferência. (Fonte: Damasceno, 2020)

Descrição dos componentes:

- 1- TC de Medição;
- 2- Caixa de Medidores;
- 3- Protecção de Baixa Tensão (fusíveis ou

disjuntores);

4- Disjuntores de Baixa Tensão;

5- Chave de Transferência;

6- Protecção do Gerador;

7- Gerador;

8- Trava Eléctrica ou Magnética.

2.6 Geradores de energia a combustão

2.6.1 Motor a combustão

Um motor é uma máquina capaz de converter algum tipo de energia em energia mecânica. Neste documento vamos citar os motores à combustão que convertem a energia química proveniente de combustíveis como a gasolina, o álcool ou o diesel, em energia mecânica que pode ser usada para accionar outras máquinas.

Segundo Pereira (2015), classifica os motores de combustão em cinco (5) tipos sendo o de Otto, utilizam gasolina, álcool ou gás, e do tipo de ciclo diesel, os que utilizam o óleo diesel. O motor a diesel é o mais utilizado em grupos geradores e seu nome é em função do engenheiro Rudolf Diesel que fez o primeiro teste bem-sucedido com este tipo de motor na Inglaterra em 1897. O mesmo autor acrescenta que os motores de combustão utilizados nos grupos geradores são os de Scania *modelo DC16 49A-1028D* que fornecem 635 KVA de potência, com injeção electrónica, 4 tempos, turbo alimentado e pós-arrefecido por *intercooler*. São refrigerados a água, possuem alternador para carga de bateria, motor de partida e sistema de gerenciamento electrónico para controle e monitoração.

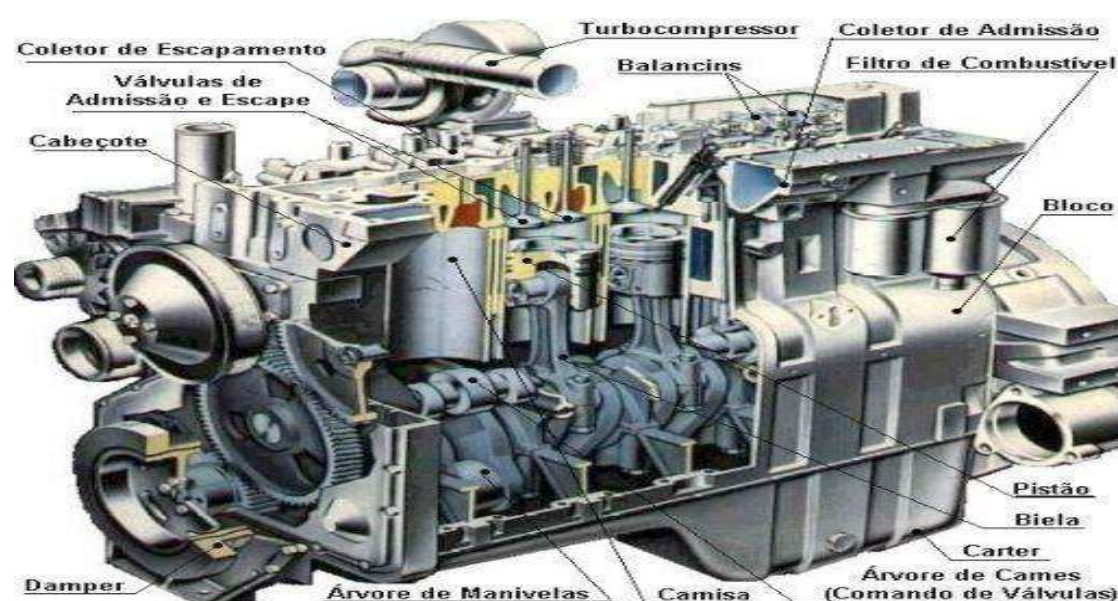


Figura 6 - Vista em corte do motor *diesel*. (Pereira, 2015)

2.6.2 Grupo gerador a diesel

De acordo com Afonso (2013), um grupo gerador diesel é uma máquina térmica, que transforma energia térmica em energia mecânica, com o princípio de funcionamento igual ao de motores a combustão de veículos automotores. Estas máquinas podem ser chamadas de motores a combustão interna, onde todo o trabalho efectuado é devido à liberação de energia química quando ocorre a queima do combustível.

Os grupos geradores são destinados a consumidores que necessitam de suprir alguma falha na rede eléctrica local, utilizados como geradores de emergência, ou para economia, onde ira substituir a rede eléctrica local em horários sazonais. Essa necessidade pode durar apenas algumas horas ou, dependendo da necessidade pode durar até semanas ou até que o fornecimento de energia eléctrica seja estabilizado (Pereira, 2008).

1. Máquina Térmica, Motor diesel
2. Máquina elétrica geradores
3. Arvore, através da qual o motor a diesel fornece a potência para o gerador
4. Saída dos produtos da combustão
5. Entrada ou saída do fluido refrigerante

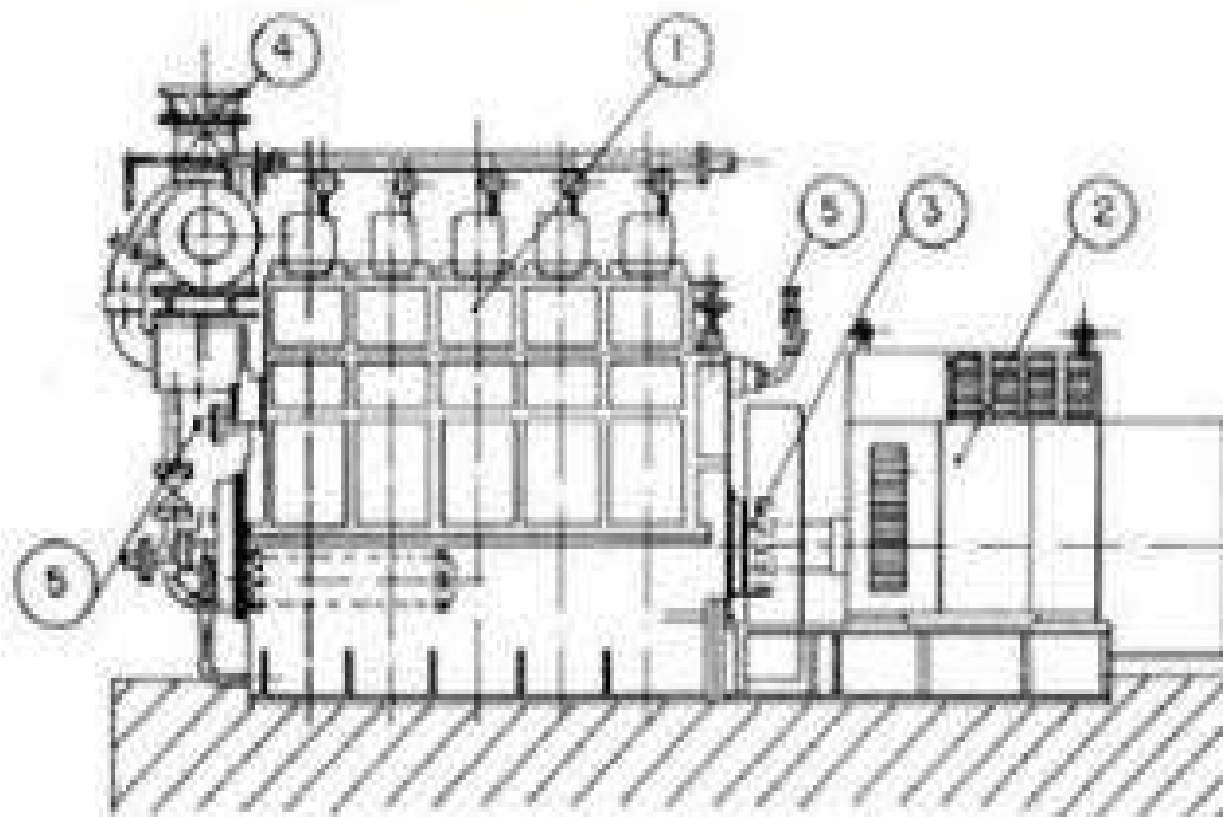


Figura 7 - Estrutura de Grupo Gerador. (Fonte: Afonso, 2013)

Conforme o Afonso (2013) o funcionamento do motor a diesel é dividido em 4 tempos. No primeiro o ar é admitido, no segundo o ar é comprimido e o combustível injectado, no

terceiro o combustível é comprimido até inflar, e no quarto tempo, a válvula de escape se abre e expelle os produtos da combustão.

2.6.3 Fonte de alimentação interrupta (UPS)

As UPSs são sistemas compostos por três unidades fundamentais: um módulo de armazenamento de energia (geralmente baterias), estágios de conversão (como rectificadores e inversores) e um sistema de monitoramento e controle. Esses equipamentos são essenciais em processos industriais e outras aplicações críticas, pois evitam a interrupção do fornecimento de energia em caso de falhas na rede eléctrica. Para isso, dispõem de energia armazenada e são capazes de manter o fornecimento à carga mesmo em condições adversas.

A energia fornecida durante a falha é proveniente do banco de baterias, e o tempo de autonomia depende tanto da capacidade desse banco quanto do consumo das cargas. Em geral, as UPSs podem manter sistemas operando por alguns minutos ou até horas. Inicialmente projectadas apenas para suprir energia em caso de falha, actualmente as UPSs também desempenham funções de condicionamento de energia, contribuindo significativamente para a melhoria da Qualidade da Energia Eléctrica (QEE). Dado o aumento da sensibilidade das cargas modernas, o uso de UPSs tornou-se ainda mais relevante em instalações eléctricas. (Lopes, 2020).

2.7 Topologias de Fontes Ininterruptas de Energia (UPS)

2.7.1 UPS de Dupla Conversão de Energia

De acordo com Modesto (2025), a topologia mais comum dos sistemas de alimentação ininterrupta (UPS) é a de dupla conversão de energia, representada na figura 2. Nessa configuração, o inversor é conectado em série entre o rectificador e a carga, garantindo que a carga seja continuamente alimentada pelo inversor. Quando a rede eléctrica está disponível (modo standby), o rectificador converte a corrente alternada (CA) da rede em corrente contínua (CC), e o inversor reconverte essa CC em CA para alimentar a carga, caracterizando o processo de dupla conversão. Em caso de falha no fornecimento da rede (modo backup), o inversor continua operando normalmente, agora utilizando a energia fornecida pelo banco de baterias, enquanto o rectificador é desactivado.

