

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ - UTFPR  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA - DAELT  
CURSO SUPERIOR EM TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

EDINILSON ALVES  
ELVIS FERNANDO CLEMS  
TIAGO CANTANHEDE KARPINSKI

**DOCUMENTAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE MANUAL DE  
OPERAÇÃO E PROCEDIMENTO DE MANUTENÇÃO DE GRUPO  
MOTOR GERADOR DIESEL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO  
CURITIBA  
2015

EDINILSON ALVES  
ELVIS FERNANDO CLEMS  
TIAGO CANTANHEDE KARPINSKI

**DOCUMENTAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE MANUAL DE  
OPERAÇÃO E PROCEDIMENTO DE MANUTENÇÃO DE GRUPO  
MOTOR GERADOR DIESEL**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica – DAELT – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. Me. Ednilson Soares Maciel.

CURITIBA  
2015

EDINILSON ALVES  
ELVIS FERNANDO CLEMS  
TIAGO CANTANHEDE KARPINSKI

**DOCUMENTAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE MANUAL DE  
OPERAÇÃO E PROCEDIMENTO DE MANUTENÇÃO DE GRUPO  
MOTOR GERADOR DIESEL**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de **Tecnólogo em Automação Industrial**, do **Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial**, da **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**.

Curitiba, 06 de novembro de 2015

---

Prof. Ednilson Soares Maciel, Me.  
Coordenador de Curso  
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica

---

Prof. Rafael Fontes Souto, Dr.  
Responsável pelo Trabalho de Diplomação da Tecnologia  
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Ednilson Soares Maciel, Me.  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Orientador

---

Prof. Lilian Moreira Garcia, Dr.  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Prof. Marcelo Rodrigues, Dr.  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Prof. Ubirajara Zoccoli, Me.  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

## RESUMO

ALVES, Edinilson; CLEMS, Elvis Fernando; KARPINSKI, Tiago Cantanhede. Documentação e Implementação de Manual de Operação e Procedimentos de Manutenção de Grupo Motor Gerador Diesel. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso Superior em Tecnologia em Automação Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

Grupos Motor Gerador são sistemas de fonte de energia auxiliar que operam em conjunto com a concessionária de energia elétrica, seja devido a um aumento de consumo, operações de emergência ou sua aplicabilidade na redução de custos. As fontes de energia elétrica de emergência garantem a confiabilidade necessária para diversos seguimentos de atividades, especialmente aqueles ditos essenciais, para os quais as interrupções de fornecimento podem significar prejuízos; dessa forma, os Grupos Motor Gerador são uma solução viável para atender as diferentes situações para geração de energia. Seja para geração em casos emergenciais, na aplicação em horário de ponta ou fornecimento de energia como fonte única trabalhando por tempo ilimitado. Este sistema deve possuir um procedimento de manutenção e um manual de operação adequado, de fácil acesso e interpretação, garantindo sua perfeita funcionalidade quando requerido. Neste estudo foram contemplados os principais pontos críticos descritos com base em resultados de testes de comissionamento, interpretação de manuais técnicos e esquemas elétricos que simularam diferentes situações de uso.

Palavras-chave: Grupo Motor Gerador. Fonte de Energia Auxiliar. Energia Elétrica.

## ABSTRACT

ALVES, Edinilson; CLEMS, Elvis Fernando; KARPINSKI, Tiago Cantanhede. Documentation and Implementation of a Plan of Operation and Procedures of Maintenance of the Group Motor Generator Diesel. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso Superior em Tecnologia em Automação Industrial – UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Diesel Motor Generator Groups are auxiliary power supply systems operating in conjunction with the electric energy company, due to an increase of consumer, in emergency operations or it's applicability in cost reduction. Emergency Electric Power sources provide the reliability required for various activities segments, especially those essentials, which supply disruptions can result losses and not only financial. So Motor Generator Groups are one viable solution to meet the different situations. This system must have a suitable plan of maintenance and operation documentation, easy access and interpretation, ensuring the perfect functionality of the system when required. All critical points were considered in this study, which was written based on the results of commissioning tests, interpretation of technical manuals and wiring diagrams, which simulated the different simulations of use.

Keywords: Motor Generator Groups. Auxiliary Power Supply. Electric Energy.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Motor Diesel .....	23
Figura 2 - Diagrama Funcional - Motor Diesel de 4 Tempos .....	25
Figura 3 - Conjunto de Acionamento do Motor .....	28
Figura 4 - Sistema de Combustível para Motores Diesel.....	30
Figura 5 - Base de Instalação de Grupo Gerador .....	36
Figura 6 - Grupo Gerador .....	38
Figura 7 - Partes principais do alternador sem escova.....	40
Figura 8 - Regulador Eletrônico de Tensão - RET.....	41
Figura 9 - Diagrama de Blocos da USCA .....	46
Figura 10 - Rampa de Acionamento do Grupo em Emergência .....	50
Figura 11 Acionamento do Grupo em Partida com Rede Presente.....	51
Figura 12 Organização e Limpeza.....	52
Figura 13 Organização e Limpeza.....	52
Figura 14 Módulo Deep Sea 8610.....	55
Figura 15 Diagrama orientativo de instalação do DSE 8610 .....	56
Figura 16 Flutuador de baterias.....	56
Figura 17 Sistema de Pré-aquecimento do Motor .....	57
Figura 18 Módulo Deep Sea DSE8660.....	58
Figura 19 Diagrama orientativo de instalação do DSE 8660 .....	59
Figura 20 Esquema Orientativo de Interligação do MSC Link .....	60
Figura 21 Bornes Destinados para Interligação de Comunicação.....	61
Figura 22 Cabo ligado ao contator de saída do GMG .....	61
Figura 23 Entrada de cabos das USCAs no QTA.....	62
Figura 24 Barril de água com hastes de cobre para simular carga .....	64
Figura 25 TCs nas fases do GMG .....	64
Figura 26 Analisadores de energia monitorando os GMGs .....	65
Figura 27 Adição de sal para simulação de carga.....	65
Figura 28 Controle dos níveis de carga .....	66
Figura 29 - Gráfico da Potência(W) do GMG 01.....	66
Figura 30 - Gráfico da Potência(W) do GMG 02.....	67
Figura 31 - Gráfico de Tensão(V) e Corrente(A) dos GMG1 e GMG2.....	67
Figura 32 - Radiador do grupo gerador .....	69

Figura 33 - Tampa do reservatório do radiador .....	70
Figura 34 - Vareta de inspeção do nível de óleo lubrificante .....	70
Figura 35 - Limites da vareta de inspeção do óleo lubrificante .....	71
Figura 36 - Indicador de Combustível do Tanque .....	71
Figura 37 - Indicador de manutenção do filtro de ar .....	72
Figura 38 - Pontos de Conexão dos Cabos na Contatora da USCA .....	72
Figura 39 - Polos da Bateria de Partida .....	73
Figura 40 - Módulo DSE8610 indicando a tecla STOP .....	74
Figura 41 - Módulo DSE8610 indicando as teclas MANUAL e START .....	74
Figura 42 - Módulo DSE8660 indicando a tecla STOP .....	75
Figura 43 - Módulo DSE indicando as teclas MANUAL e START .....	76

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
DAELT	Departamento Acadêmica de Eletrotécnica
DSE	Deep Sea Eletrônica
GMG	Grupo Motor Gerador
QTA	Quadro de Transferência Automática
RET	Regulador Eletrônico de tensão
TC	Transformadores de Correntes
USCA	Unidade de Supervisão de Corrente Alternada
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
RPM	Rotações por minuto



## SUMÁRIO

<b>1</b>	Introdução.....	20
<b>1.1</b>	Problemas e Premissas.....	20
<b>1.2</b>	Objetivos .....	21
1.2.1	Objetivo Geral .....	21
1.2.2	Objetivo. Especifico.....	21
<b>1.3</b>	Justificativa.....	21
<b>1.4</b>	Organização do trabalho .....	22
<b>2</b>	Fundamentação Teórica.....	23
2.1	Motor Diesel.....	23
2.1.1	Princípio de Funcionamento .....	24
2.1.2	Partes Principais do Motor Diesel.....	27
2.2	Alternador Trifásico.....	37
2.2.1	Conceito Básico.....	37
2.2.2	Características Elétricas e Construtivas .....	38
2.2.3	Princípio de Funcionamento .....	39
2.2.4	Partes Principais.....	39
2.2.5	Procedimentos de Operação do Alternador.....	42
2.3	USCA – unidade de supervisão de corrente alternada.....	44
2.3.1	USCA de Grupo .....	44
2.3.2	USCA de Rede.....	45
2.3.1	Princípio de Funcionamento .....	46
2.3.2	Partes Principais.....	47
2.4	QTA .....	48
2.4.1	Transferência Aberta .....	49
2.4.2	Transferência Fechada com Rampa de Carga .....	50
<b>3</b>	Desenvolvimento .....	52
<b>3.1</b>	Organizacao e Limpeza.....	52
<b>3.2</b>	Identificação do Objeto de Estudo.....	53
3.2.1	Motor Diesel MWM D229/3 .....	53
3.2.2	Alternador Trifásico Cramaco G2R 200SA/4 Brushless.....	54
3.2.3	Unidade de Supervisão de Corrente Alternada.....	54
3.2.4	Quadro de Transferência Automática .....	57
<b>3.3</b>	Definição dos Procedimentos de Interligação .....	59

<b>3.4</b>	Definição dos Materiais Necessários.....	59
<b>3.5</b>	Execução das Interligações entre USCAs e QTA .....	60
3.5.1	Interligação de Comunicação.....	60
3.5.2	Interligação de Potência.....	61
<b>3.6</b>	TestaANDO a Operacionalidade do Sistema.....	62
3.6.1	Correção do Sistema de Pré Aquecimento .....	63
3.6.2	Testes de Comissionamento.....	63
<b>4</b>	Manual de Operação .....	69
<b>4.1</b>	Verificações Iniciais de segurança .....	69
4.1.1	Nível de Água do Radiador .....	69
4.1.2	Nível de Óleo Lubrificante .....	70
4.1.3	Inspeção Visual GMG .....	71
4.1.4	Conexões Elétricas .....	72
<b>4.2</b>	Partida e Parada do GMG em Modo Manual a Partir da USCA.....	73
<b>4.3</b>	Partida e Parada dos GMGs em Modo Manual a Partir do QTA .....	75
<b>4.4</b>	Princípio de Funcionamento do Sistema em Modo Automático .....	76
4.4.1	Partida e Parada por Falha de Rede.....	76
<b>5</b>	Procedimentos de Manutenção .....	78
<b>5.1</b>	Partida Automática Programada .....	78
<b>5.2</b>	Manutenção Preventiva.....	78
5.2.1	Teste Semanal do Grupo Gerador .....	78
5.2.2	Manutenção Diária .....	79
5.2.3	Manutenção Semanal/Mensal.....	80
5.2.4	Manutenção a cada 250 Horas .....	80
<b>5.3</b>	Itens de Verificação.....	81
5.3.1	Radiador.....	81
5.3.2	Filtro de ar .....	82
5.3.3	Filtro de óleo lubrificante .....	82
5.3.4	Tanque de óleo diesel.....	82
5.3.5	Verificação do nível de óleo lubrificante .....	82
5.3.6	Troca de óleo lubrificante e filtros .....	83
5.3.7	Verificação da tensão nas correias .....	83
<b>6</b>	Conclusão.....	84
	Referências .....	85

Apêndice A .....87  
Apêndice B .....93



## 1 INTRODUÇÃO

Os grupos Motor Gerador podem ser utilizados como fonte de energia auxiliar ou principal. Na maioria das vezes operam em conjunto com a concessionária de energia elétrica, seja devido a um aumento de consumo, operações de emergência ou sua aplicabilidade na redução de custos. As fontes de energia elétrica de emergência garantem a confiabilidade necessária para diversos seguimentos de atividades, especialmente aqueles ditos essenciais, para os quais as interrupções de fornecimento podem significar prejuízos não apenas financeiros.

Este trabalho visa documentar os procedimentos de operação e as rotinas de manutenção de um sistema de geração de energia independente.

### 1.1 PROBLEMAS E PREMISSAS

A UTFPR dispõe de um sistema de geração auxiliar, alocados no ambiente G003 adquiridos para fins didáticos, que não está sendo utilizado pelo Departamento Acadêmico de Eletrotécnica – DAELT por falta de recursos. A instalação adequada da tubulação de gases, isolamento acústico com relação à vizinhança da sala de máquinas e também as melhorias na condição de operação e manutenção viabilizaram sua utilização. A instalação e elaboração de um manual de operação, bem como um procedimento para manutenção do sistema de grupo gerador, poderá contribuir com as aulas relativas a geração de energia. Como exemplo temos, máquinas elétricas, manutenção de sistemas elétricos industriais, gerência da manutenção, conservação de energia dentre outros.