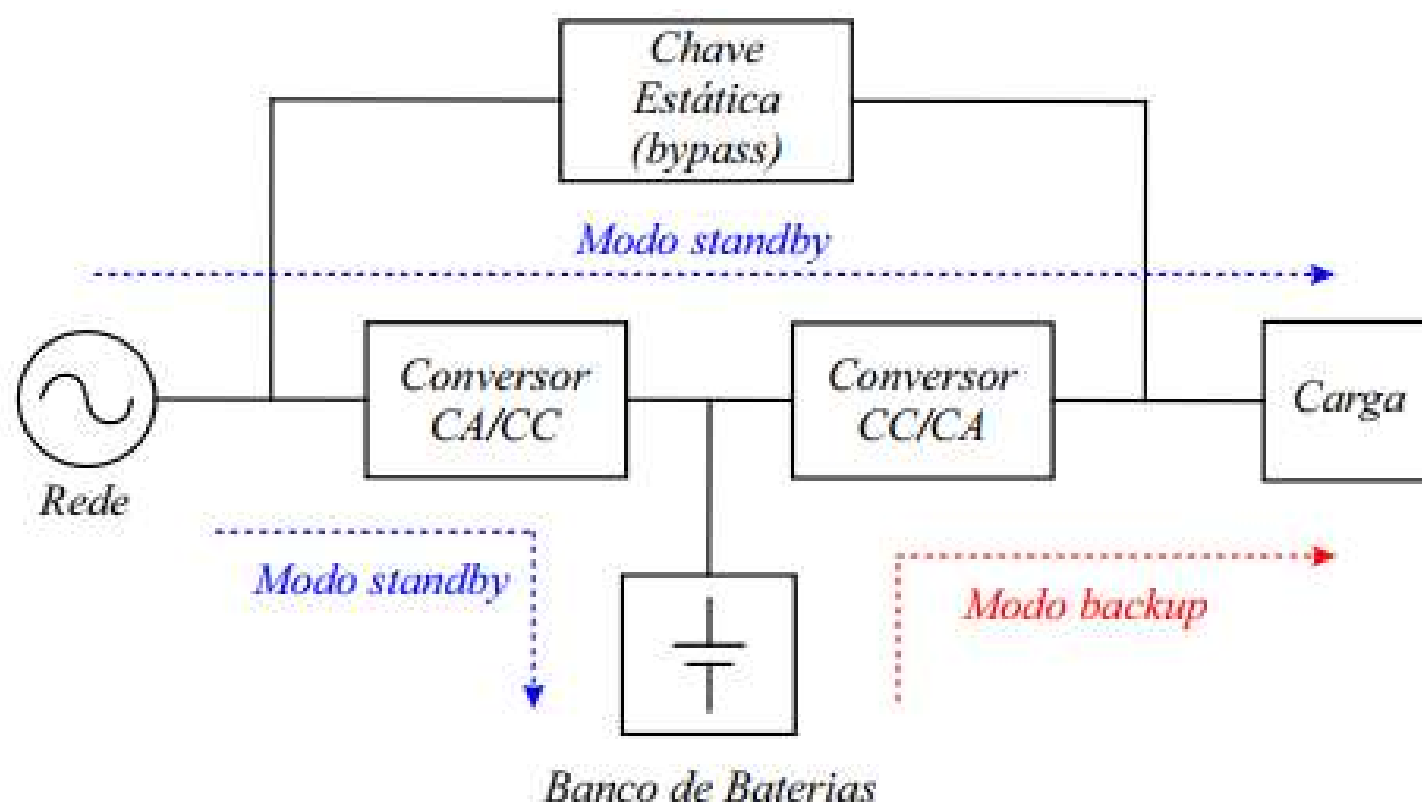


Figura 8 - Representação da UPS de dupla conversão.(Fonte: Lopes, 2020)

2.7.2 UPS de Simples Conversão de Energia

Uma das configurações mais simples de sistemas UPS é a conhecida como "*passive standby*". Nessa topologia, mostrada na figura 3, a carga é alimentada directamente pela rede eléctrica sob condições normais de operação. O inversor, que funciona como conversor CC/CA, permanece em espera e é accionado apenas em caso de falha no fornecimento da rede, passando a alimentar a carga utilizando a energia armazenada nas baterias. Estas, por sua vez, são recarregadas através de um conversor CA/CC de menor capacidade, ligado em paralelo à rede eléctrica (Modesto, 2025).

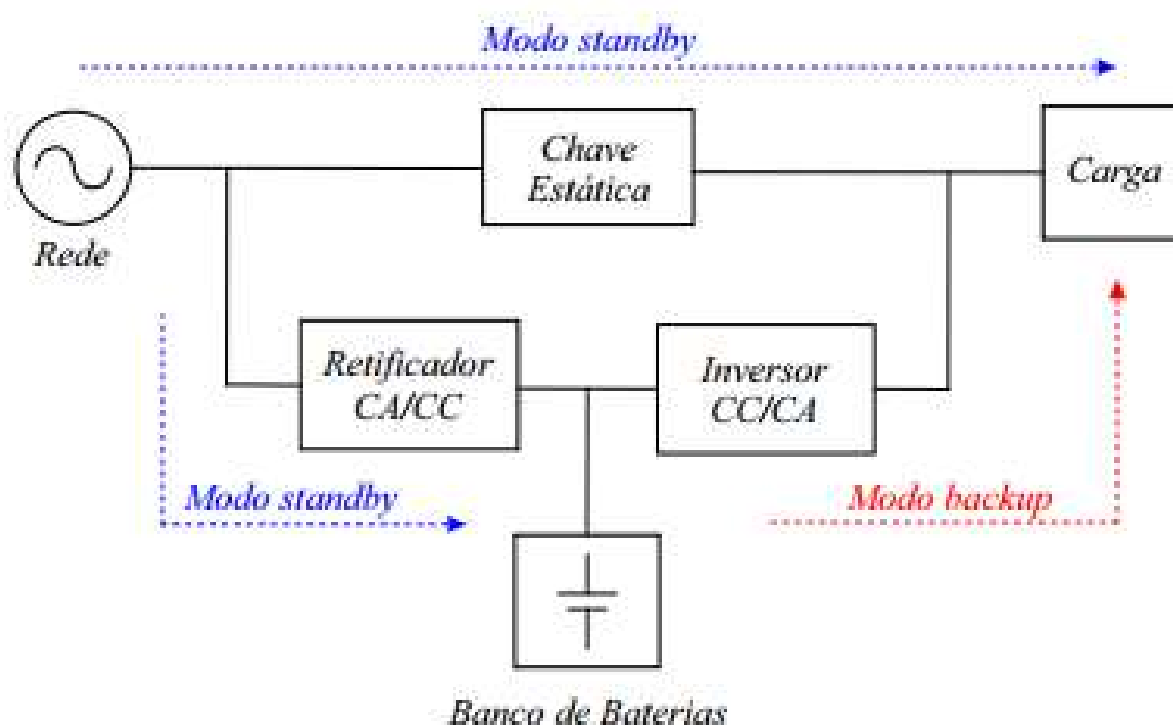


Figura 9 - Representação da UPS espera passiva. (Fonte: Lopes, 2020)

2.8 Regulador Automático de Tensão (AVR)

O regulador automático de tensão, ou AVR (*Automatic Voltage Regulator*), é um dispositivo essencial no controle de geradores eléctricos, cuja principal função é manter a tensão de saída estável, mesmo diante de variações na carga ou nas condições de operação. Ele atua ajustando a corrente de excitação do alternador de forma automática, garantindo que a tensão fornecida aos equipamentos permaneça dentro dos limites aceitáveis.

Segundo Cruz e Silva (2017), “o AVR é fundamental para garantir a qualidade da energia gerada, reduzindo o risco de queima de equipamentos sensíveis e otimizando o desempenho do sistema eléctrico”. Além disso, a estabilidade de tensão proporcionada pelo regulador é vital para instalações críticas como hospitais, centros de dados e instalações industriais automatizadas.

O AVR também contribui para a proteção do próprio gerador, evitando sobretensões que possam danificar o enrolamento do estator ou o sistema de excitação. Como destaca Borges (2019), “a presença de um regulador automático de tensão eficiente permite que o grupo gerador opere com maior confiabilidade e segurança, especialmente em ambientes onde a flutuação da carga é constante”.



Figura 10 - Regulador Automático de Tensão. (Fonte: *Power Sistemas de Energia*, 2025)

CAPÍTULO III: MEMORIAL DESCRITIVO E JUSTIFICATIVO

3.1 Localização da Internet Solutions

A Internet Solutions está localizada na Matola, Província de Maputo, nos segmentos da Avenida União Africana com a Avenida Nelson Mandela. Suas regiões geográficas são 25°57'48" S, 32°27'22" E. O clima predominante na Matola é tropical, com verões quentes e húmidos e invernos mais secos e amenos.

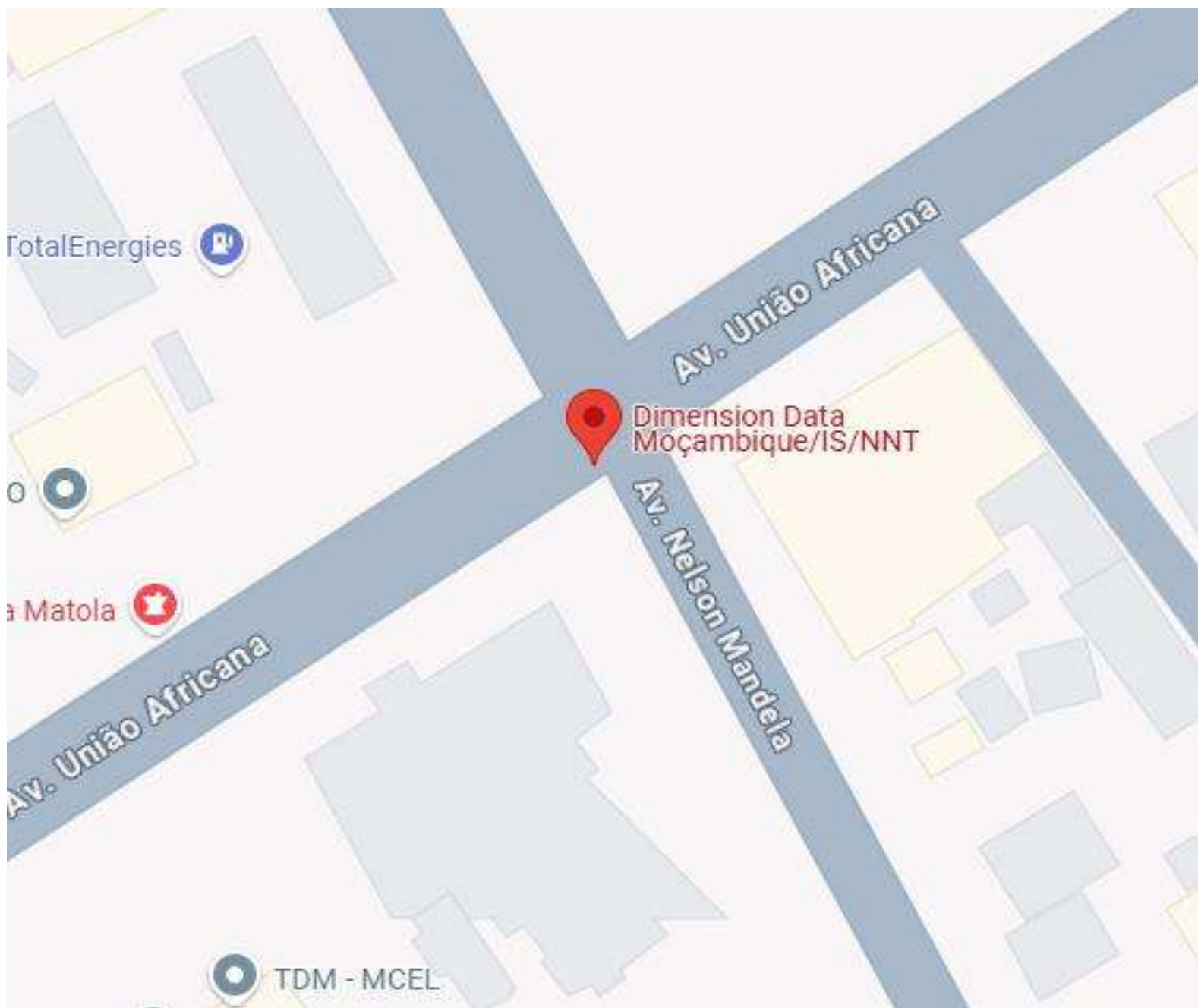


Figura 11 - Localização geográfica da Internet Solutions, sediada na Matola. (Fonte: Google Maps)

3.2 Descrição do Sistema de Alimentação de Energia Eléctrica Actual

O sistema de alimentação actual é composto por um posto de transformação que constitui a rede de alimentação normal, dois grupos geradores — sendo um designado como principal e o outro como backup, cuja actuação ocorre em caso de falha do principal, três UPS que formam a rede de alimentação socorrida, com o objetivo de

garantir a ininterrupção do fornecimento eléctrico a cargas críticas (como servidores, datacenters, computadores, estações de trabalho e equipamentos de telecomunicações), e uma ATS (chave de transferência automática), que monitora continuamente a fonte principal e comunica-se com os controladores dos dois geradores.