Mesmo sem a infraestrutura adequada para a utilização definitiva é importante ressaltar que os procedimentos de manutenção e operação devem ser realizados com frequência para que não haja comprometimento do estado do Grupo Motor Gerador e acessórios.

Cabe salientar que a documentação existente sobre este sistema é pouco elucidativa no sentido de instalar, operar e manter o sistema em condições de operação para o fim que se destina.

Os principais problemas encontrados são:

- Falta do manual de operação;
- Falta de uma orientação para manutenção preventiva e corretiva;
- Ambiente de instalação em condições precárias para operação;

- Falta de ventilação adequada para refrigeração do sistema;
- Falta de um sistema de exaustão de ar quente e gases.

Diante do exposto surge a seguinte questão fundamental que norteia este trabalho: Como tornar este sistema de geração adequado para utilização didática nas aulas dos cursos de tecnologia e engenharia do DAELT?

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do trabalho é documentar e implementar um manual de operação e descrever um procedimento de rotina para manutenção dos Grupos Motor Gerador do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Câmpus Curitiba, afim de viabilizar a correta utilização dos equipamentos.

### 1.2.2 Objetivo. Especifico

- Identificar o objeto de estudo através de informações gerais dos grupos, como exemplo, motor, gerador, USCA e QTA;
- Definir os procedimentos de interligação do sistema;
- Definir os materiais necessários para as atividades;
- Executar as interligações dos USCAs e QTA;
- Testar a operacionalidade do sistema;
- Elaborar manual de operação e também estabelecer uma rotina de manutenção.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

No DAELT do Câmpus Curitiba, a implementação e documentação dos grupos de geradores da UTFPR são muito importantes para viabilizar o uso desses equipamentos por alunos de forma didática e, também, para manter as condições recomendadas de manutenção dos equipamentos, visando sua maior vida útil. Grupos Geradores Diesel são equipamentos que demandam alto investimento financeiro, para evitar o desperdício de recursos, certos cuidados com o manuseio e uso devem ser tomados.

Neste trabalho detalharemos as ações necessárias para manter esses equipamentos em funcionamento.

#### **1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO**

Este trabalho será apresentado em seis capítulos, sendo que no primeiro está descrito introdução, objetivos e demais premissas. O segundo capítulo descreve os embasamentos teóricos. Em seguida, no terceiro capítulo, explicaremos como foram os testes de comissionamento, preparativos e os requisitos de segurança para a operação. O quarto capítulo contém o manual de operação. O quinto capítulo contém os procedimentos de manutenção e, por fim, no sexto capítulo, apresentamos os resultados obtidos e a defesa das sugestões propostas.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 MOTOR DIESEL

Apresentam-se considerações que permitem o entendimento do Motor Diesel como fonte de energia mecânica para o acionamento de um alternador trifásico com regulador eletrônico de tensão (RET), para geração de energia elétrica constituindo o conjunto Grupo Motor Gerador, utilizado como fonte de energia principal ou reserva conforme Figura 1.

Motores Diesel são máquinas alternativas, de combustão interna, destinadas ao suprimento de energia ou força motriz de acionamento. Tal nome se deve ao seu inventor Rudolf Diesel, engenheiro francês nascido em Paris, que desenvolveu o primeiro motor na Alemanha, no período de 1893 a 1898. Oficialmente o primeiro teste de um Motor Diesel foi realizado em 17 de fevereiro de 1897, em Maschinenfabrick Augsburg, (Pereira, 2009, p.03).



**Figura 1 - Motor Diesel**  
**Fonte: Autor (2015)**

O Motor Diesel é um tipo de motor de combustão interna, ou seja, um conjunto de componentes que se combinam entre si, com a finalidade de transformar a energia calorífica da combustão da mistura de ar e combustível em energia mecânica. Ocorre que o combustível misturado com o ar inflama dentro da câmara de combustão que fica no cabeçote, movimentando os êmbolos dentro dos cilindros

no bloco do motor. A combustão é o processo químico da ignição de uma mistura de ar e combustível.

Segundo Silva e Barradas (1980, p.214), a potência do motor depende do porte da sua instalação, pois a sua alimentação é feita a partir do alternador que está acoplado ao motor. Como os alternadores utilizados fornecem tensões com frequência constantes para o caso específico de alternadores de 4 polos, a velocidade do motor é regulada conforme a rotação do alternador que pela norma da TELEBRAS é de 1800 rpm para qualquer potência de saída. Com isso, o Motor Diesel fica limitado a uma rotação de 1800 rpm com potência compatível do alternador que deve acionar.

No Motor Diesel temos a queima de combustível feita sem auxílio de velas de ignição, onde a própria compressão do ar nos cilindros provoca o aumento de temperatura suficiente para inflamar o combustível (óleo Diesel). Quanto a sua taxa de compressão, o valor pode alcançar uma relação de até 24:1, tendo como consequência uma maior potência de combustão. Tais vantagens, quando somadas à sua mecânica simplificada e a economia dos gastos de combustível, torna o emprego do Motor Diesel vantajoso em sistemas estacionários.

Em suas aplicações, temos um aproveitamento da energia elétrica, hidráulica e térmica. O Motor Diesel utiliza a energia térmica para transformá-la em energia mecânica pelo processo de combustão interna, e ainda, utiliza o óleo Diesel como elemento combustível a fim de se obter a energia térmica. A sua finalidade no sistema de energia é acionar um gerador de corrente alternada trifásico com acoplamento elástico, constituído Grupo Motor Gerador de corrente alternada.

### **2.1.1 Princípio de Funcionamento**

Os motores de combustão interna, segundo o tipo de combustível que utilizam, são classificados em motores de ciclo Otto e motores do ciclo Diesel; nomes devidos a seus descobridores, Nikolaus A. Otto (1876) e Rudolf Diesel (1893).

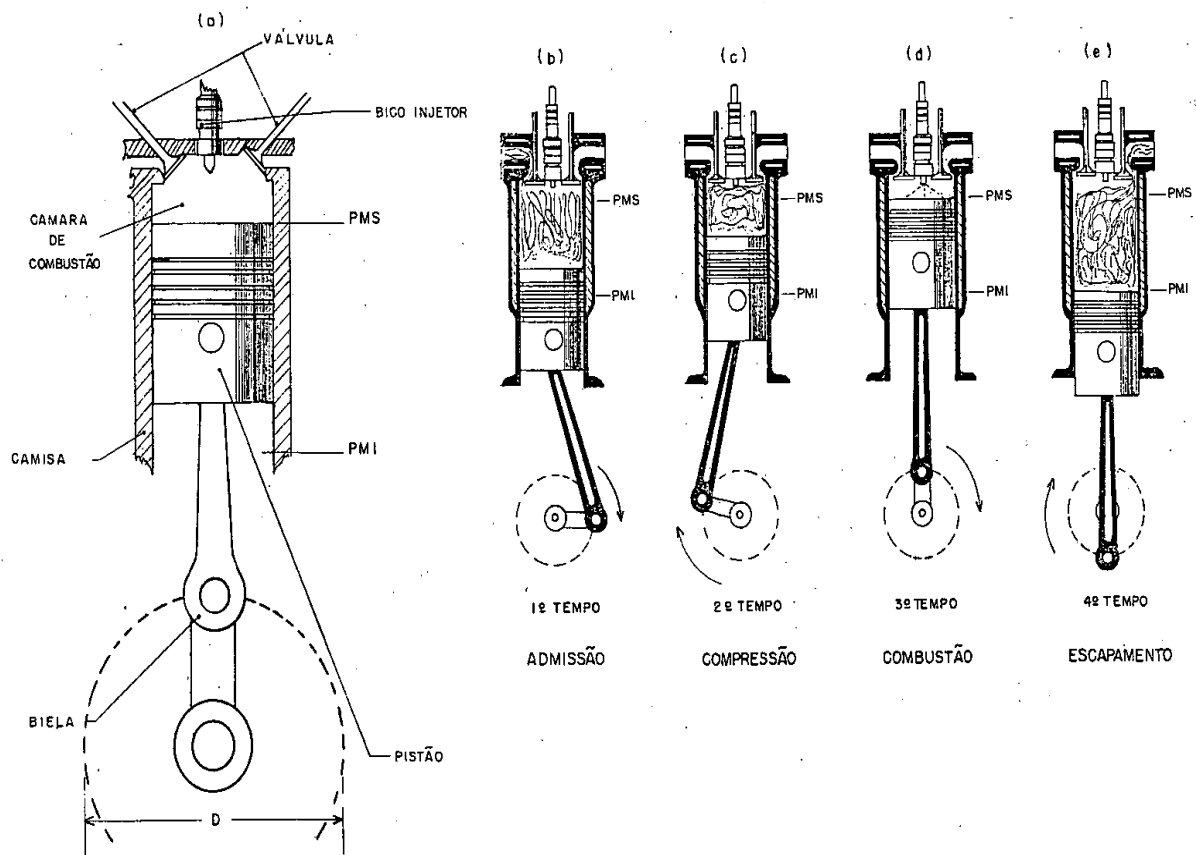
Os motores do ciclo Otto, são aqueles que aspiram à mistura ar combustível preparada antes de ser comprimida no interior dos cilindros. A combustão da mistura é provocada por centelha produzida por vela de ignição. Já os motores do ciclo Diesel aspiram ar que após ser comprimido nos cilindros, recebe o combustível sob pressão superior àquela em que o ar se encontra. A combustão ocorre quando o



combustível entra em contato com o ar aquecido pela pressão elevada. Na maioria dos motores Diesel, é o óleo Diesel que se injeta ao final da compressão do ar. (Pereira, 2009, p.03).

O Motor Diesel é um motor de combustão interna que aproveita a energia térmica de combustão do óleo diesel a fim de transformá-la em energia mecânica sob a forma de rotação de um eixo.

Como exemplo, temos o diagrama de um motor Diesel de quatro tempos na Figura 02.



**Figura 2 - Diagrama Funcional - Motor Diesel de 4 Tempos**  
**Fonte: Silva e Barrada (1980, p. 219)**

Conforme a Figura 02 apresentaremos os tempos de admissão, compressão, combustão e escapamento.

- 1º Tempo: Admissão - Nesta fase, à medida que o pistão se desloca do ponto motor superior (PMS) para o ponto motor inferior (PMI), a válvula de admissão permite a entrada do ar no cilindro para ocupar o volume liberado pelo pistão. Na execução deste movimento o eixo de manivela efetua mais volta. (Detalhe "b" da figura02).

- 2º Tempo: Compressão – Quando o pistão atinge o PMI, a válvula de admissão fecha-se e se inicia a compressão do ar dentro do cilindro pelo deslocamento do pistão na direção do PMS. Ao atingir o PMS, o ar se encontra em uma temperatura elevada, devido à redução rápida do seu volume, pela compressão dada pelo pistão. Esta temperatura é capaz de provocar a inflamação do óleo diesel combustível. O eixo de manivela então completa a primeira volta. (Detalhe “c” da figura 02).

- 3º Tempo: Combustão – Quando o pistão, no movimento ascendente, está próximo do PMS, o sistema de injeção de combustível injeta sob pressão, pelo bico injetor, o óleo diesel sob forma pulverizada, que em contato com a massa de ar aquecida e comprimida, entra em combustão. Com a combustão os gases se expandem e forçam o pistão a se deslocar do PMS ao PMI, obrigando o eixo de manivela efetuar mais meia volta (detalhe “d” da Figura 02).

- 4º Tempo: Escapamento – Após a expansão, depois da combustão, abre-se a válvula de escape para permitir a expulsão dos gases queimados. Isto é feito com o deslocamento do pistão do PMI para o PMS. O eixo da manivela efetua mais meia volta, completando a segunda volta (detalhe “e” da Figura. 02), (Silva e Barradas, 1980, p.218).

Com esta ação, completa-se um ciclo de funcionamento do motor, onde podemos observar os seguintes fatos: o pistão, para executar um ciclo, realiza quatro tempos, sendo dois passando pelo PMS e dois passando pelo PMI, o que caracteriza a denominação do ciclo de “quatro tempos”; o eixo de manivela realiza duas voltas completas durante um ciclo; A combustão é o único tempo, do ciclo, em que há transformação de energia térmica em mecânica, nos demais há apenas absorção de energia Silva e Barradas (1980, p.220).

No motor Diesel de quatro tempos, observa-se no seu ciclo que no processo de produção de energia térmica somente o ar é admitido, quando ocorre a injeção do óleo Diesel combustível pulverizado na atmosfera de ar comprimido em alta temperatura. O óleo Diesel possui inúmeras vantagens se comparado a outros combustíveis como a gasolina, por exemplo, e têm tido um emprego bastante acentuado nos sistemas onde há necessidade de geração de força motriz de maneira econômica.