Actualmente, o grupo gerador principal entra em funcionamento de forma automática, muitas vezes aproximadamente 6 – 9h e 18 – 22h, sem que haja corte no fornecimento de energia e nem falta de alguma das fases.

3.3 Identificação das Causas do Funcionamento Anómalo do Grupo Gerador

Diante do accionamento anómalo do grupo gerador, mesmo na presença da rede eléctrica, foram levantadas as seguintes hipóteses:

3.3.1 Hipótese 1: Problema no controlador do grupo gerador

Justificativa: Um defeito ou falha de configuração no controlador poderia interpretar falsamente uma ausência de rede e acionar o gerador.

Resultado: Testes realizados demonstraram que os controladores estão a funcionar corretamente, com leituras precisas e respostas adequadas aos sinais de rede.

3.3.2 Hipótese 2: Problema na chave de transferência automática (ATS)

Justificativa: A ATS, ao detectar uma falha na rede ou ao interpretar incorretamente sinais de tensão/qualidade, poderia comutar para o gerador sem necessidade real.

Resultado: AATS passou em todos os testes, apresentando tempos de resposta normais e funcionamento conforme especificações.

3.3.3 Hipótese 3: Problema no posto de transformação

Justificativa: Um transformador em mau estado pode provocar variações ou interrupções locais de tensão que levam ao accionamento do gerador.

Resultado: O transformador encontra-se em bom estado, com medições eléctricas e inspeções físicas satisfatórias.

3.3.4 Hipótese 4: Problemas por parte da concessionária (rede pública)

Justificativa: Flutuações de tensão provocadas por sobrecarga da rede, comuns em horários de pico (6h–9h e 18h–22h), podem fazer com que a tensão desça abaixo do limiar mínimo de operação configurado nos controladores e na ATS.

Resultado: As medições efetuadas (conforme Anexo 3.3) confirmaram a ocorrência de quedas de tensão relevantes durante esses períodos, apesar da rede não estar ausente.

3.3.5 Constatação técnica

Com base nos testes e evidências, descarta-se qualquer anomalia interna nos equipamentos da instalação (controladores, ATS e transformador). A causa mais provável e tecnicamente justificada do acionamento indevido do grupo gerador é a flutuação da tensão na rede fornecida pela concessionária.

3.4 Análise da Configuração e Desempenho do Sistema de Alimentação de Energia Eléctrica

O sistema de alimentação eléctrica da Internet Solutions, concebido para suportar serviços digitais críticos, é composto por três camadas principais: a rede normal (via posto de transformação), a rede de emergência (grupos geradores) e a rede socorrida (UPS). Esta arquitetura visa garantir continuidade, qualidade e estabilidade energética para cargas sensíveis.

3.4.1 Rede Normal – Posto de Transformação (PT)

Recebe energia da concessionária e a distribui ao edifício. O equipamento encontra-se em boas condições operacionais e cumpre sua função com eficácia estrutural. Contudo, observam-se variações de tensão durante os períodos de maior consumo externo, o que influencia o comportamento do sistema como um todo.

3.4.2 Rede de Emergência – Grupos Geradores

Constituída por dois grupos geradores (principal e reserva), a rede de emergência é ativada em caso de falhas ou degradação significativa na qualidade da energia da rede normal. Ambos estão conectados a uma chave de transferência automática (ATS) que comanda sua operação. A integração dos geradores é funcional e eficiente, mas a sua atuação frequente revela que o sistema é sensível a flutuações, embora não haja interrupções reais de energia.

3.4.3 Rede Socorrida – UPS

Destinada à alimentação ininterrupta de cargas críticas, a rede socorrida garante proteção contra microcortes e instabilidades transitórias. As três UPSs estão bem integradas, respondendo de forma eficaz em situações de oscilação ou troca de fonte.

3.4.4 Síntese Técnica

A estrutura apresenta boa integração entre os seus componentes. No entanto, o desempenho geral é condicionado por oscilações externas da rede pública, que influenciam a lógica de atuação dos geradores. A reconfiguração dos parâmetros de sensibilidade da ATS ou a inclusão de equipamentos de estabilização pode otimizar ainda mais a operação, reduzindo atuações desnecessárias.

3.5 Proposta Técnica para Aumento da Confiabilidade do Sistema de Alimentação de Energia

Diante das oscilações de tensão observadas na saída do posto de transformação, especialmente nos horários de pico (06h–09h e 18h–22h), que causam atuações indevidas dos grupos geradores, propõem-se as seguintes soluções:

Tabela 2.1 - Soluções alternativas para o sistema de alimentação de energia eléctrica

Solução técnica	Descrição	Vantagens	Desvantagens	Viabilidade
Reprogramação dos parâmetros de sensibilidade da ATS	Ajustar o tempo de resposta e limiares de tensão da chave de transferência automática	Reduz atuações indevidas em variações breves	Pode permitir passagem de tensão fora do padrão por mais tempo	Não viável
Instalação de banco de capacitores automático	Corrigir fator de potência e reduzir quedas de tensão provocadas por cargas indutivas	Melhora a eficiência energética e estabiliza a tensão localmente	Não resolve flutuações vindas da rede pública	Não viável
Upgrade do transformador	Substituir o PT por um com maior capacidade nominal e melhor regulação de tensão	Aumenta a margem de estabilidade	Alto custo e interrupção prolongada para execução	Não viável

Tabela 1.2 - Soluções alternativas para o sistema de alimentação de energia eléctrica

Solicitação de reforço de rede à concessionária	Requerer melhoria da qualidade da energia fornecida	Pode trazer estabilidade a médio/longo prazo	Processo burocrático e fora do controle da instalação	Não viável
Instalação de um regulador automático de tensão	Instalar um regulador automático de tensão trifásico na saída do transformador para manter a tensão dentro dos limites normativos	Aumenta significativamente a confiabilidade; evita atuações desnecessárias do gerador; protege equipamentos sensíveis	Investimento inicial moderado	Viável

Fonte: Autor

Conforme a RTIEBT , Parte 5 / Secção 51, 313.1.1.2 – Tensões, Sempre que as tolerâncias sejam superiores aos limites admissíveis para o equipamento a alimentar, devem se usar reguladores/estabilizadores de tensão.

Assim, a inclusão de um regulador automático de tensão trifásico na saída do transformador apresenta-se como a solução mais eficaz, viável e normativa para garantir o fornecimento contínuo e seguro de energia ao datacenter, preservando a integridade dos sistemas e reduzindo intervenções não programadas dos geradores.

3.5.1 Dimensionamento do Regulador Automático de Tensão

Para garantir a estabilidade da tensão fornecida às cargas sensíveis da instalação, propõe-se a instalação de um regulador automático de tensão à saída do transformador. O dimensionamento do estabilizador baseia-se na potência nominal do transformador alimentador, que é de 100 kVA, com uma tensão de linha de 400 V em sistema trifásico.

De acordo com a fórmula da potência aparente trifásica:

$$S = \sqrt{3} \times V \times I \quad (3.1)$$

Substituindo os valores:

$$100.000 \text{ VA} = \sqrt{3} \times 400 \text{ V} \times I$$
$$I \approx 144 \text{ A}$$

Assim, o regulador deve ser trifásico e suportar, no mínimo uma corrente de 144 A e apresentar uma potência não inferior a do transformador, ou seja 100 KVA.

Além da potência e da tensão, é essencial que o regulador tenha uma classe de precisão adequada ($\pm 2\%$ ou melhor), tempo de resposta rápido e capacidade de lidar com variações bruscas de tensão, especialmente devido à sensibilidade das cargas envolvidas.

Especificações recomendadas:

- **Tipo:** Trifásico
- **Potência nominal:** $\geq 100 \text{ KVA}$
- **Tensão de operação:** 400 V / 230 V
- **Frequência:** 50 Hz
- **Corrente nominal:** $\geq 144,34 \text{ A}$
- **Classe de precisão:** $\pm 2\%$
- **Tipo de regulação:** eletrônico ou servo controlado

Com base no **Anexo 4**, o regulador a se seleccionar terá as seguintes especificações técnicas:

- **Modelo:** Trifásico (e – 12003)
- **Potência nominal:** 120 KVA
- **Dimensões em cm ($W \times D \times H$):** 61,5 × 114,5 × 153
- **Peso:** 500 Kg
- **Resposta:** 80 V/ S_n
- **Corrente máxima (A):** 3 × 146
- **Tensão (V) L - L:**
 - Entrada: 277- 424
 - Saída: 380/400/415 $\pm 2\%$

- **Fase:** 3 Ph + N
- **Frequência:** mesma que a de entrada
- **Distorção Harmónica Total:** não altera e nem introduz harmónicas
- **Eficiência (%):** ≥ 97
- **Temperatura de operação:** 0 – 40°C
- **Ruído audível:** $< 50\text{dBA}$
- **Humidade:** 20% – 95%
- **Tipo de regulação:** eletrónico ou servo controlado

Este dimensionamento visa assegurar a continuidade e qualidade da energia eléctrica fornecida.

3.6 Avaliação do Impacto da Melhoria na Sustentabilidade Operacional

A melhoria da sustentabilidade operacional tem um impacto directo e significativo em diversos aspetos do desempenho de uma organização, especialmente em sistemas críticos como os de alimentação de energia. Abaixo está uma avaliação estruturada desse impacto:

3.6.1 Redução de interrupções e aumentos de disponibilidade

Melhorar a sustentabilidade operacional significa garantir maior confiabilidade do sistema — menos falhas, menos paragens e maior continuidade de serviço. Isso é particularmente crucial em ambientes como datacenters, onde qualquer interrupção pode causar prejuízos financeiros, perda de dados e quebra de confiança do cliente.

3.6.2 Optimização de recursos energéticos

Soluções sustentáveis (como reguladores de tensão, UPS, gestão eficiente de cargas e monitoramento contínuo) resultam numa melhor utilização da energia eléctrica, minimizando perdas e maximizando o rendimento do sistema.

3.6.3 Redução de custos operacionais

A sustentabilidade operacional reduz custos associados a manutenções correctivas, substituições de equipamentos danificados por má alimentação e uso excessivo de geradores (combustível, desgaste, ruído e emissões).

3.6.4 Conformidade normativa e ambiental

A adoção de práticas sustentáveis garante que a instalação esteja em conformidade com normas como a RTIEBT, além de reduzir a pegada ambiental — especialmente em ambientes que utilizam fontes de energia de backup com emissões poluentes.

3.6.5 Resiliência a Variações da Rede Pública

A melhoria da sustentabilidade operacional protege a instalação contra instabilidades externas (flutuações, sobretensões ou subtensões), garantindo que a operação interna permaneça estável e confiável.

3.6.6 Valorização do Negócio

Empresas com sistemas sustentáveis e confiáveis são vistas como mais maduras, eficientes e responsáveis, o que melhora sua imagem, atratividade no mercado e potencial para parcerias ou certificações.

CAPÍTULO IV: ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS E ESTIMATIVA DE CUSTOS

Tabela 2 – Especificações técnicas e estimativa de custos

Ítem	Categoria	Material	Especificações Técnicas	Fabricante	Unidade	QNT	Preço Unitário (US\$)	Preço Total (US\$)
1	Equipamento de condicionamento de energia	Regulador de tensão	Modelo: Trifásico (e – 12003) Potência: 120 KVA Corrente máxima (A): 3 X 146 Tensão de entrada(V): 277- 424 Tenssão de Saída: 380/400/ 415 ± 2%	Inform	Un	1	9.035,78	9.035,78
2	Mão de obra						781,95	781,95
TOTAL							9.817,73	

Fonte: Autor

O custo aproximado é de US\$ 9.817,73 que corresponde a 627.843,8 MZN com IVA incluído, com base na taxa de câmbio de 17/06/2025.