Entende Pereira (2009, p. 6), que durante os quatro tempos ou duas rotações transmitiu-se trabalho ao pistão só uma vez. Para fazer com que as

válvulas de admissão e escapamento funcionem corretamente, abrindo e fechando as passagens nos momentos exatos, a árvore de comando de válvulas gira a meia rotação do motor, completando uma volta a cada ciclo de quatro tempos.

Ressalta-se que, além do motor de quatro tempos, existem os de dois tempos que combinam uma volta do eixo de manivelas, todas as funções de um motor de quatro tempos. O primeiro tempo compreende admissão e escape e no segundo compressão e combustão.

Há vantagens e desvantagens para os motores de dois tempos. Dentre as vantagens, o motor de dois tempos com o mesmo dimensionamento, resulta em uma maior potência do que o motor de quatro tempos e o torque é mais uniforme. A desvantagem é que o motor de dois tempos consome mais combustível, onde a carga calorífica consideravelmente mais elevada que no motor de quatro tempos, de igual dimensionamento.

Como visto, os ciclos do motor são considerados tempos mecânicos, ou seja, o conjunto de fases sucessivas necessárias para transformar a energia térmica pela queima do combustível em energia mecânica. Com isso, no ciclo do motor a quatro tempos, entende-se que há duas rotações da árvore de manivelas, quando ocorre quatro cursos do pistão de uma só vez para fazer com que as válvulas de admissão e escapamento funcionem corretamente. Para o motor de dois tempos, ocorre apenas uma rotação da árvore de manivelas, ou seja, dois cursos do pistão. Não há exaustão e admissão, o que ocorre é a expansão dos gases residuais, através da abertura da válvula de escape ao fim do curso do pistão. Ainda, há a substituição da exaustão pelo percurso com o ar comprimido, o fechamento da válvula, e o curso do motor é reduzido.

### **2.1.2 Partes Principais do Motor Diesel**

- Componentes estacionários: Bloco, cabeçote e Cáster;
- Componentes Móveis: Pistão, biela, eixo de manivela e comando de válvulas;
- Suporte de eixos: Mancais e rolamentos;
- Sistemas auxiliares: Combustível; lubrificação; arrefecimento; admissão de ar; elétrico (partida); e escape.

### 2.1.2.1 Componentes Estacionários

Destinados ao acionamento de máquinas estacionárias, tais como Geradores, máquinas de soldas, bombas ou outras máquinas que operam em rotação constante.

Silva e Barradas (1980, p 229), descreve os componentes estacionários:

- **“Bloco motor:** é a parte do motor onde se alojam os cilindros, o eixo da manivela e o eixo de comando de válvula. Pode ser feito em ferro fundido ou em blocos de ligas de material leve. Nele estão usinados os furos para a colocação dos cilindros e o alojamento para as partes móveis do mecanismo do motor serve também como proteção das peças móveis e se constitui no maior e mais pesado elemento do motor.
- **Cabeçote:** se localiza na parte superior do bloco motor e contra ele os pistões comprimem o ar. Para sua fabricação é usado o mesmo material utilizado no bloco, podendo ser no tipo monobloco ou individual. Tais detalhes variam de acordo com o fabricante. Para permitir a fixação do cabeçote no bloco do motor, coloca-se entre eles uma junta de material elástico, capaz de impedir vazamento.
- **Carter:** compõe a parte inferior do motor, destinado a proteger as peças localizadas nessa parte, além de ser o depósito de óleo lubrificante. Geralmente é feito de ferro fundido e da mesma maneira que o cabeçote, é fixado ao bloco através de uma junta de vedação”.

### 2.1.2.2 Componentes Móveis

As partes móveis, em especial, podem ser agrupadas para formar dois conjuntos, sendo o conjunto de acionamento do eixo da manivela e o conjunto de comando de válvulas.

Na Figura 3, estão reunidos formando um conjunto, o pistão, a biela e o eixo de manivela.

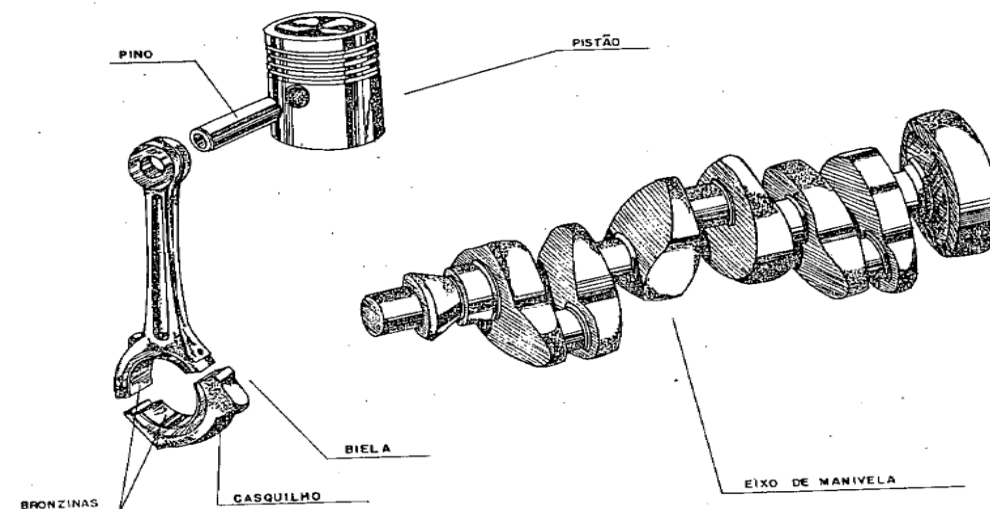


Figura 3 - Conjunto de Acionamento do Motor  
Fonte: Silva; Barradas (1980, p. 231)

Silva e Barradas (1980, p. 231, 232 e 233), descreve os componentes móveis:

- **Pistão:** é a peça móvel da câmara de combustão e sobre ele atua a força de expansão dos gases ocasionando um movimento retilíneo de cima para baixo, o qual se transforma em movimento rotativo pelo eixo de manivela. Em sua maioria é feito de liga de alumínio.
- **Biela:** A biela é ligada ao pistão por um pino, sendo o eixo de manivela acionado durante o ciclo de funcionamento do motor. As bronzinas são as partes em contato direto com o eixo. São feitas de material capaz de resistir ao atrito, pois suportam o eixo em movimento. Na sua maioria, são feitas de liga de bronze. O casquilho é uma braçadeira que serve para prender as bronzinas ao eixo, na parte inferior da biela. A biela é responsável pela transformação do movimento retilíneo do pistão no movimento rotativo do eixo da manivela.
- **Eixo de manivela:** Caracteriza pela transformação de energia térmica em mecânica, através de sua rotação. Trata-se do maior eixo do motor, se localiza na parte do bloco, sendo apoiado mecanicamente nele através de mancais de rolamento elemento de rolamento nas suas extremidades. Normalmente é feito de aço temperado. Para o bom funcionamento do motor, está no desempenho mecânico atribuído ao eixo da manivela. A sua fixação no bloco e na biela não pode apresentar folga excessiva que possa provocar uma vibração maior visando o bom funcionamento do motor.
- **Comando de válvulas:** Para a sequência correta nos tempos do motor diesel é necessário um sincronismo entre o movimento dos pistões, eixo de manivela e as válvulas de admissão e escape.
- **Eixo de comando de válvulas:** a sua função básica é acionar as válvulas de admissão e escape nos tempos corretos. Com isso, recebe o movimento do eixo da manivela, denominado de eixo virabrequim, por meio de uma engrenagem redutora e de ressaltos especiais, executando assim, a movimentação das válvulas.
- **Acionamento de válvulas:** a movimentação das válvulas é comandada pelo eixo de comando de válvulas, sendo necessário um dispositivo para acionamento. Os balancins são peças móveis sustentadas por um eixo, que transfere para as válvulas o movimento de haste que desliza sobre os ressaltos do eixo de comando. Para cada pistão existem dois balancins comandando individualmente as válvulas de admissão e escape.

### 2.1.2.3 Suporte de Eixos

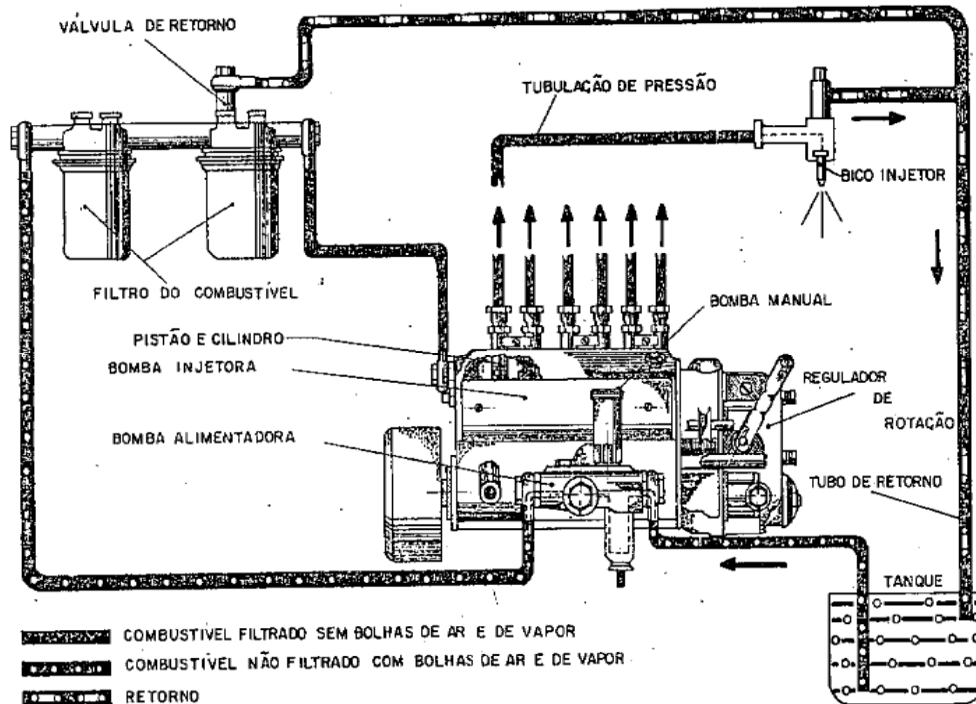
- **Mancais:** o seu emprego visa, principalmente, a redução de do atrito e do desgaste da peça do motor. São feitos com material de dureza inferior ao das peças móveis e apresentam, na face de contato, um coeficiente de atrito muito baixo.
- **Rolamentos:** é um grupo de dispositivos utilizados para suportar eixos girantes. Utilizam uma peça sobre esferas rolantes, engastadas em uma parte fixa. São utilizados para eixos pesados ou em máquinas onde é possível a lubrificação externa. É pouco utilizado em motores diesel (Silva e Barradas, 1980, p. 233).

### 2.1.2.4 Sistemas Auxiliares

Sistemas auxiliares são dispositivos complementares para um bom funcionamento dos motores Diesel.

### 2.1.2.4.1 Sistemas Combustíveis

De acordo com Silva e Barradas (1980, p.234) o sistema de combustível é responsável pela alimentação do óleo Diesel para cada cilindro do motor. Este sistema compreende tanque de combustível, tubulação de alimentação, retorno de combustível, além de bomba de alimentação e filtro de linha.



**Figura 4 - Sistema de Combustível para Motores Diesel**  
 Fonte: Silva; Barradas (1980, p. 234)

Através da Figura 4 verifica-se que inicialmente o combustível é aspirado pela bomba manual alimentadora que tem a função de filtrar as partículas maiores de impurezas que possam se apresentar no óleo combustível.

A válvula de retorno elimina o excesso de combustível fornecido pela bomba alimentadora através do tubo de retorno, assim o excesso de combustível retorna ao tanque de combustível. Quando o motor está parado, pode-se enviar óleo combustível para a bomba injetora, por meio de um dispositivo manual (êmbolo), existente na bomba alimentadora.

A bomba injetora envia o combustível sob pressão aos bicos injetores, para pulverizar o óleo no momento de injeção na câmara de combustão de cada cilindro. Essa bomba é indispensável para o funcionamento do motor, vez que efetua o controle da quantidade de combustível injetado nos cilindros. O seu acionamento é

feito através de engrenagem acoplada ao eixo de manivelas do motor.

O mecanismo regulador de rotação atua automaticamente, quando o motor está em funcionamento, visando alterar o débito de combustível de modo a manter a rotação constante para as variações das cargas. Dentre os reguladores usados estão os pneumáticos e centrífugos.

Conforme a NBR 14664 (2001 p.3 e 5) nos casos normais de motores, que operam com a rotação variável, o regulador permite que o motor trabalhe dentro das faixas de rotação prescritas pelo fabricante, não ultrapassando a permissão máxima. Nos motores estacionários de rotação constante, eles mantêm a rotação do motor dentro das tolerâncias exigidas pelo alternador 60Hz.

Os bicos injetores, localizados nos cabeçotes, são usados para injetar o combustível na câmara de combustão por meio de pequenos orifícios, durante o movimento ascendente do êmbolo correspondente da bomba injetora, os bicos injetores são constituídos por um mecanismo, que impede a passagem do combustível abaixo de determinada pressão, formado por uma mola de pressão, atuando sobre um elemento de vedação.

Para Pereira, (2009, p.21 e 22), os motores que usam o sistema de injeção direta, o combustível é injetado diretamente sobre a cabeça do pistão. Nesse sistema, a alta pressão da expansão dos gases atua contra a cabeça do pistão de forma violenta, tornando o motor bastante barulhento e trepidante. As suas vantagens constituem na partida rápida, maior torque e maior economia de combustível em relação aos motores de mesma potência que usam injeção indireta.

Nos casos de injeção indireta, onde a câmara de combustão está dividida em duas partes intercomunicáveis, os bicos injetores são projetados para trabalho em pressões mais baixas, na faixa de 80 a 150 kgf/cm<sup>2</sup>.

#### 2.1.2.4.2 Sistema de Lubrificação

Silva e Barradas (1980, p. 237), entende que a lubrificação nos motores diesel se estende a todas as peças móveis passíveis de desgaste por atrito, sendo composto basicamente de um depósito de óleo lubrificante, uma bomba, filtros de purificação, tubulações e válvulas de pressão.

O sistema de lubrificação no motor diesel atua no sentido de reduzir ao mínimo as perdas de potência por atrito. Nos motores diesel, empregados em

grupos geradores, o sistema de lubrificação é feito de maneira forçada, uma vez que a circulação do lubrificante é feita sob pressão por uma bomba. O óleo depositado no cárter do motor é aspirado por uma bomba de engrenagens e levado sob pressão ao filtro, de onde é distribuído para os diversos pontos do motor. Para manter a circulação do óleo lubrificante, durante o funcionamento do motor, uma tubulação de retorno leva o óleo ao Carter após passar pelo filtro de distribuição. O acionamento da bomba é feito por transmissão de engrenagens, comanda pelo eixo de manivela, e da mesma forma que no sistema de combustível, existe um filtro para retirar a impurezas que possam se encontrar misturadas ao óleo lubrificante no Carter. Para controle de pressão do óleo lubrificante, durante o funcionamento do motor, existe um manômetro intercalado na tubulação de distribuição. O óleo contribui para o arrefecimento do motor a circular por área de atrito intenso. O óleo de lubrificação atua também como líquido refrigerante.

Pereira (2009, p. 40), afirma que o óleo lubrificante está para o motor assim com o sangue está para o homem, e a característica mais importante a se considerar é a sua viscosidade. O lubrificante deve apresentar qualidades, como fluir satisfatoriamente nos locais de temperatura mais baixas (Carter, bomba e filtros); manter as suas características nos locais de altas temperaturas (corpo do pistão); satisfazer com segurança as exigências de viscosidade em todos os locais onde o motor exige a ação lubrificante; manter de forma continuada, e sem perdas apreciáveis, as qualidades estabelecidas pelo fabricante; sofrer o mínimo de oxidação por efeito das altas temperaturas; evitar a formação de ácidos que causem a corrosão das partes metálicas lubrificadas.

Na prática, os produtores de lubrificantes oferecem óleos com aditivos que garantem resistência à oxidação e ao índice de viscosidade para serem usados especialmente em motores Diesel. Para cada tipo de motor e condições de trabalho, os fabricantes recomendam um tipo de óleo a ser utilizado.

Contudo, a principal finalidade do sistema de lubrificação do motor Diesel é reduzir o atrito entre as peças que trabalham com movimentos rotativos. Ocorre, entretanto que além de desempenhar sua função principal, o lubrificante acaba desempenhando funções secundárias de particular importância para o motor, entre elas destacam-se, resfriamento, limpeza e também a função de amortecer choques ou contato metálicos entre as partes.



#### 2.1.2.4.3 Sistema de Arrefecimento

Os motores devem ser providos de um sistema de pré-aquecimento da água de arrefecimento, capaz de manter a temperatura do bloco do motor dentro da faixa recomendada pelo fabricante, comandado automaticamente por dispositivos controladores de temperatura NBR 14664 (2001 p.5 e 6).

O desenvolvimento de calor faz parte do ciclo de funcionamento do motor. A finalidade do sistema de arrefecimento é absorver o excesso de energia térmica produzida durante a combustão. Um mau funcionamento deste sistema pode ocasionar sérios danos no motor, inclusive fundir o seu bloco. Os três elementos básicos do sistema de arrefecimento a líquido são o radiador, a bomba de água e a válvula termostática. Nos motores Diesel o líquido utilizado é a água tratada (desmineralizada) com uma mistura antioxidante, a fim de impedir que se formem crostas ferruginosas nas partes por onde há circulação.

Entende-se que o sistema de arrefecimento é responsável pela troca de calor do motor com o meio ambiente, regulando sua temperatura de trabalho. Com isso, o bom funcionamento do sistema de arrefecimento do motor é de suma importância, pois a desempenho e a vida dos componentes internos e consumo de combustível, são afetados quando o motor opera fora da faixa de temperatura.

#### 2.1.2.4.4 Sistema de Partida e Parada

Os dispositivos usuais de partida para motores diesel utilizam equipamentos elétricos, pneumáticos, molas ou manuais. Para qualquer um dos processos, o objetivo é fazer atuar uma força de torção no eixo de manivelas para se processar a movimentação dos pistões e demais órgãos de funcionamento do motor (Pereira, 2009, p.45).

O motor de arranque elétrico é normalmente um motor de corrente contínua alimentado através de um conjunto retificador. Quando ligado, aciona o eixo de manivela do motor, iniciando o seu movimento de rotação, que é o seu ponto de partida para funcionar. Após a ocorrência do primeiro-ciclo de combustão, o eixo de manivela passa a ter o seu acionamento feito pelo aproveitamento da energia térmica. Com a continuidade do processo, o motor entra em regime contínuo. Para que o motor de partida não seja danificado, no instante em que o motor diesel inicia o seu regime normal de funcionamento, ele é desligado do conjunto, sendo este

desligamento mecânico ou elétrico.

A NBR 14664 (2001 p.5) estabelece que a parada do motor diesel seja feita por um comando mecânico externo localizado na bomba injetora interrompendo a passagem de Diesel

#### 2.1.2.4.5 Sistema de Admissão de Ar

O ar é necessário para os motores de combustão interna, uma vez que sem ele não seria possível a inflamação do gás. Com isso, temos como destaque dos componentes principais o filtro, pois além de permitir a canalização do ar para os cabeçotes, o sistema elimina as impurezas para evitar seu efeito abrasivo sobre o cilindro e câmara de combustão. O processo de purificação do ar pode utilizar filtros do tipo seco ou úmido, ou ainda uma combinação deles (Silva e Barradas ;1980, p.242).

Com isso, o sistema de ar é planejado para suprir o motor de ar limpo (oxigênio), e em quantidade que garanta o melhor rendimento do combustível durante seu funcionamento. O circuito envolve a admissão do ar, filtragem, participação na combustão e exaustão para o meio exterior. Há três tipos de sistema mais usuais em motores Diesel, o sistema de aspiração natural, o sistema turbo alimentado e o turbo alimentado com pós arrefecimento (aftercooler).

No sistema de aspiração natural, o ar é admitido para dentro do cilindro pela diferença de pressão atmosférica, provocada pela sucção decorrente do movimento descendente dos pistões, passa pela filtragem, caminha através do coletor de admissão e alcança a câmara de combustão. Após a combustão, os gases resultantes da queima são empurrados pelos pistões através do coletor de escape para o meio exterior.

No sistema turbo alimentado, o turbo compressor tem a função de comprimir fazendo caber mais massa de ar dentro do mesmo volume das câmaras de combustão, e isto, conseqüentemente, favorece a combustão de mais combustível, gerando mais potência e torque do motor. Dentre as características deste sistema, temos a possibilidades de um motor pequeno ter a mesma potência que um motor muito maior.

No sistema turbo alimentado com pós arrefecimento, o ar comprimido sai da carcaça do compressor muito quente, por causa dos efeitos do compressor, turbina

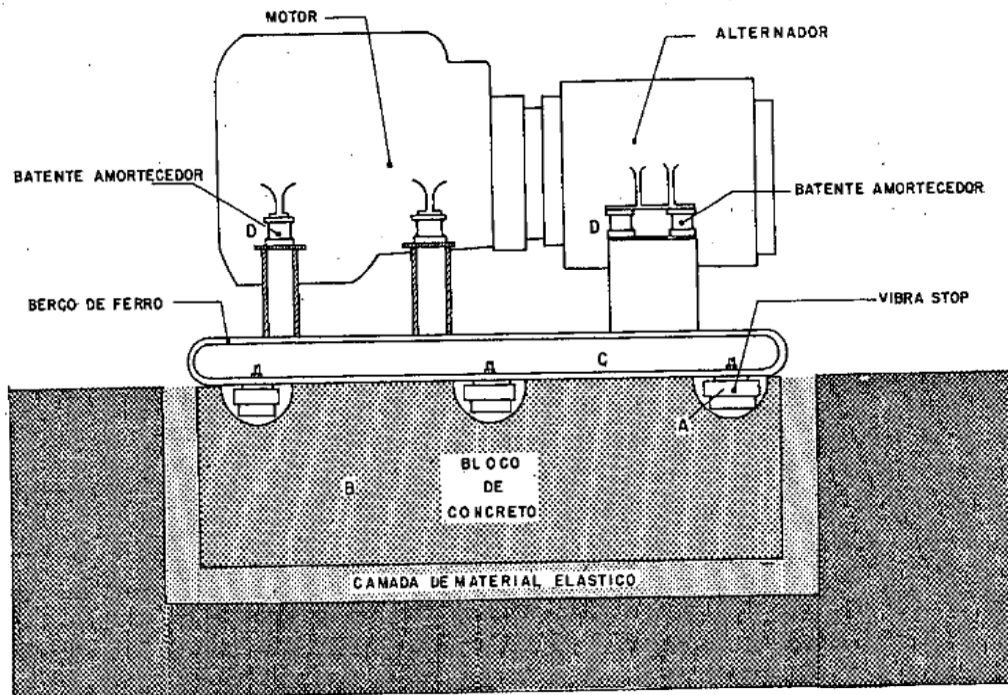
e do atrito. O calor provoca a expansão dos fluidos diminuindo a sua densidade. Com isso, torna-se necessário fazer com que o ar se resfrie antes de ser recebido pelas câmaras de combustão do motor. A temperatura reduz, e o ar admitido fica ainda mais denso quando entra na câmara. O cooler também ajuda a manter a temperatura baixa dentro da câmara de combustão.

#### 2.1.2.4.6 Sistema de Escape

O sistema de escape está ligado com a retirada da câmara de combustão dos gases queimados, a fim de recolher tais gases e encaminhá-los para um ponto onde possam ser expelidos. O coletor recolhe de cada cilindro do motor os gases queimados, após a abertura da válvula de escape, em alta temperatura. O material utilizado no coletor deve suportar altas temperaturas, normalmente é feito de ferro fundido ou do mesmo material do cabeçote. Do coletor, os gases queimados são levados para a tubulação de escoamento (caixa de fumaça), onde é feito o seu lançamento no ambiente externo através do tubo de escape. (Silva e Barradas; 1980, p. 244).

O sistema de descarga dos gases de escape do motor deve ser constituído de coletor de descarga, tubo flexível para isolamento da vibração e silencioso NBR 14664(2001, p.5).

Nesse sentido alguns cuidados devem ser tomados com o motor Diesel nos grupos geradores. As conexões do coletor de escape com a tubulação instalada rigidamente, deverá ser feita com uma peça de conexão flexível na saída do turbo - alimentador do motor, a fim de compensar as vibrações e a expansão térmica. Conforme a Figura 5, na base do motor devem ser instalados amortecedores de borrachas (vibra stop) ou de molas essas são dimensionadas pelo fabricante em função do peso e frequência de trabalho do motor.



**Figura 5 - Base de Instalação de Grupo Gerador**  
 Fonte: Silva; Barradas (1980, p. 246)

Os efeitos da vibração sonora, provocada pelo funcionamento do motor, nos equipamentos são desprezíveis, contudo há preocupação de se colocar isolamento acústico adequado na construção de prédios. No caso dos grupos geradores tal proteção é feita levando-se os gases do escapamento do motor a um ponto externo ao prédio.