CAPÍTULO V: CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Conclusão

Feito o trabalho, concluiu-se que o mesmo evidenciou a relevância e os impactos positivos da implementação de um regulador de tensão trifásico de 120 KVA como solução para as flutuações de tensão na rede pública que afetavam o grupo gerador da Internet Solutions. A análise técnica realizada demonstrou que, ao descartar falhas internas nos componentes do sistema, foi possível direcionar esforços para um fator externo, culminando em uma proposta robusta que não apenas atendeu ao objetivo geral de melhorar a confiabilidade do sistema eléctrico, mas também alcançou todos os objetivos específicos estabelecidos.

A proposta apresentada revelou-se tecnicamente fundamentada e economicamente viável, resultando em benefícios diretos como a redução das interrupções no fornecimento de energia, aumento da disponibilidade energética e proteção das cargas críticas. Além disso, a conformidade com a regulamentação vigente fortalece a imagem da empresa como prestadora de serviços digitais confiáveis.

A análise dos impactos positivos demonstrou que a instalação do regulador de tensão não apenas minimiza o desgaste dos geradores e reduz custos com combustível e manutenções correctivas, mas também contribui para uma gestão mais eficiente dos recursos energéticos da organização.

5.2 Recomendações

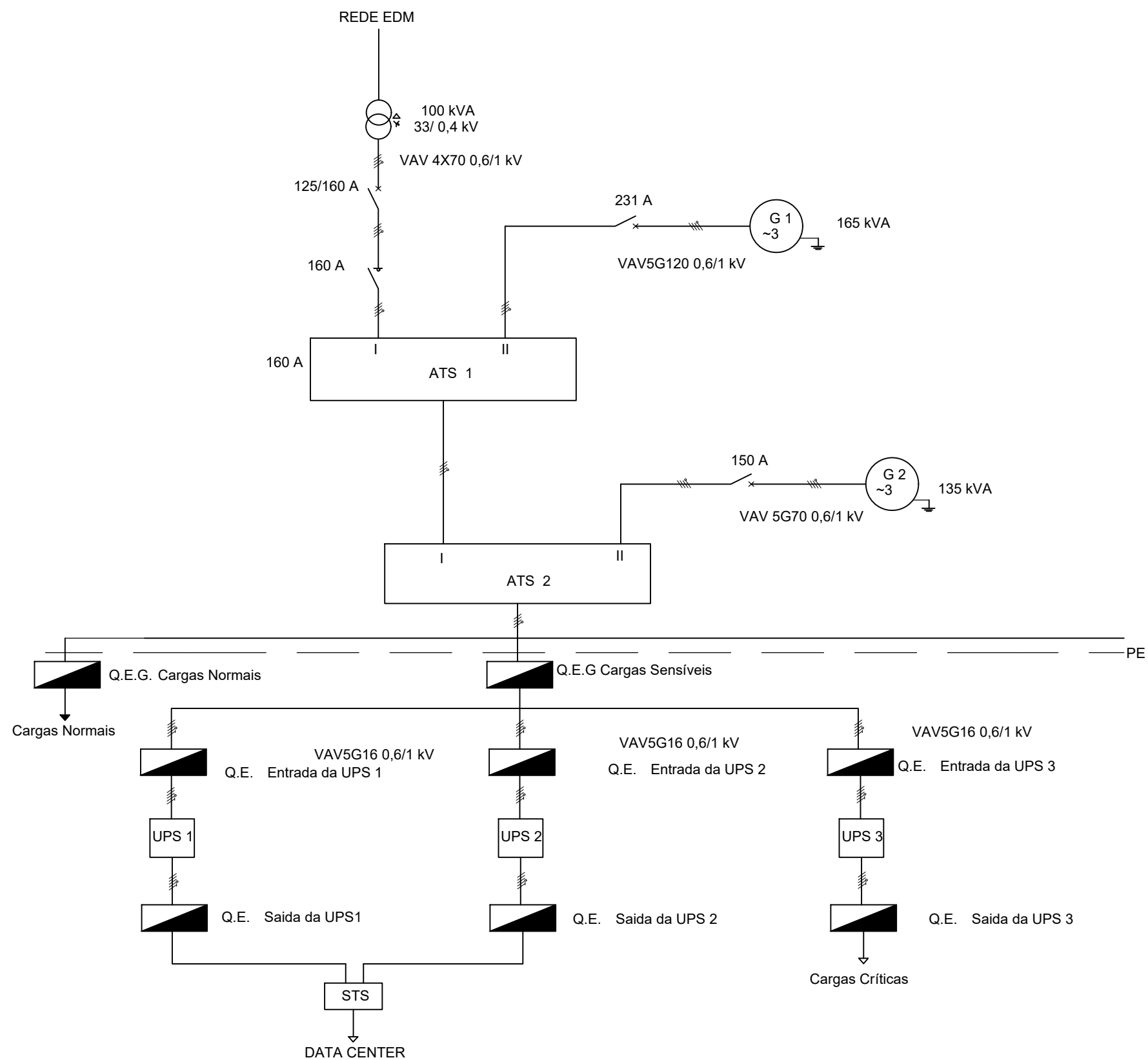
Recomenda-se que a empresa realize o acompanhamento contínuo da qualidade da energia eléctrica após a instalação do regulador automático de tensão, ajustando seus parâmetros conforme necessário para garantir desempenho ideal; invista na capacitação técnica dos profissionais responsáveis pela operação e manutenção do sistema, especialmente no que diz respeito ao funcionamento e diagnóstico de reguladores trifásicos e UPSs; implemente estratégias de manutenção preventiva para todos os componentes da infraestrutura eléctrica, minimizando falhas inesperadas e prolongando a vida útil dos equipamentos; mantenha um canal de comunicação contínuo com a EDM, a fim de acompanhar possíveis melhorias futuras na rede e, se possível, planejar acções

conjuntas de mitigação de flutuações de tensão; e, por fim, que a empresa avalie a possibilidade de automatizar o sistema de monitoramento e registro de falhas, criando uma base de dados histórica para futuras análises técnicas e operacionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

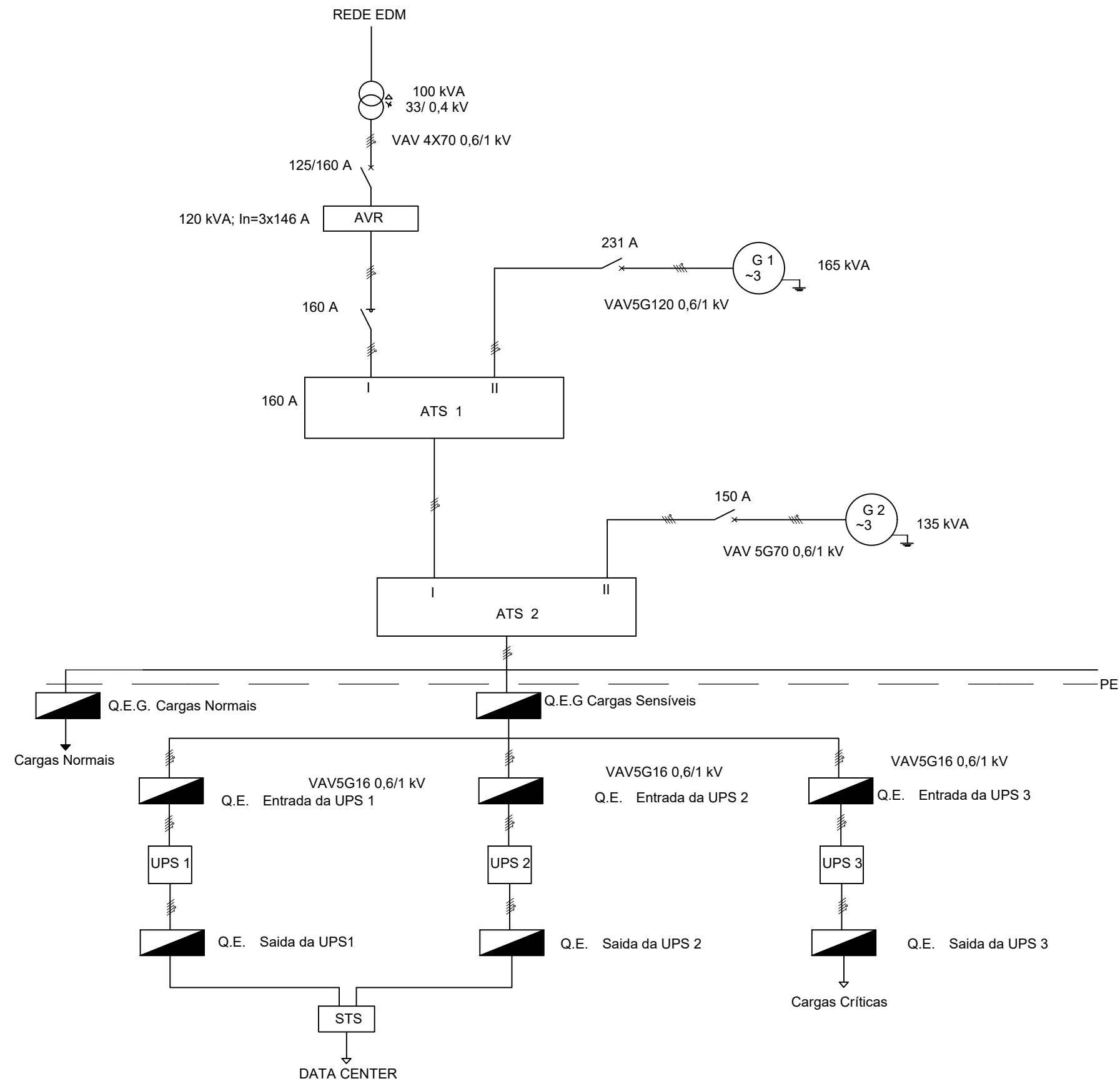
- [1]. Almeida, M. E. N. (2022). *Alimentação de socorro como fonte de energia complementar para a alimentação normal das instalações eléctricas* (Dissertação de mestrado, Instituto Superior de Engenharia do Porto). Repositório Científico do Instituto Politécnico do Porto – RECIPP.
- [2]. BORGES, M. Sistemas de Geração e Distribuição de Energia Elétrica: Princípios e Aplicações. 2. ed. São Paulo: TecPower Publicações, 2019.
- [3]. BRIGHAM, EF; EHRHARDT, MC Gestão Financeira: Teoria e Prática. Cengage Learning, 2019.
- [4]. CRUZ, A.; SILVA, J. Qualidade da Energia e Sistemas de Regulação em Grupos Geradores. Lisboa: Editora Técnica de Engenharia, 2017.
- [5]. Damasceno, J. P. C., & Diogenes, D. P. D. (s.d.). *Estudo de chaves de transferência para implementação de sistema de geração de energia com grupo gerador a diesel de emergência no CLOSP (Centro Integrado de Operação da Segurança Pública) de Mossoró-RN*. Universidade Federal Rural do Semiárido.
- [6]. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). (1995). *IEEE Std 446-1995: IEEE Recommended Practice for Emergency and Standby Power Systems for Industrial and Commercial Applications* (IEEE Orange Book). New York: IEEE.
- [7]. International Electrotechnical Commission (IEC). (2005). *IEC 60947-6-1: Low-voltage switchgear and controlgear – Multiple function equipment – Automatic transfer switching equipment (ATSE)*. Geneva: IEC.
- [8]. Martins, L. (2005). *Apontamentos para Projecto de Instalações Eléctricas II*. Setúbal: ESTSetúbal.
- [9]. “RTIEBT” Regras Técnicas das Instalações Eléctricas de Baixa Tensão, (Edição de 2006)

ANEXOS



SIGLAS	DESIGNAÇÃO
Q.E	Quadro eléctrico
Q.E.G	Quadro Eléctrico Geral
UPS	Uninterruptible Power Supply (Fonte de Alimentação Ininterrupta)
ATS	Automatic Transfer Switch (Chave de Transferência Automática)