## 2.2 ALTERNADOR TRIFÁSICO

Segundo Maciel e Coraiola (2010, p53), os alternadores são máquinas síncronas que podem executar o processo de conversão de energia em ambos os sentidos, ou seja, ora convertendo energia mecânica em energia elétrica (Gerador Elétrico), ora convertendo energia elétrica em energia mecânica (Motor elétrico).

### 2.2.1 Conceito Básico

O alternador trifásico é destinado a converter energia mecânica em energia elétrica fornecendo corrente alternada sob tensão e frequência fixas. A transformação de energia nos alternadores (Geradores de Corrente Alternadas) fundamenta-se nos princípios conhecidos como Lei de Faraday/Lenz. Esta lei afirma que “quando existe indução magnética, a direção da força eletromotriz induzida é tal, que o campo magnético dela resultante tende a parar o movimento que produz a força eletromotriz” Pereira (2009, p.57).

A classificação do alternador é dada pelos diferentes processos de excitação:

- Alternador com excitação estática, a condução da corrente se faz com um par de anéis com escovas montado no eixo do alternador.
- Alternador com excitação Brushless ou sem escovas, onde se tem como excitatriz um gerador de CA montado no próprio eixo do alternador, empregando diodos semicondutores para fornecer corrente diretamente ao campo do alternador, sem a necessidade de escovas.

Na Figura 6 observa-se um alternador acoplado a um motor diesel, formando um conjunto de geração.



**Figura 6 - Grupo Gerador**  
**Fonte: Autor (2015)**

A energia mecânica utilizada pelo alternador é fornecida pelo motor Diesel através de um acoplamento elástico entre seus eixos. Uma das partes do alternador é o elemento rotor que gira a mesma rotação do eixo do motor Diesel (no Brasil padronizada para uma frequência de 60Hz ou 1800 rpm), para induzir, por acoplamento magnético tensão CA nas partes fixas do alternador denominado estator. Além do estator e o rotor tem-se o elemento excitador que é indispensável para o funcionamento do alternador. O excitador é uma fonte de corrente contínua variável, que alimenta o campo de excitação do alternador variando a corrente de excitação deste campo de acordo com a carga, e mantendo a tensão de saída constante.

### **2.2.2 Características Elétricas e Construtivas**

Segundo Pereira, (2009, p.62), na sua característica construtiva o alternador é constituído por duas partes principais, uma fixa, protegido por uma carcaça constituída em ferro fundido, com canais de ventilação, a fim de impedir o aquecimento excessivo no estator, e a outra parte é a parte móvel girante

denominado rotor.

O rotor é onde se encontra a massa girante do alternador, tem seu eixo suportado nas extremidades por rolamentos blindados para diminuir o atrito de rotação. Este conjunto rotativo é equilibrado para impedir que a vibração provocada pelo movimento de rotação alcance valores que coloquem em risco o funcionamento mecânico do sistema.

O excitador ou excitatriz é um gerador de CA, com potência bem menor e funciona da mesma forma que o alternador. As tensões trifásicas que gera, são retificadas, produzindo assim, uma corrente contínua no campo do alternador. As tensões nas fases da excitatriz dependem da corrente contínua de seu campo.

### **2.2.3 Princípio de Funcionamento**

Silva e Barradas, (1980, p.265) esclarece que o princípio de funcionamento dos alternadores trifásicos, está baseado nas leis de Faraday, para a geração de tensões induzidas por fluxos magnéticos.

Um fato importante no funcionamento dos alternadores, é que para iniciar a geração de tensão deve haver um campo magnético. Nos alternadores industriais este campo mínimo, denominado campo remanescente está presente no rotor devido à retenção do magnetismo, pelo material que forma o núcleo das bobinas de campo, por causa de seu funcionamento prévio. No caso de perdas deste campo, é necessário realizar o seu escorvamento. Por isso entende-se a formação de magnetismo inicial nas partes polares, pela aplicação de uma corrente contínua nas bobinas do rotor. Após a aplicação do escorvamento, passa a existir o magnetismo no rotor. Com isso, ao girar o rotor, este campo remanente induz uma tensão inicial no estator.

### **2.2.4 Partes Principais**

A Figura 7 representa as partes principais e os elementos construtivos básicos do alternador trifásico sem escovas.

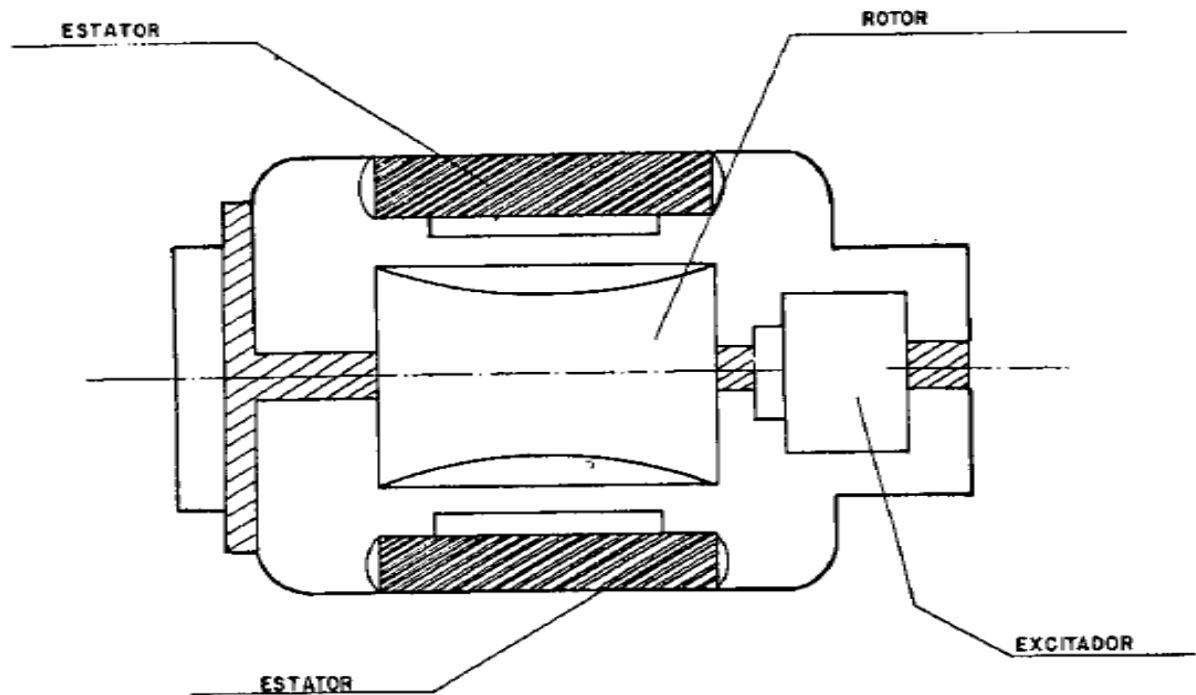


Figura 7 - Partes principais do alternador sem escova  
 Fonte: Silva; Barradas (1980, p. 246)

### 2.2.4.1 Rotor

O rotor é formado pelo conjunto de bobinas de campo, montadas em núcleo de chapas de aço especial (baixo teor de carbono), ligadas entre si de modo a formarem os polos magnéticos. Tem como função básica produzir o fluxo magnético que será utilizado para induzir a tensão no estator. É uma peça móvel da máquina e sofre um rigoroso balanceamento a fim de se evitar vibrações excessivas no eixo do alternador.

### 2.2.4.2 Estator

Para os autores Fitzgerald; Kingsley Jr; Umans, (2006, p175), o estator é constituído de três bobinas defasadas  $120^\circ$  graus mecanicamente, onde as tensões trifásicas de saída são induzidas pelo fluxo magnético CC do rotor. Tais bobinas ficam instaladas em ranhuras alojadas na carcaça da máquina, tendo como núcleo, lâminas de ferro silício ou aço silício.



### 2.2.4.3 Excitatriz

A excitatriz tem como função de alimentar uma corrente contínua nas bobinas do rotor, para formar o campo da máquina. Tal corrente é utilizada para gerar os fluxos magnéticos que formam os polos fixos do alternador.

Pereira, (2009, p.69), entende que para manter a tensão constante de saída do alternador é necessário regular o sistema de excitação. Portanto, é indispensável um regulador eletrônico de tensão. Ao variar a corrente e tensão desse campo, diante de uma determinada carga aplicada ao alternador, será possível manter constante a tensão de saída.

### 2.2.4.4 Regulador Eletrônico de Tensão (RET)

O regulador eletrônico de tensão (RET), similar ao mostrado na Figura 8, tem como função manter a tensão de saída do alternador dentro dos limites especificados para o sistema, na ocorrência de variações de carga. O RET controla o fluxo magnético do campo do alternador através do controle da corrente de campo da excitatriz. Ressalta se que o regulador de tensão, monitora a tensão CA de cada fase na saída do alternador comparando com um valor de referência, com isso, transforma se em um sinal de correção para a excitatriz.

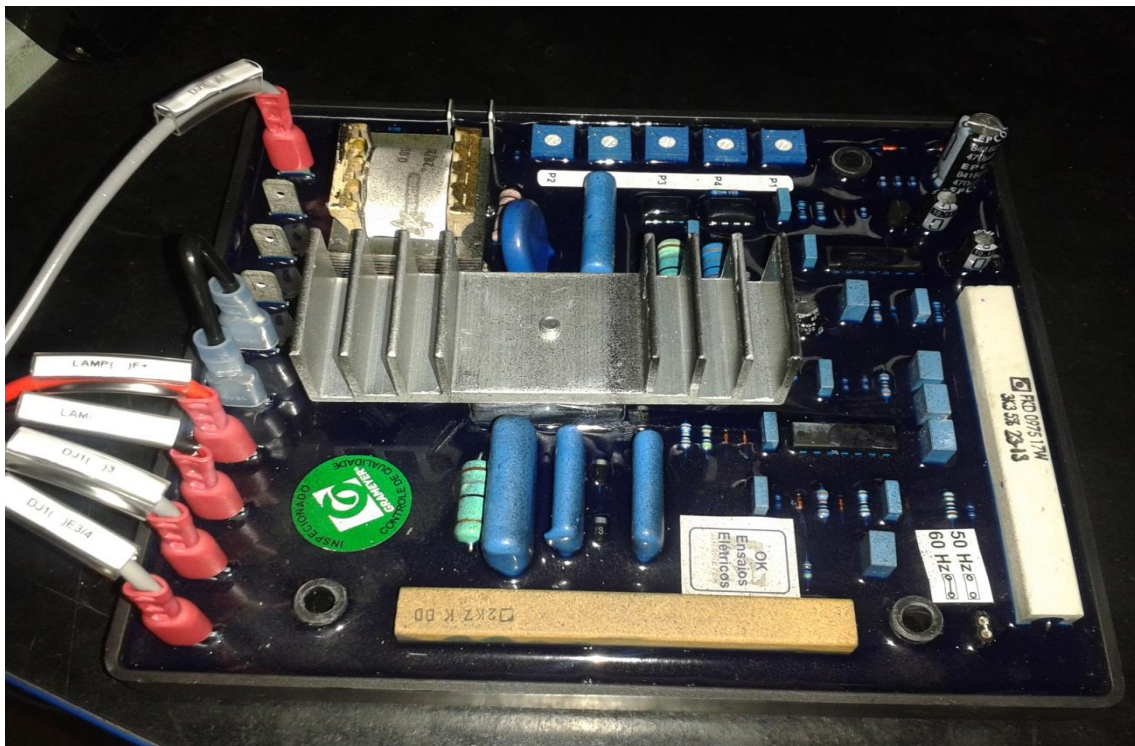


Figura 8 - Regulador Eletrônico de Tensão - RET  
Fonte: Autor (2015)

O regulador de tensão deve ser construído com componentes eletrônicos principalmente circuitos integrados, e devem ser tomadas todas as precauções, tanto de projetos como construtiva, a fim de assegurar total imunidade a ruídos e vibrações que venham a comprometer o funcionamento do regulador NBR 14664 (2001 p.8).

#### 2.2.4.4.1 Procedimentos Operacionais do RET

Quando estão ajustados os valores para o funcionamento adequado dos circuitos eletrônicos, e feitas as conexões elétricas com os terminais da régua de ligações do alternador, o RET desempenha a sua função automaticamente.

É importante observar a sequência das fases marcadas nos terminais do alternador e do RET, para as ligações de saída do alternador, a fim de evitar inversões que impeça o bom funcionamento do sistema. Também é necessário observar a conexão entre a saída do RET e os terminais da bobina de campo da excitatriz.