Desenhou	Data	Apelido	Figura A1-1: Sistema de Alimentação Actual na Internet Solutions, Matola. (Fonte: Autor)	Relatório de Estágio Profissional			
Isac	09/06/205	Agostinho					
Verificou	Data	Apelido					
Ortício		Nhanombe					
1:100	Anexo 1: Sistema de Alimentação de Energia Eléctrica na INTERNET SOLUTIONS (Actual) - Matola			A1.1			



SIGLAS	DESIGNAÇÃO
Q.E	Quadro eléctrico
Q.E.G	Quadro Eléctrico Geral
UPS	Uninterruptible Power Supply (Fonte de Alimentação Ininterrupta)
ATS	Automatic Transfer Switch (Chave de Transferência Automática)
AVR	Automatic Voltage Regulator (Regulador Automático de Tensão)

Desenhou	Data	Apelido	Figura A2-2: Sistema de Alimentação Proposto na Internet Solutions, Matola. (Fonte: Autor)	Relatório de Estágio Profissional					
Isac	09/06/205	Agostinho							
Verificou	Data	Apelido							
Ortício		Nhanombe							
1:100	Anexo 2: Sistema de Alimentação de Energia Eléctrica na INTERNET SOLUTIONS (Proposto) - Matola			A2.2					

Anexo 3 - Alguns valores de tensão medidos na saída do transformador

Tabela A3-3: Tensões de linha e de fase

	Tensão (V)					
Hora	R - S	S - T	R - T	R - N	S - N	T - N
06:00	380.5316	380.5316	378.7995	220	220	219
06:30	375.855	375.855	374.123	217	217	216
07:00	377.5871	377.5871	375.855	218	218	217
07:30	377.5871	377.5871	375.855	218	218	217
08:00	379.3191	379.3191	377.5871	219	219	218
08:30	379.3191	379.3191	377.5871	219	219	218
09:00	381.0512	381.0512	379.3191	220	220	219
09:30	387.9794	387.9794	386.2473	224	224	223
10:00	398.3717	398.3717	396.6396	230	230	229
10:30	400.1037	400.1037	398.3717	231	231	230
11:00	398.3717	398.3717	396.6396	230	230	229
11:30	398.3717	398.3717	396.6396	230	230	229
12:00	400.1037	400.1037	398.3717	231	231	230
12:30	400.1037	400.1037	398.3717	231	231	230
13:00	396.6396	396.6396	394.9076	229	229	228
13:30	394.9076	394.9076	393.1755	228	228	227
14:00	396.6396	396.6396	394.9076	229	229	228
14:30	401.8358	401.8358	400.1037	232	232	231
15:00	396.6396	396.6396	394.9076	229	229	228
15:30	405.2999	405.2999	403.5678	234	234	233
16:00	396.6396	396.6396	394.9076	229	229	228
16:30	394.9076	394.9076	393.1755	228	228	227
17:00	396.6396	396.6396	394.9076	229	229	228
17:30	400.1037	400.1037	398.3717	231	231	230
18:00	394.9076	394.9076	393.1755	228	228	227
18:30	393.1755	393.1755	391.4435	227	227	226
19:00	382.7832	382.7832	381.0512	221	221	220
19:20	379.3191	379.3191	377.5871	219	219	218

Fonte: Autor

Anexo 4 - Reguladores de Tensão da Inform

Tabela A4-4: Especificações Técnicas de Reguladores de Tensão da Inform

Especificações Técnicas dos Reguladores Automáticos de Tensão

MODELO	POTENCIA (VA)	Dimensões LxDxA	Peso (kg)	Resposta	Extra			Saída		Eficiência(%)	Condições de operação	Ambiente		
					Entrada	Saída	Tensão nominal	Fase	THD			Temperatura	Humidade	
MONOFÁSICO														
KVA														
e-0201	2	25 x 98 x 29,5	25	80	160-245	240/245V	10,5A	S/M-ON	s/ distorção	95	7,2A	0-40°C	65dBA	
e-0501	3,5	25 x 53 x 28,5	37	80	160-245	220/230V	10,5A			95	12,7A	0-40°C	65dBA	
e-0501	5	58,5 x 85 x 26,5	37	80	160-245	220/230V	31 A			quase harmonizadas	97	18,8A	0-40°C	65dBA
e-1501	7,5	50,5 x 89 x 28,5	46	80	160-245	220/220V	28A				97	38A	0-40°C	65dBA
e-1501	10	55,5 x 64,5 x 68	81	80	160-245	220/230V	39A		97		39A	0-40°C	65dBA	
e-1501	15	35,3 x 62 x 64	85	80	160-245	220/330V	38A		97		74A	0-40°C	65dBA	
e-1501	20	49,5 x 75 x 77,5	196	80	160-245	220/400V	153A		s/ distorção		97	111A	0-40°C	65dBA
e-1001	30	49,5 x 73 x 72,5	160	160	160-245	340/400V	158A			97	111A	0-40°C	65dBA	
TRIFÁSICO														
Saída														
e-0103	10,5	38,5 x 58 x 68	76	70	277-424 V	380/400/4	37x424V	1 P+N	—	<87	0-40°C	<56dBA	20-95dA	
e-0103	10,5	38,5 x 55 x 88	70	70	277-424 V	380/400/4	37x424V		3 P+N	—	3x17,2 I	0-40°C	<56dBA	20-95dA
e-0233	20	58,5 x 55 x 68	96	70	277-424 V	380/400/4	37x424V	3x33A I			0-40°C	<50dBA	20-95dA	
e-0903	10,5	39,5 x 55,5 x 88,8	146	80	277-424 V	380/400/4	37x424V	3x39A I			0-40°C	<50dBA	20-95dA	
e-0903	19	59,5 x 89 x 88,8	146	80	277-424 V	380/400/4	37x424V	3x31A I			0-40°C	<56dBA	20-95dA	
e-0093	20	38,3 x 64 x 68	180	80	277-424 V	380/400/4	37x424V	3x36A I			0-40°C	<56dBA	20-95dA	
e-0093	20	51,5 x 116 x 16	185	80	277-424 V	380/400/4	37x424V	3x35A I			0-40°C	<56dBA	20-95dA	
e-0003	18,5	94,5 x 92 x 193	950	80	277-424 V	380/400/4	37x424V	3x09A I			0-40°C	<56dBA	20-95dA	
e-0003	15,5	98,5 x 91 x 165	1340	80	277-424 V	380/400/4	37x424V	3x113A I			0-40°C	<56dBA	20-95dA	
e-1003	10,5	19,5 x 10 x 155	1340	80	277-424 V	380/400/4	37x424V	3x110,2 I			0-40°C	<55dBA	20-95dA	
e-1003	15	99,3 x 99 x 18,5	850	70	277-424 V	380/400/4	37x424V	3x330 A I			0-40°C	<55dBA	20-95dA	
e-1003	20	60,5 x 180,5 x 100,5	400	70	277-424 V	380/400/4	37x424V	3x140 A I			0-40°C	<55dBA	20-95dA	
e-1003	20	60,5 x 180,5 x 142,5	770	70	277-424 V	380/400/4	37x424V	3x4151 A I			0-40°C	<55dBA	20-95dA	
e-1003	20	220,5 x 139,5 x 157,5	1000	80	277-424 V	380/400/4	37x424V	3x840 A I			0-40°C	<55dBA	20-95dA	
e-1003	12,5	110 x 210 x 147	2800	80	277-424 V	380/400/4	37x424V	3x840A I			0-40°C	<55dBA	20-95dA	
e-1003	16,5	184,5 x 100,3 x 159	7900	80	277-424 V	380/400/4	37x424V	3x1151A I			0-40°C	<55dBA	20-95dA	
e-1003	300	269,5 x 151 x 184,5	3800	70	277-424 V	380/400/4	37x424V	3x122A I			0-40°C	<55dBA	20-95dA	
e-1003	320	222,5 x 170 x 165	3800	70	277-424 V	3162/415,2	39/84,1	3x1572A I	0-35°C	<55dBA	20-95dA			

Fonte: Power Sistemas de Energia (2024)

Anexo 5 - Recomendações da GE *Digital Energy*

Tabela A5-5: Protecção e cabos recomendados pela GE *Digital Energy*

Sections according to / Querschnitte gemass IEC Sezioni secondo / Sections selon IEC								
kVA	F1 ... AgL 500VAC	F2 ... AgL 500VAC	F3 ... AgL 500VAC	F4 ... AgL 440VDC	A/B/C/E mm ²	D mm ²	K mm ²	
40	3x63	3x63	3x63	3x80	5x10	4x10	4x16	
60	3x100	3x100	3x100	3x125	4x25+16	4x25	3x35+25	
80	3x125	3x125	3x125	3x160	4x35+25	4x35	3x50+25	
100	3x160	3x160	3x160	3x200	4x50+25	4x50	3x70+35	
120	3x200	3x200	3x200	3x250	4x70+35	4x70	3x120+70	

Fonte: GE *Digital Energy* (2020)

Anexo 6 - Configuração do nível de tensão dos grupos geradores

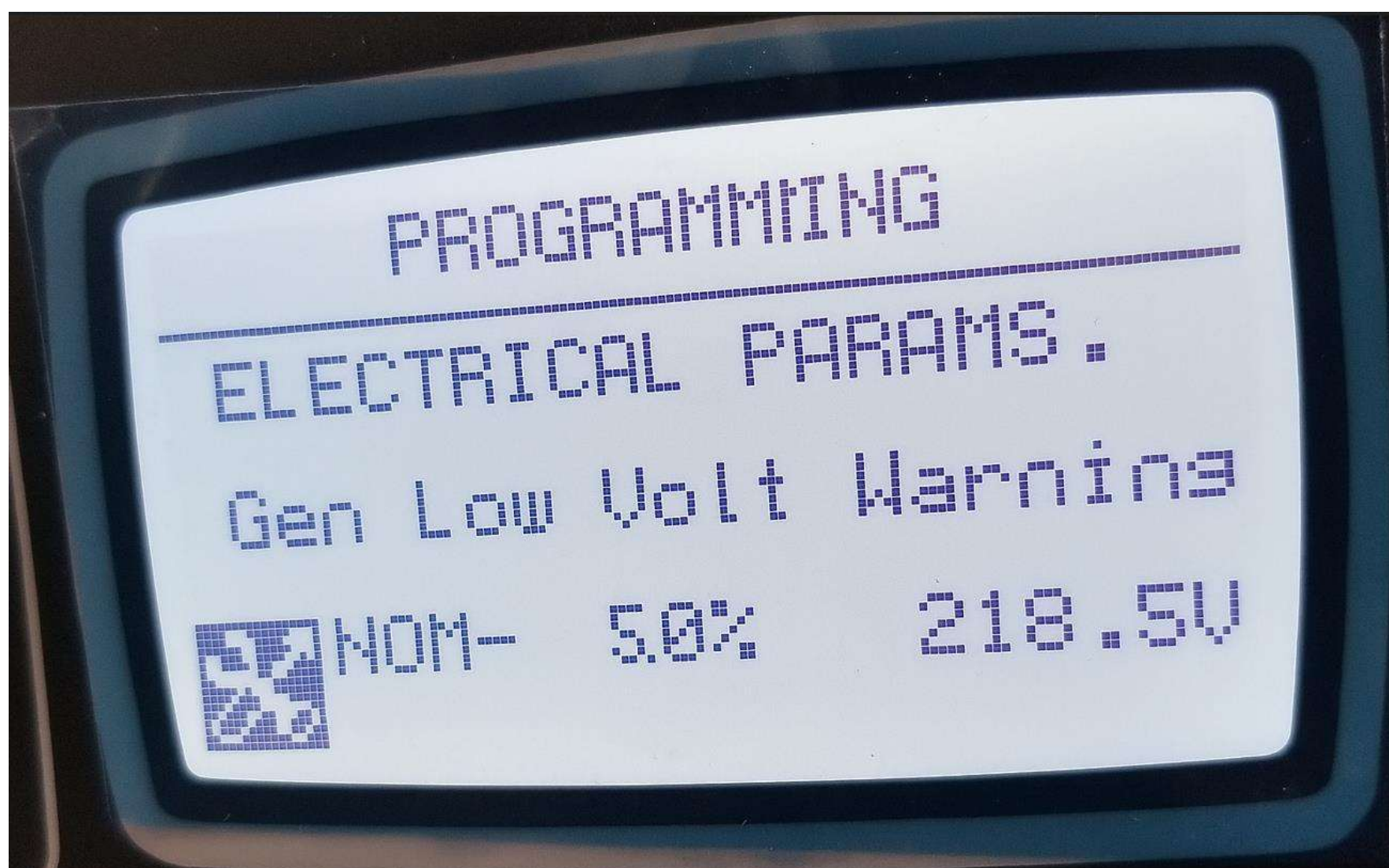


Figura A6-6: Tensão mínima para o arranque dos grupos geradores. (Fonte: Autor)