Ressalta se que a indicação de anormalidade de funcionamento do RET é feita em conjunto com o alternador, depois de uma pesquisa para a localização do defeito.

#### 2.2.5 Procedimentos de Operação do Alternador

Segundo Silva e Barradas, (1980, p.283) o funcionamento do alterador depende da entrada em operação do motor diesel, que em conjunto formam a fonte de CA. Ambos são comandados e supervisionados pela USCA, pois recebem desta, os comandos para ativação e desativação através de sinais para partida e parada de motor.

##### 2.2.5.1 Procedimentos de Ativação do Alternador

Antes do funcionamento inicial ou após um período prolongado sem funcionamento, são necessárias algumas providências, tais como:

- A verificação das ligações entre o alternador e o regulador de tensão e das demais conexões externas de fios e terminais;
- A verificação da condição dos rolamentos.

Ainda, ao se colocar o alternador em funcionamento, após um longo período

sem uso, é necessário verificar a resistência de isolamento dos enrolamentos da armadura, a fim de se certificar o bom funcionamento da máquina.

Com o procedimento acima realizado, deve se acionar o botão de partida do motor, na USCA.

Assim, o motor Diesel entra em funcionamento pelo acionamento do seu motor de partida e transmite ao alternador a rotação de seu eixo através do acoplamento mecânico entre ambos. A verificação das condições normais de funcionamento do alternador, podem ser observadas pelos medidores de tensão, corrente e frequência, que estão localizados na USCA.

### **2.2.5.2 Procedimentos de Desativação do Alternador**

A desativação do alternador é comandada pela USCA, e ocorre com a parada total do motor Diesel. Com isso, as precauções para a desativação do alternador estão previstas para a parada do motor.

Durante o período de desconexão da carga e o equilíbrio da temperatura do motor Diesel, o alternador mantém a geração de tensão CA nos terminais sem debitar corrente ao sistema, fato este observado no painel frontal da USCA.

### **2.2.5.3 Procedimentos de Manutenção do Alternador**

As atividades que visam manter o desempenho do alternador dentro dos padrões especificados, por meio de monitoração dos seus parâmetros ou recuperação de circuitos, constituem a sua manutenção.

### **2.2.5.4 Manutenção Preventiva e Corretiva do Alternador**

Na manutenção preventiva deve se verificar os ruídos anormais, as temperaturas dos mancais, as vibrações anormais no eixo, a elevação de temperatura da máquina e também medida as correntes a fim de verificar o equilíbrio entre as fases, ou constatar se há sobrecarga na máquina.

Já na manutenção corretiva os pontos de falhas no alternador podem ser nos enrolamentos (estator do alternador e rotor da excitatriz), nos rolamentos e no regulador eletrônico de tensão.

## 2.3 USCA – UNIDADE DE SUPERVISÃO DE CORRENTE ALTERNADA

Silva e Barradas, (1980, p.293) define que USCA (Unidade de Supervisão de Corrente Alternada) tem como principal função efetuar o comando, a medição, sinalização e proteção da fonte CA. É composta por um módulo micro processado, o qual tem a função de monitorar os sinais enviados pelos sensores do motor estacionário, as anomalias da rede elétrica e controlar a partida e parada do grupo gerador tanto em modo manual como em modo automático.

Segundo Silva e Barradas, (1980, p.234), para garantir o fornecimento de energia aos consumidores de corrente alternada, a USCA mantém sob seu controle e supervisão cada uma das fontes de CA do sistema. Isto é realizado de forma individual e automática, ou seja, para cada fonte existe um conjunto de circuitos e dispositivos auxiliares, que realizam sua medição, sinalização, comando e proteção. Sua lógica é alimentada pelo sistema de suprimento CC com o intuito de ser mantida ininterruptamente. Isto permite que a unidade monitore as fontes CA disponíveis mesmo na falta da concessionária. Partem dela, por exemplo, os comandos para transferência das cargas para o grupo gerador, bem como o retorno delas para o suprimento da concessionária. Além disso, tanto recebe sinalização dos disjuntores motorizados com pode também comandá-los. Os retificadores também podem ser comandados a partir desta unidade. No caso específico do retificador reserva, por exemplo, a USCA está programada para mantê-lo fora de operação quando o sistema for alimentado pelo grupo gerador. Atualmente existem dois tipos de USCA:

- USCA de grupo: usada em sistemas denominados tipo A, onde as fontes CA são formadas exclusivamente por grupos geradores;
- USCA de rede ou QTA: usada em sistemas denominados tipo B, onde a fonte de CA é formada pela rede comercial tendo grupos geradores como fontes reservas.

### 2.1.1 USCA de Grupo

A USCA de Grupo pode supervisionar e controlar as seguintes variáveis:

- Partida do motor;
- Pressão do óleo lubrificante do motor;
- Ruptura da correia do ventilador de arrefecimento do motor;
- Tensão (V) e frequência (Hz) do alternador;

- Sobrecarga nos consumidores;
- Nível de combustível no tanque;
- Grupo em funcionamento;
- Barramento de saída alimentado;
- Tempo estimado para próxima manutenção;
- Tensão de fase e de linha (V);
- Correntes de fase (A);
- Potência Ativa (kW);
- Potência Reativa (kVAr);
- Potência Aparente (kVA);
- Fator de Potência;
- Rotações por minuto do motor (RPM);
- Energia Ativa (kWh);
- Energia Reativa (kVArh);
- Número de partidas;
- Tempo de funcionamento;
- Tensão na bateria do motor (V);
- Temperatura da água de arrefecimento (°C);
- Códigos de erro conforme falhas apresentadas pelo GMG.

### **2.1.2 USCA de Rede**

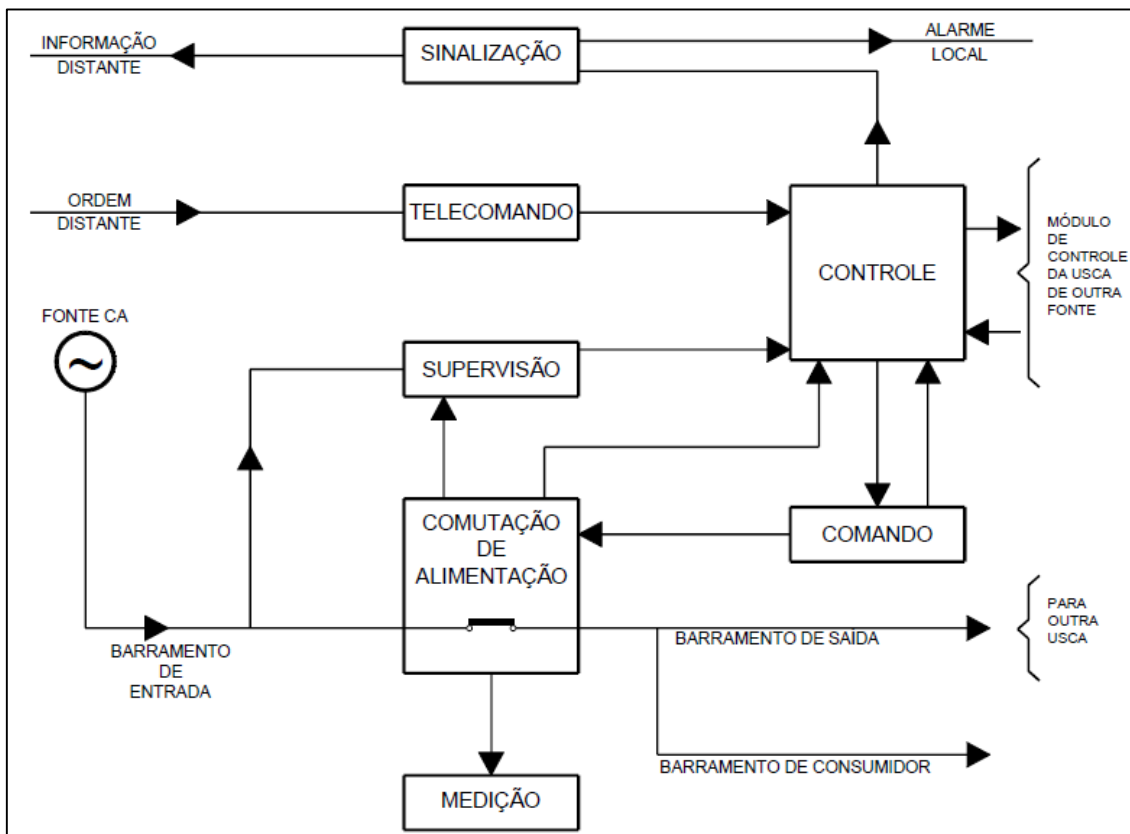
A USCA de rede pode supervisionar as seguintes variáveis:

- Tensão e frequência de rede;
- Sobrecarga nos consumidores.
- Tensão de fase e de linha (V);
- Correntes de fase (A);
- Potência Ativa (kW);
- Potência Reativa (kVAr);
- Potência Aparente (kVA).

Estas variáveis são registradas e sinalizadas de forma visual na USCA e podem ser informadas a um Centro de Supervisão remoto.

### 2.3.1 Princípio de Funcionamento

A principal finalidade da USCA é garantir a alimentação para os diversos consumidores em CA, dentro dos parâmetros estabelecidos de tensão, corrente e frequência. Tanto a USCA de rede ou de grupo podem ser aplicadas para supervisão e controle do desempenho do motor diesel, porém a USCA de grupo além de supervisionar tensão, corrente e frequência, realiza o controle dos eventos ligados ao desempenho do motor diesel.



**Figura 9 - Diagrama de Blocos da USCA**  
 Fonte: Silva; Barradas (1980, p.296)

Na Figura 09 mostra-se que o módulo de controle processa as informações internas e externas, recebendo as informações externas do módulo de controle da USCA de outra fonte CA e efetuando a supervisão da fonte de CA do sistema. Obtendo estes dados, o módulo de controle processa e estabelece juntamente com auxílio do módulo do QTA, a conexão ou desconexão da fonte supervisionada ao barramento de saída e envia informações ao módulo de controle de outra USCA do sistema.

### 2.3.2 Partes Principais

Os módulos de supervisão, controle e comando, através de seus sensores e circuitos, estabelecem o acompanhamento e controle contínuo da qualidade da energia CA fornecida. Também permitem detectar anomalias no motor diesel e na fonte consumidora. Podem ser emitidos sinais de comando de forma automática para a comutação das fontes.

#### 2.3.2.1 Módulo de Supervisão

Tem a função de enviar os dados ao módulo de controle sobre as condições de funcionamento dos equipamentos da fonte CA.

Estes dados são obtidos através de sensores de monitoramento:

- Sensor de tensão CA, que é o responsável pela supervisão da tensão fornecida ao consumidor gera um sinal sempre que o valor de tensão do gerador estiver fora dos limites especificados.
- Sensor de frequência, supervisiona a frequência da tensão de saída da fonte de CA. Tem a finalidade de monitorar as oscilações de frequência ocorridas na fonte emitindo um sinal quando os valores estão fora do especificado.
- Sensor de temperatura do motor, coleta as informações através de um termostato instalado no bloco do motor e envia um sinal elétrico para a USCA sempre que a temperatura do motor atingir o limite de segurança especificado pelo fabricante.
- Sensor de pressão, tem a função de supervisionar a pressão do óleo lubrificante do motor permitindo sinalizar para a USCA os valores de pressão considerados anormais para o funcionamento do motor.

Com base nas informações coletadas pelos sensores que são repassados ao módulo de supervisão, são estabelecidos estados lógicos (níveis de tensão) que indicam ao módulo de controle a existência de defeitos que comprometam o sistema. Caso ocorra alguma anormalidade no alternador, motor ou consumidor ocorre também uma mudança no estado lógico, sendo assim a USCA determina a sequência de operações a serem executadas com base nas anormalidades detectadas.

### **2.3.2.2 Módulo de Controle**

A principal função do módulo de controle consiste em processar os dados recebidos de outros módulos da USCA e definir as saídas que o módulo de comando terá que executar.

Estas saídas se caracterizam conforme as atividades abaixo para cada tipo de USCA:

- USCA de Grupo, conecta e desconecta o grupo em funcionamento ao barramento de saída para manter o grupo em funcionamento. Parti o grupo principal e desabilita a alimentação de CA ao consumidor, e também inicia os procedimentos de partida do grupo reserva, (através do módulo de controle da USCA do outro grupo);
- USCA de Rede, conecta e desconecta a rede do barramento de saída e impede a alimentação de CA ao consumidor, e também inicia os procedimentos de partida do grupo reserva, (através do módulo de controle da USCA do outro grupo).