Anexo 7 - Configuração do nível de tensão dos grupos geradores

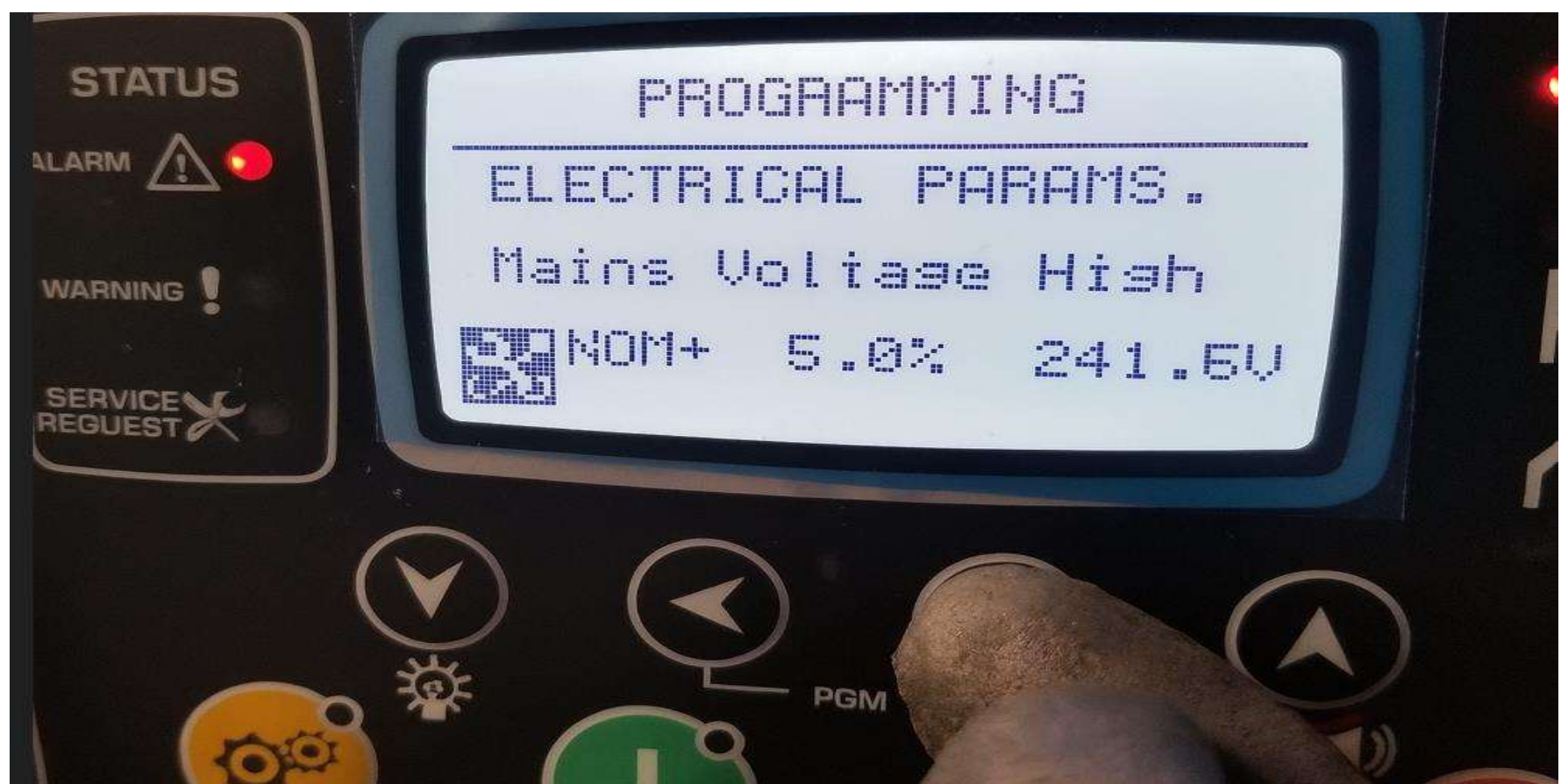


Figura A7-7: Tensão máxima para o arranque dos grupos geradores. (Fonte: Autor)

Anexo 8 - Tempos de arranque dos grupos geradores

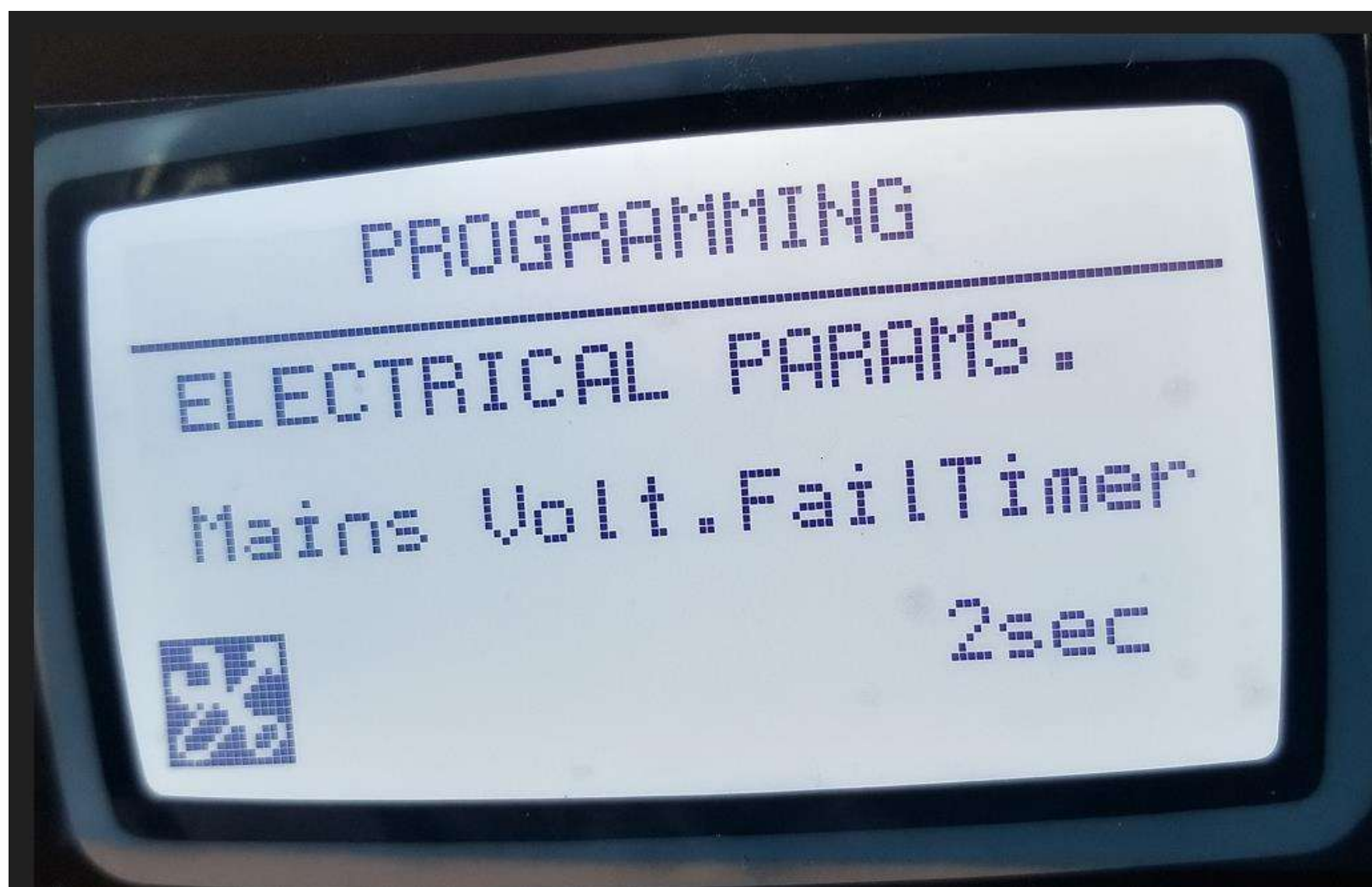


Figura A8-8: Tempo de arranque do primeiro grupo gerador. (Fonte: Autor)

Anexo 9 - Tempos de arranque dos grupos geradores

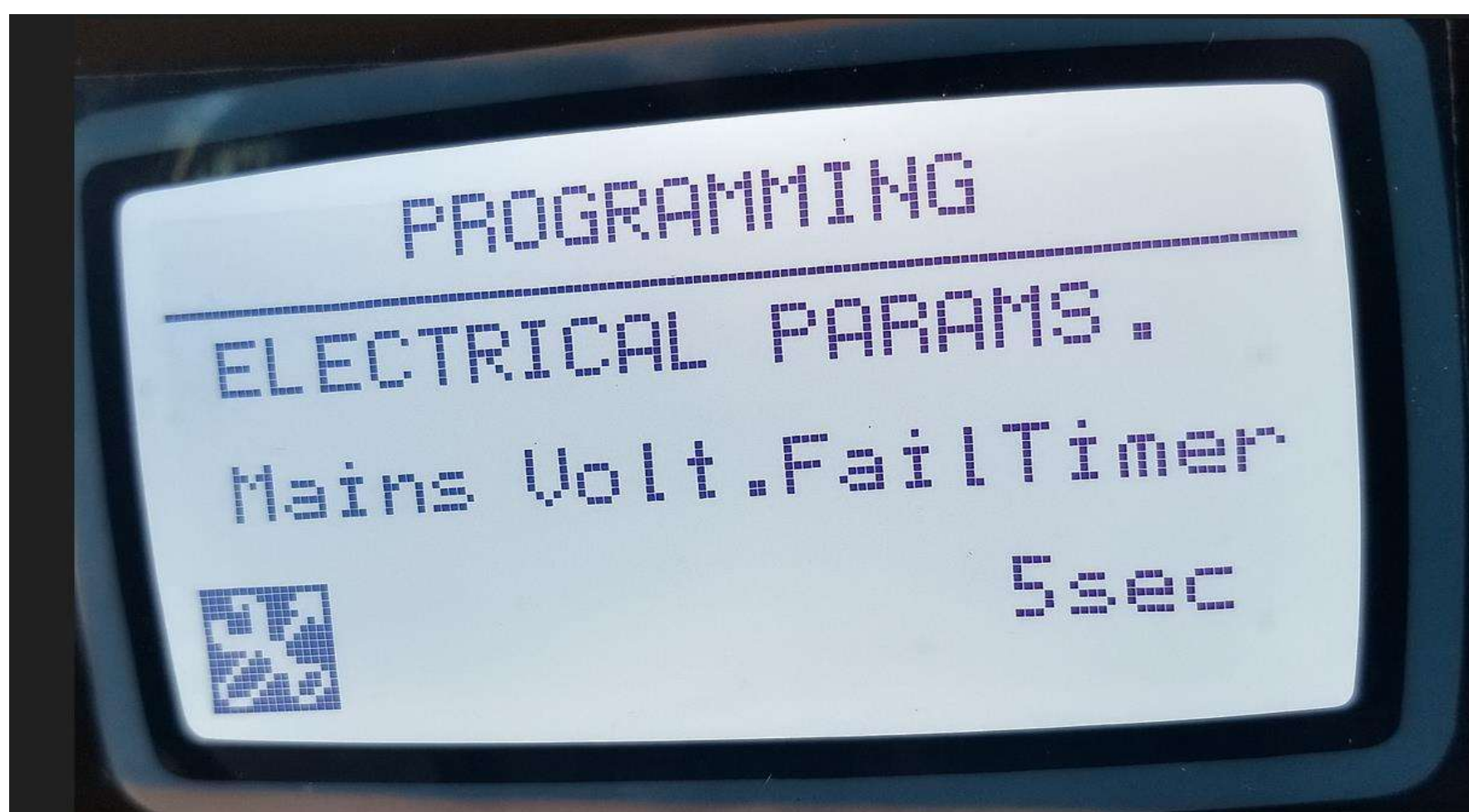


Figura A9-9: Tempo de arranque do segundo grupo gerador. (Fonte: Autor)