### **2.3.2.3 Módulo de Comando**

Tem a função de acionar os circuitos de comutação para que o barramento de saída alimentado pela fonte de CA entre em funcionamento. Além disso, o módulo de comando executa a partida e parada do grupo com base nas informações enviadas pelo módulo de controle.

O conjunto de circuitos lógicos caracteriza distintamente as fases de partida do grupo, conexão e desconexão de carga e parada do grupo. O estado destas fases é definido pelo resultado das informações recebidas do módulo de controle.

## **2.4 QTA**

O Quadro de Transferência Automática - QTA é um dispositivo de controle e proteção das fontes CA. Sendo assim, toda instalação que utiliza fonte de energia alternativa, necessita obrigatoriamente de uma chave reversora ou comutadora de fonte, onde seu manuseio é simples e atende às principais especificações industriais. Quando programado para operar em modo automático, faz a comutação



imediatamente à interrupção do sinal externo (rede elétrica) e aciona um relé auxiliar (que faz parte da composição do painel) ativando a partida do Grupo Gerador e reabastecendo através deste, todo o circuito elétrico. Se identificada alguma falha, indiferente ao gênero, o painel efetuará o bloqueio automático objetivando a preservação Grupo Gerador de energia. Para atender a esta função são utilizadas chaves reversoras com comandos elétricos que são constituídas por pares de contatores ou disjuntores motorizados. As chaves reversoras devem possuir intertravamento mecânico por exigência das concessionárias de energia. Adicionalmente nas chaves com acionamento elétrico, são utilizados contatos auxiliares para propiciar o intertravamento elétrico. As concessionárias também exigem que os circuitos devam ser instalados independentemente dos demais e não é permitida qualquer interligação destes circuitos com a rede alimentada por ela.

A não utilização da chave reversor pode causar danos graves às instalações e pessoas como:

- Danificação de equipamentos quando há o retorno da energia fornecida pela concessionária caso o Grupo Gerador esteja operando sem chave reversor e com o disjuntor geral indevidamente ligado;
- Riscos de acidentes envolvendo pessoas e possibilidades de incêndio provocado por descargas elétricas;
- Energização involuntária da rede elétrica da concessionária acarretando danos pessoais.

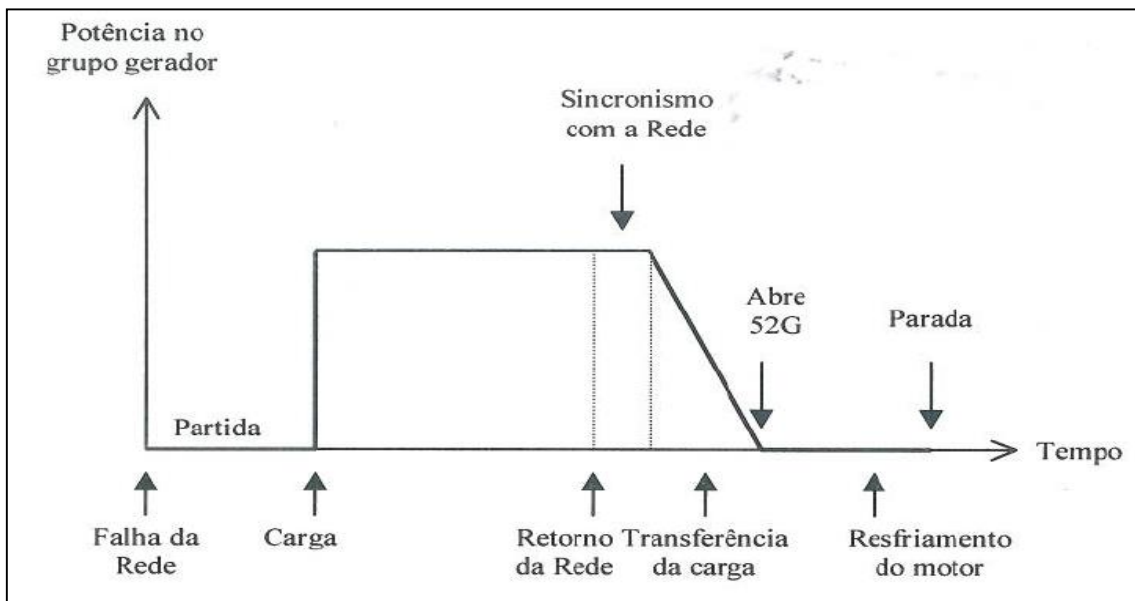
#### **2.4.1 Transferência Aberta**

Neste tipo de transferência, a trava mecânica impede que os dois contatores possam se fechar simultaneamente. Além do mais, as bobinas dos contatores K1 e K2 são intertravadas eletricamente por meio de contatos ou relés auxiliares, desta forma fica impossibilitada a alimentação de uma se a outra estiver energizada. Adicionalmente pode-se acrescentar lâmpadas de sinalização para indicar o estado da chave de transferência. Nos sistemas automáticos, as funções de liga/desliga rede e gerador são executadas por contatos de relés comandados por sistema de controle. Para que o sistema opere de modo automático, é acrescentado sensores de rede que têm a função de detectar as falhas de tensão e frequência e fechar um contato para comando da partida do grupo gerador. Estes sensores

devem permitir ajustes nos seus parâmetros, incluindo o tempo de confirmação da falha de modo a evitar partidas do grupo gerador em decorrência de picos instantâneos de tensão.

#### 2.4.2 Transferência Fechada com Rampa de Carga

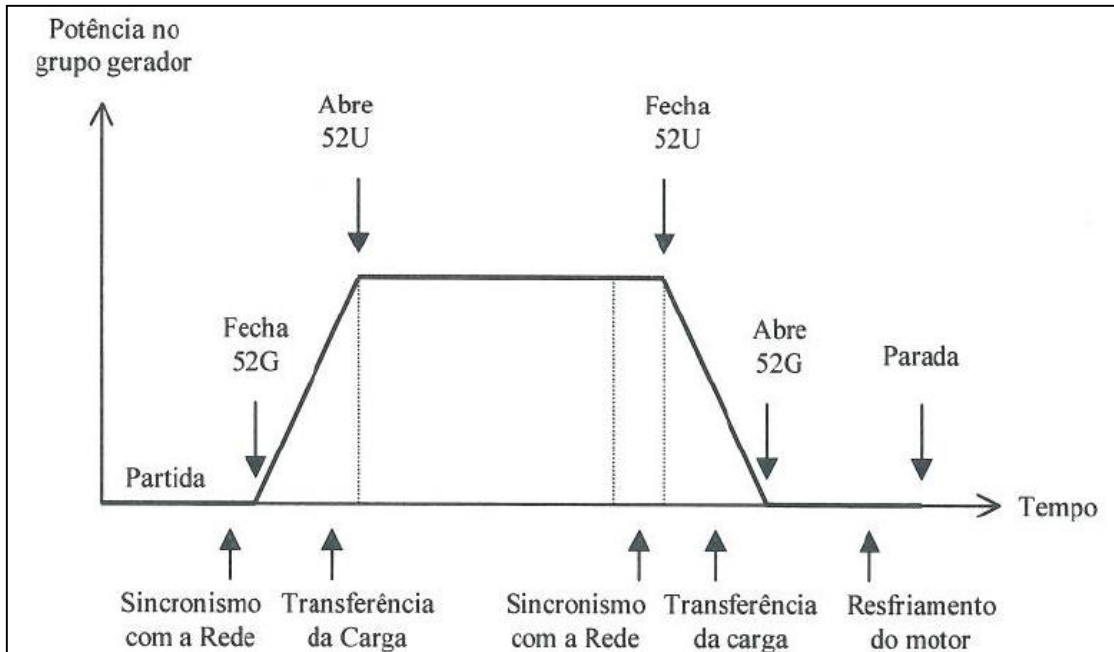
É realizada na condição de transição fechada e em paralelo com a rede durante um determinado tempo. O sistema de transferência monitora, por meio de transformadores de corrente, a energia que circula e atua sobre o sistema de combustível do motor. A transferência é realizada com o sincronismo do grupo gerador com a rede e na sequência comanda o fechamento das chaves de paralelismo (52). O paralelismo controla tensão e frequência do grupo gerador e verifica a sequência de fases. Caso seja detectada uma falha de rede, o grupo gerador é acionado em caráter de emergência, conforme a Figura 10:



**Figura 10 - Rampa de Acionamento do Grupo em Emergência**

Fonte: Pereira; José Cláudio (2006, p. 121)

Caso o grupo gerador seja acionado com a rede presente (horário de ponta), temos a sequência mostrada na Figura 11.



**Figura 11 Acionamento do Grupo em Partida com Rede Presente**  
 Fonte: Pereira; José Cláudio (2006, p. 121)

Desta forma, o sistema supervisiona o fluxo de corrente e mantém a quantidade de combustível para que, no momento do fechamento da chave de paralelismo 52G, o grupo gerador não entre em carga e nem seja acionado pela rede. Uma vez que 52G esteja fechado, tem-se início no processo de transferência de carga em uma taxa que recebe incrementos em kW por segundo sendo que o limite não pode ultrapassar a potência do grupo gerador. O mesmo sistema pode ser utilizado para suprimento de energia, onde o grupo gerador permanece em paralelo com a rede suprindo a energia que exceder à demanda imposta para a rede. O grupo gerador pode ser utilizado em paralelo com a rede para geração de potência reativa (KVAR). Nesta condição, o sistema de controle deverá ser programado para operar sob fator de potência constante e promover a variação da excitação do alternador, gerando potência reativa. Para geração de potência ativa o sistema atua sobre o governador de rotações, controlando a dosagem de combustível, mantendo uma rotação constante e variando a quantidade de kW fornecidos às cargas.

### 3 DESENVOLVIMENTO

#### 3.1 ORGANIZACAO E LIMPEZA

Para identificar adequadamente o objeto de estudo foi necessário realizar a organização e limpeza do ambiente. Os Grupos Geradores estavam armazenados em um local inadequado devido a presença de entulhos conforme, Figura 12.



**Figura 12 Organização e Limpeza**  
Fonte: Autor (2015)

Conforme a Figura 13, o local foi limpo e os Grupos Geradores foram organizados e alocados em lugares adequados, onde foram realizadas as ligações de potência, comunicação e os testes de comissionamentos.



**Figura 13 Organização e Limpeza**  
Fonte: Autor (2015)

### 3.2 IDENTIFICAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

Para caracterizar adequadamente o objeto de estudo será feita a divisão das partes principais que compõem o grupo gerador a ser estudado. As 4 partes principais são:

- Motor Diesel;
- Alternador Trifásico;
- USCA;
- QTA.

#### 3.2.1 Motor Diesel MWM D229/3

O motor diesel do sistema estudado é da fabricante MWM, modelo D229-3, e tem as seguintes características construtivas:

- Injeção direta;
- 4 tempos;
- 3 cilindros;
- Aspiração natural;
- Refrigerado a água;
- Sistema elétrico 12Vcc;
- Possui alternador para carga de bateria;
- Motor de partida;
- Sistema de aceleração eletrônica;
- Potência mecânica de 50cv;
- Potência elétrica standby de 40KVA;
- Consumo médio de combustível de 8,7 L/h;
- Carcaça de volante SAE3;
- Volante SAE 11,5;
- Temperatura máxima dos gases 660°C;
- Peso 370Kg;
- Dimensões em mm (C x A x L): 1541x1421x1021;
- Capacidade de óleo lubrificante total 7 litros;
- Capacidade de água no sistema de arrefecimento 15 litros.

### **3.2.2 Alternador Trifásico Cramaco G2R 200SA/4 Brushless**

O alternador trifásico montado no sistema estudado é da fabricante argentina Cramaco, modelo G2R 200SA/4, e possui as seguintes características técnicas:

- Brushless (Sem escovas);
- Trifásico;
- Possui regulador eletrônico de tensão;
- Fator de potência de 0,8;
- Frequência 50 ou 60Hz;
- Proteção nível IP23;
- Peso 250 Kg;
- Potência elétrica máxima de 60KVA.

### **3.2.3 Unidade de Supervisão de Corrente Alternada**

A USCA montada no grupo gerador possui os equipamentos necessários para possibilitar o funcionamento do grupo gerador. Os principais são: módulo de controle micro processado DSE8610, um flutuador de bateria e um sistema de controle de pré-aquecimento do bloco do motor.

#### **3.2.3.1 Módulo Deep Sea DSE8610**

O sistema de controle possui módulo eletrônico Deep Sea modelo DSE8610 que controla e supervisiona as informações referente ao grupo gerador.

O DSE8610, mostrado na Figura 14, é um modulo de controle micro processado, possui uma IHM (Interface Homem Maquina) integrada, possibilitando o operador visualizar todos os parâmetros operacionais do GMG através do display LCD e também comandar o grupo gerador manualmente, caso seja necessário.