Anexo 10 - Transformador de Distribuição da Internet Solutions



Figura A10-10: Dados de chapa de características do transformador. (Fonte: Autor)

Anexo 11 - Posto de transformação



Figura A11-11: Posto de transformação de energia eléctrica. (Fonte: Autor)

Anexo 12 - Grupo gerador

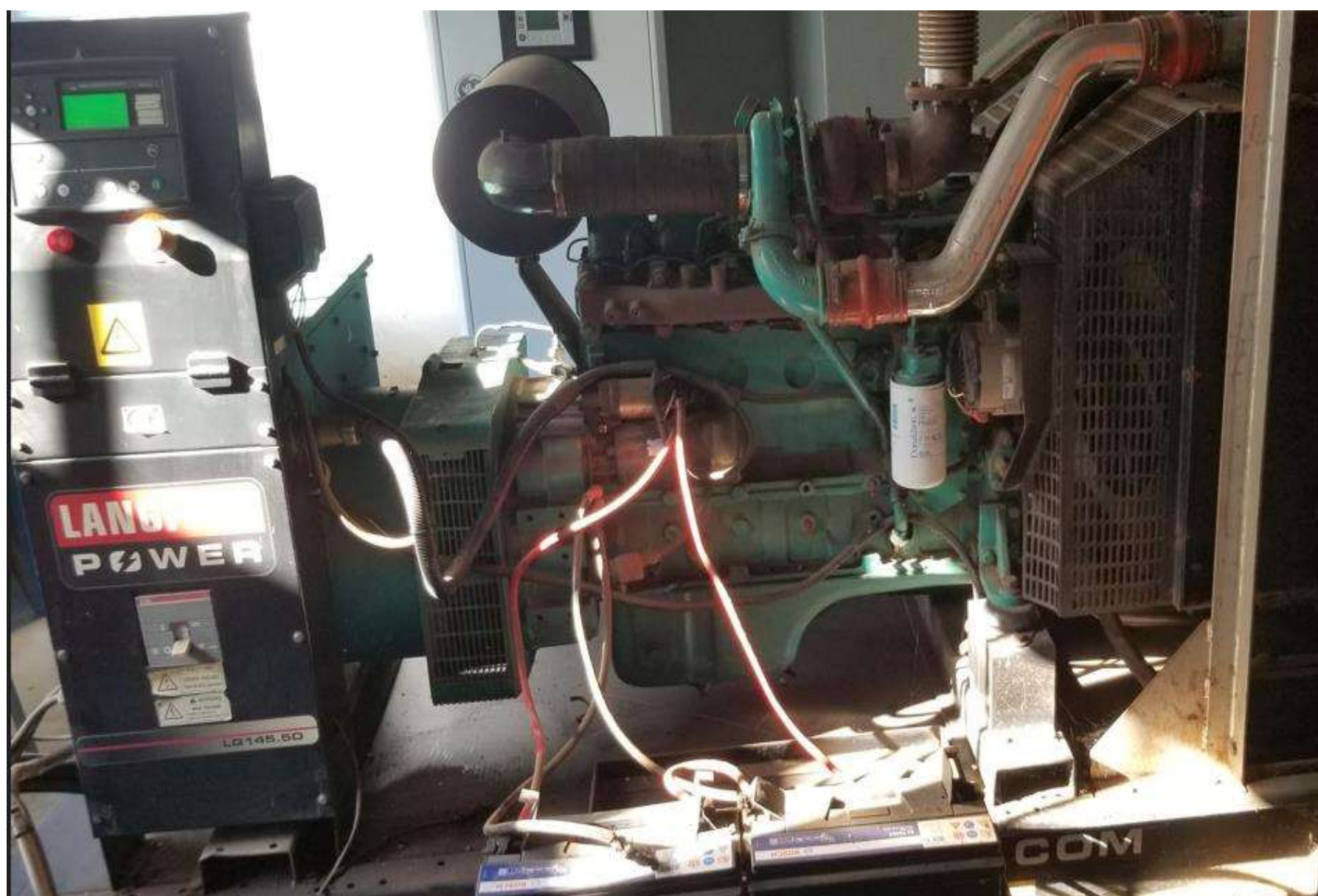


Figura A12-12: Grupo gerador de 135 KVA. (Fonte: Autor)

Anexo 13 - Grupo gerador

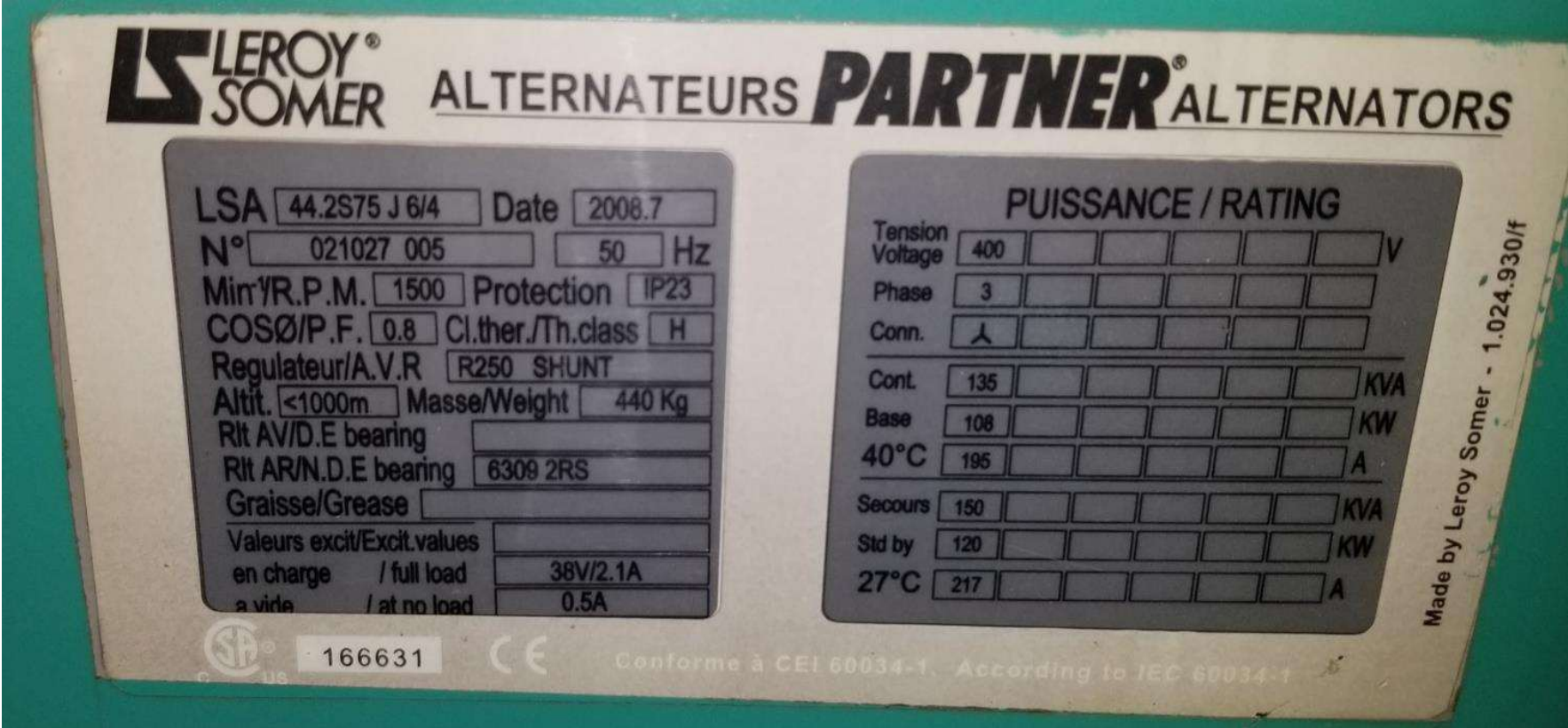


Figura A13-13: Chapa de características do grupo gerador de 135 KVA. (Fonte: Autor)

Anexo 14 - Grupo gerador



Figura A14-14: Chapa de características do grupo gerador de 135 KVA. (Fonte: Autor)

Anexo 15 - Grupo gerador

		MarelliGenerators®		EN60034-1 IEC 60034-1			
AC GENERATOR				SERIAL N°		MCM10038	
TYPE MJB 250 MA4				WEIGHT Kg		490	
CODE MJB2532L012MOM				IP 23		INS. CL. H	
				P.F.		0.8	
V		A		Hz		RPM	
V ex.		A ex.		ΔT cl.			
S1 CONTINUOUS DUTY - AMB. T. 40 °C							
KVA 165	400Y	238	50	1500	27	3.5	H
KVA 165	220 YY	433	50	1500	27	3.5	H
KVA 185	440Y	243	60	1800	24	3.1	H
KVA 205	480 Y	247	60	1800	24	3.1	H
STAND BY DUTY - AMB. T. 27 °C							
KVA 180	400Y	260	50	1500	29	3.8	
KVA 225	480Y	271	60	1800	25	3.5	



Marelli Motori MMA Sdn Bhd

Figura A15-15: Chapa de características do grupo gerador de 165 KVA. (Fonte: Autor)

Anexo 16 - UPS de dupla conversão de 40 KVA



Figura A16-16: UPS de dupla conversão de 40 KVA. (Fonte: Autor)

Anexo 17 - Visor da UPS de 40 KVA

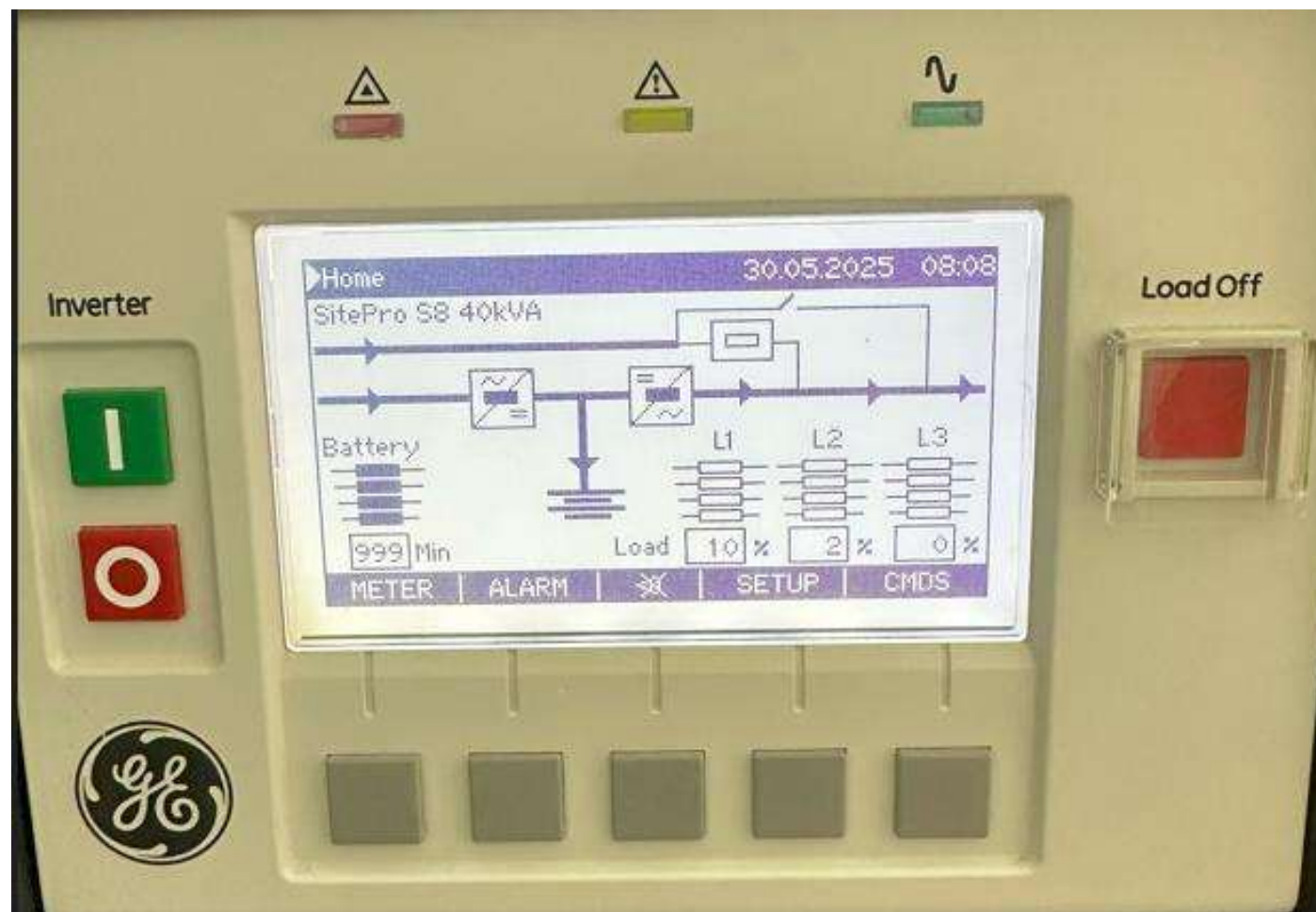


Figura A17-17: Visor da UPS de 40 KVA. (Fonte: Autor)

Anexo 18 - Datacenter da Internet Solutions

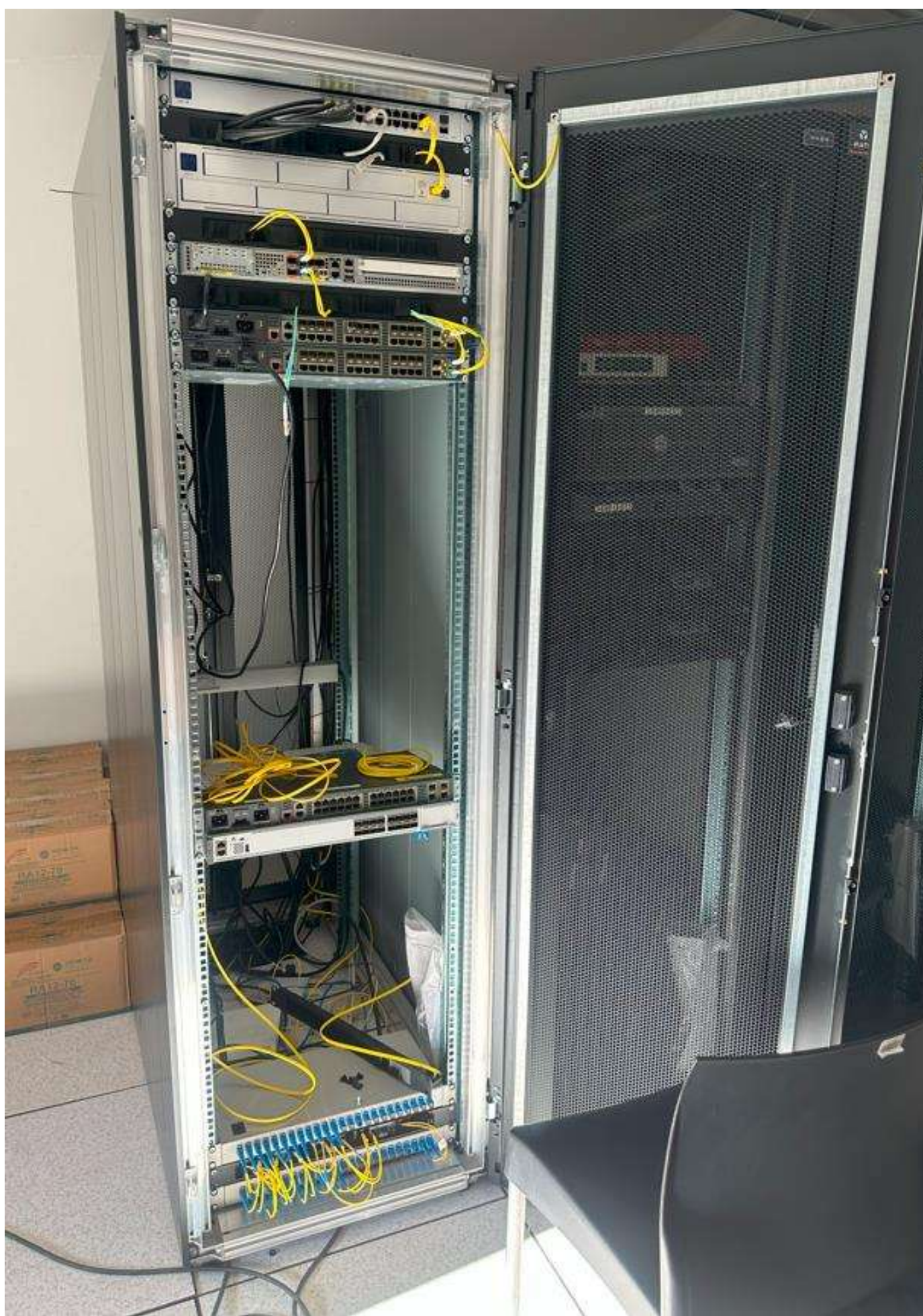


Figura A18-18: Datacenter da Internet Solutions

Anexo 19 – Acta de encontro do dia 17 de Abril de 2025

Tabela A19-19: Acta de encontro 1



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	2025ELEPD01	Data:	17/02/2025
1. AGENDA:			
Apresentação do Termo de Atribuição do Tema e do Plano de Actividades			
2. PRESENÇAS			
Supervisor	Eng.º Ortígio Nhanombe		
Estudante	Isac Lino Agostinho		
3. RESUMO DO ENCONTRO:			
Nesta reunião foi feito a verificação e avaliação do Termo de Atribuição de Tema e do Plano de Actividades.			
4. RECOMENDAÇÕES:			
O estudante foi orientado a seguir o regulamento referente à conclusão do estágio profissional. Foi igualmente aconselhado a optar por um único padrão linguístico, seja o português de Portugal ou o português do Brasil. Além disso, recomendou-se a correcção de alguns erros ortográficos, de acordo com o padrão escolhido.			
5. OBSERVAÇÕES			
<i>Analisado & Relatado</i> 			
6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	27/04/2025		

Anexo 20 - Acta de encontro do dia 27 de Abril de 2025

Tabela A20-20: Acta de encontro 2



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	2025ELEPD01	Data:	17/02/2025
1. AGENDA:			
Apresentação da Revisão de Literatura			
2. PRESENÇAS			
Supervisor	Eng.º Ortigio Nhanombe		
Estudante	Isac Lino Agostinho		
3. RESUMO DO ENCONTRO:			
Nesta reunião, foram discutidos os principais conceitos relacionados às cargas eléctricas em ambientes críticos, assim como os diferentes tipos de redes de alimentação de energia eléctrica.			
4. RECOMENDAÇÕES:			
O estudante recebeu a orientação de focar a revisão de literatura em aspectos mais pertinentes, evitando a inserção de conteúdos irrelevantes.			
5. OBSERVAÇÕES			
<i>Analisado o relatório</i> 			
6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO		25/05/2025	

Anexo 21 - Acta de encontro do dia 02 de Junho de 2025

Tabela A21-21: Acta de encontro 3



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	2025ELEPD01	Data:	17/02/2025
1. AGENDA:			
Apresentação do Memorial Descritivo e Justificativo			
2. PRESENÇAS			
Supervisor	Eng.º Ortigio Nhanombe		
Estudante	Isac Lino Agostinho		
3. RESUMO DO ENCONTRO:			
Nesta reunião, foram discutidos aspectos relacionados ao desenvolvimento do trabalho, com ênfase naquilo que é essencial para este capítulo.			
4. RECOMENDAÇÕES:			
O estudante foi orientado a incluir a localização do local de estudo, descrever o sistema de alimentação de energia eléctrica da Internet Solutions e estruturar o trabalho de modo a cumprir adequadamente todos os objectivos específicos definidos.			
5. OBSERVAÇÕES			
<i>Analisado o Relatório</i> 			
6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	19/06/2025		

Anexo 22 - Acta de encontro do dia 19 de Junho de 2025

Tabela A22-22: Acta de encontro 4



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	2025ELEPD01	Data:	17/02/2025
1. AGENDA:			
Apresentação de o todo relatório.			
2. PRESENÇAS			
Supervisor	Eng.º Ortígio Nhanombe		
Estudante	Isac Lino Agostinho		
3. RESUMO DO ENCONTRO:			
Nesta reunião, foram apresentadas todas as correcções e o relatório foi entregue ao supervisor para a devida atribuição da nota.			
4. RECOMENDAÇÕES:			
5. OBSERVAÇÕES			
<i>Analisado o relatório</i> 			
6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO		23/06/2025	

Anexo 23 - Relatório de progresso

Tabela A23.1-23: Relatório de progresso



FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

REFERÊNCIA DO TEMA: 2025ELEPD01

Data: 17/02/2025

1. ACTIVIDADES PLANIFICADAS

ACTIVIDADE	Prazo previsto	
	Data	Hora
1. Entrega do termo de atribuição de tema	17/04/2025	9h00
2. Apresentação da Revisão de Literatura	27/04/2025	14h00
3. Apresentação do Memorial Descritivo e Justificativo	02/06/2025	14h00
4. Apresentação de o todo relatório	19/06/2025	15h00

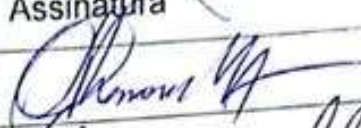
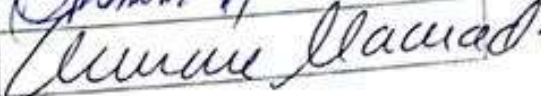
2. CONTROLO DAS ACTIVIDADES

ACT.	DATA	ESTÁGIO (%)	OBSERVAÇÕES	RÚBRICA
1	17/04/2025	10	Aprovado após correção	
2	27/04/2025	25	Aprovado após correcção	
3	02/06/2025	30	Aprovado após correcção	
4	19/06/2025	35	Aprovado após correcção	

Anexo 23 - Relatório de progresso

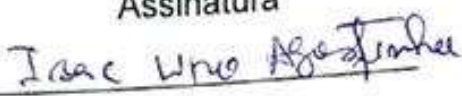
Tabela A23.2-24: Relatório de progresso

SUPERVISORES

	Nome	Assinatura
Da UEM	Eng.º Ortigio Nhanombe	
Da Empresa	Eng.º Imerane Mamad	

Maputo, 23 de Junho de 2025

Assinatura


(Isac Lino Agostinho)