**Figura 14 Módulo Deep Sea 8610**  
**Fonte: Autor (2015)**

O módulo DSE8610 possui os seguintes recursos:

- Monitoramento e alarme de sub e sobre tensão;
- Monitoramento e alarme de sub e sobre frequência;
- Monitoramento e alarme de sobre corrente;
- Monitoramento e alarme de sobre carga;
- Monitoramento e alarme da tensão da bateria;
- Monitoramento e alarme de funcionamento do alternador;
- Monitoramento e alarme da temperatura do motor;
- Monitoramento e controle do sistema de pré-aquecimento;
- Alarme de falha no flutuador de bateria;
- Alarme de baixo nível de líquido de arrefecimento;
- Controle de partida e parada do grupo gerador de modo manual e automático.

Pode-se observar na Figura 15 o esquema de ligação para a correta instalação do módulo DSE8610.



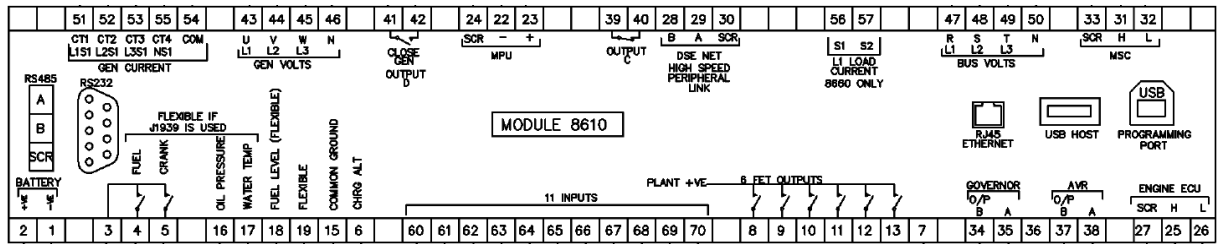


Figura 15 Diagrama orientativo de instalação do DSE 8610

Fonte: Manual de Instalação Deep Sea 8610

### 3.2.3.2 Flutuador de Bateria

Os flutuadores são circuitos eletrônicos que em conjunto com a fonte de energia da rede são responsáveis por manter a bateria de partida carregada. O flutuador possui um sistema de alarme para informar o mal funcionamento ou falta de energia da fonte. Na Figura 16 podemos observar o flutuador que está instalado nas USCA's dos grupos geradores estudados.

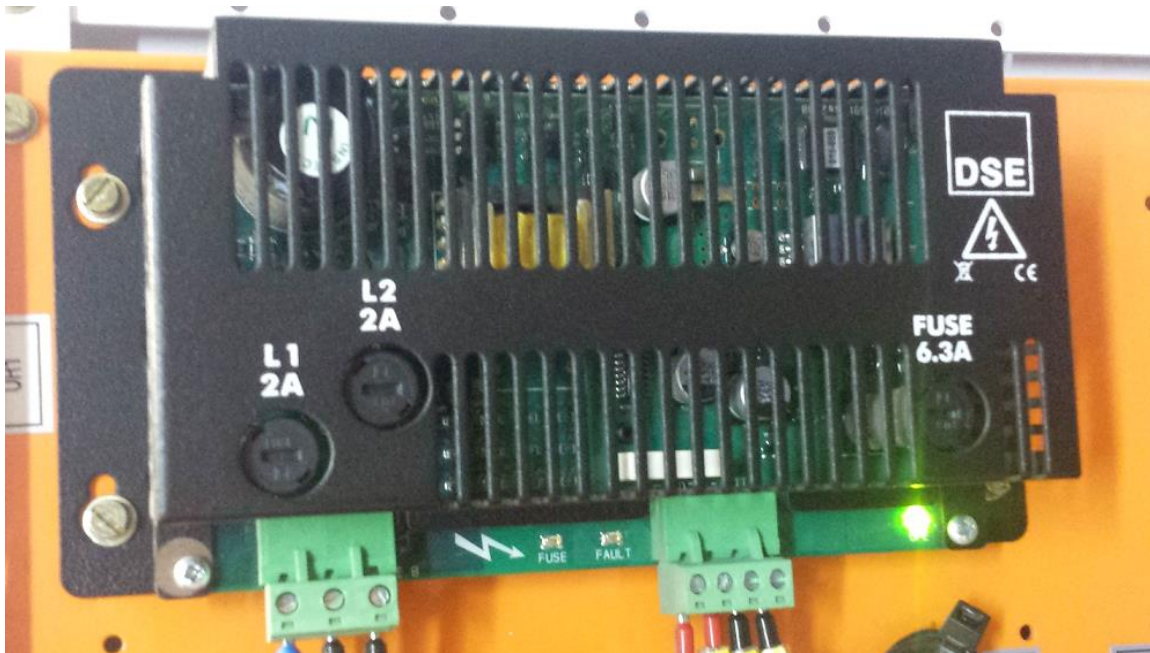


Figura 16 Flutuador de baterias

Fonte: Autor (2015)

### 3.2.3.3 Sistema Pré-Aquecimento

O Sistema de pré-aquecimento é responsável por manter o motor à uma temperatura pré-determinada visando uma melhor performance do motor durante a partida. Esse sistema pode ser controlado pelo módulo de comando DSE8610, que manda os comandos através de relés, ligando e desligando o pré-aquecimento nas faixas de temperaturas parametrizadas, ou até mesmo por sistemas de controle externos, como termostatos por exemplo. Na Figura 17 podemos observar a garrafa



da resistência de pré-aquecimento instalada no bloco do motor estudado.



**Figura 17 Sistema de Pré-aquecimento do Motor**  
Fonte: Autor (2015)

### **3.2.4 Quadro de Transferência Automática**

O QTA é o quadro de comando responsável pelo monitoramento e controle de todo o sistema. O QTA monitora os dados da rede elétrica da concessionária e identifica quando há falhas ou anomalias no fornecimento de energia, quando alguma anomalia é encontrada, o QTA é responsável por enviar os comandos para funcionamento dos grupos geradores, monitora e controla os níveis de tensão e frequência para sincronismo com a rede e controla as chaves comutadoras que irão alimentar a carga.

#### **3.2.4.1 Módulo Deep Sea DSE8660**

O DSE8660, mostrado na Figura 18, é um módulo de controle micro processado responsável por controlar e supervisionar o quadro de transferência automática, possui uma IHM integrada que possibilita ao operador visualizar os

dados operacionais da rede da concessionária e dos grupos geradores que compõem o sistema de geração auxiliar.



**Figura 18** Módulo Deep Sea DSE8660  
**Fonte:** Autor (2015)

Durante um funcionamento programado ou de testes o DSE8660 envia via comunicação dedicada, aqui chamada de MSC link, a requisição de funcionamento aos GMGs, essa requisição é recebida no módulo DSE8610 na USCA, que por sua vez, enviam os comandos de partida aos GMGs. A USCA 01 após enviar o comando de partida, aguarda o período de estabilização do grupo e inicia o processo de sincronismo com o barramento principal do sistema, que nesse momento deve estar desenergizado e envia o comando de fechamento ao contator de potência do grupo. Feito isso, a USCA 02, que neste momento já deverá estar em funcionamento e estabilizada, inicia o processo de sincronismo com o barramento principal, que agora está energizado pela USCA 01. Usando a comunicação MSC Link, os módulos das USCAs conseguem controlar os seus GMGs, variando as grandezas elétricas afim de encontrar um ponto de sincronismo. Quando esse ponto é alcançado, a USCA 02 envia o comando de fechamento ao contator de potência. Após todas as USCAs no sistema completarem o processo de sincronismo com o barramento principal do sistema o DSE8660 inicia o processo de sincronismo com a rede elétrica da concessionária, enviando o comando de fechamento ao contator do barramento

principal, em seguida realiza a transferência da carga da rede da concessionária para o barramento do sistema e por fim envia o comando de abertura para o contator da rede. O módulo DSE8660 possui os seguintes recursos:

- Monitoramento e alarme de sub e sobre tensão da rede da concessionária;
- Monitoramento e alarme de sub e sobre tensão do barramento do sistema de geração auxiliar;
- Monitoramento e alarme de sub e sobre corrente da rede da concessionária;
- Monitoramento e alarme de sub e sobre corrente do sistema de geração auxiliar;
- Monitoramento e alarme de sub e sobre frequência da rede da concessionária;
- Monitoramento e alarme de sub e sobre frequência do sistema de geração auxiliar;
- Monitoramento e alarme de sobre carga.

Observa-se na Figura 19 o esquema de ligação para a correta instalação do módulo DSE8660.

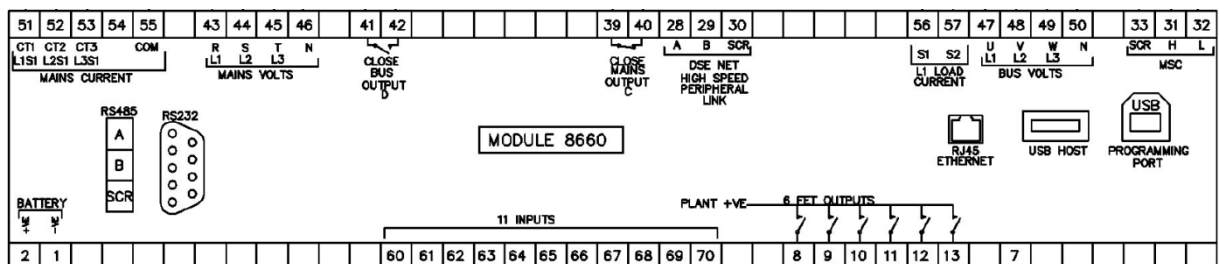


Figura 19 Diagrama orientativo de instalação do DSE 8660

Fonte: Manual de Instalação Deep Sea 8660

### 3.3 DEFINIÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DE INTERLIGAÇÃO

Com base nas análises realizadas nos diagramas esquemáticos, define-se a seguir os procedimentos para interligação das USCAs com o QTA e com a rede da concessionária.

- Realizar interligação de comunicação entre USCAs e QTA;
- Realizar interligação dos cabos de potência entre as USCAs e o QTA.

### 3.4 DEFINIÇÃO DOS MATERIAIS NECESSÁRIOS

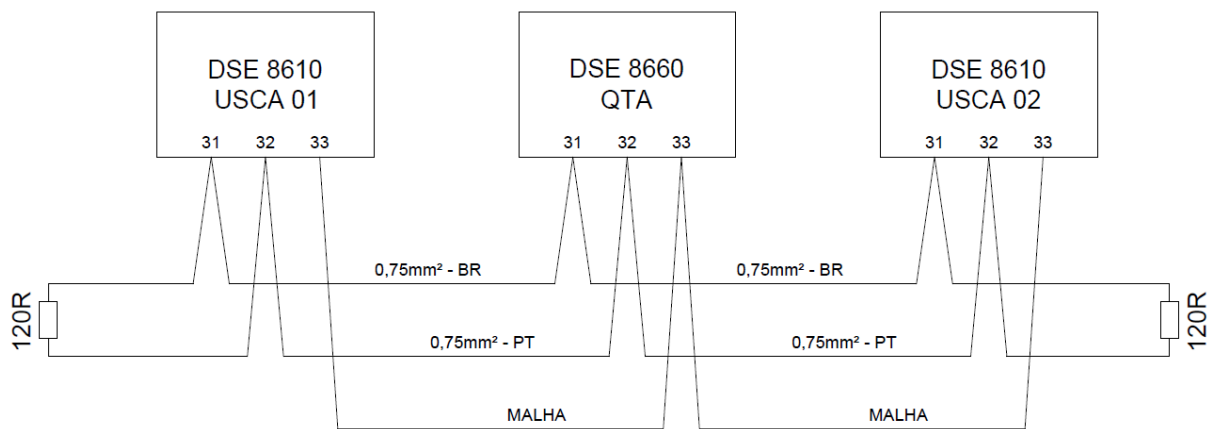
- Cabo blindado de 2x0,75mm<sup>2</sup> AWG24;
- Terminal tubular 0,75x12;
- Cabo EPR 90°C de 10mm<sup>2</sup>;

- Terminal olhal 10mm<sup>2</sup> com furo M8;
- Cabo flexível 2,5mm<sup>2</sup> isolamento 750V;
- Chave de fenda 1/8x3”;
- Alicates universal 8”;
- Jogo de chave allen;
- Chave combinada 17mm;
- Chave combinada 13mm;
- Chave combinada 10mm.

### 3.5 EXECUÇÃO DAS INTERLIGAÇÕES ENTRE USCAS E QTA

#### 3.5.1 Interligação de Comunicação

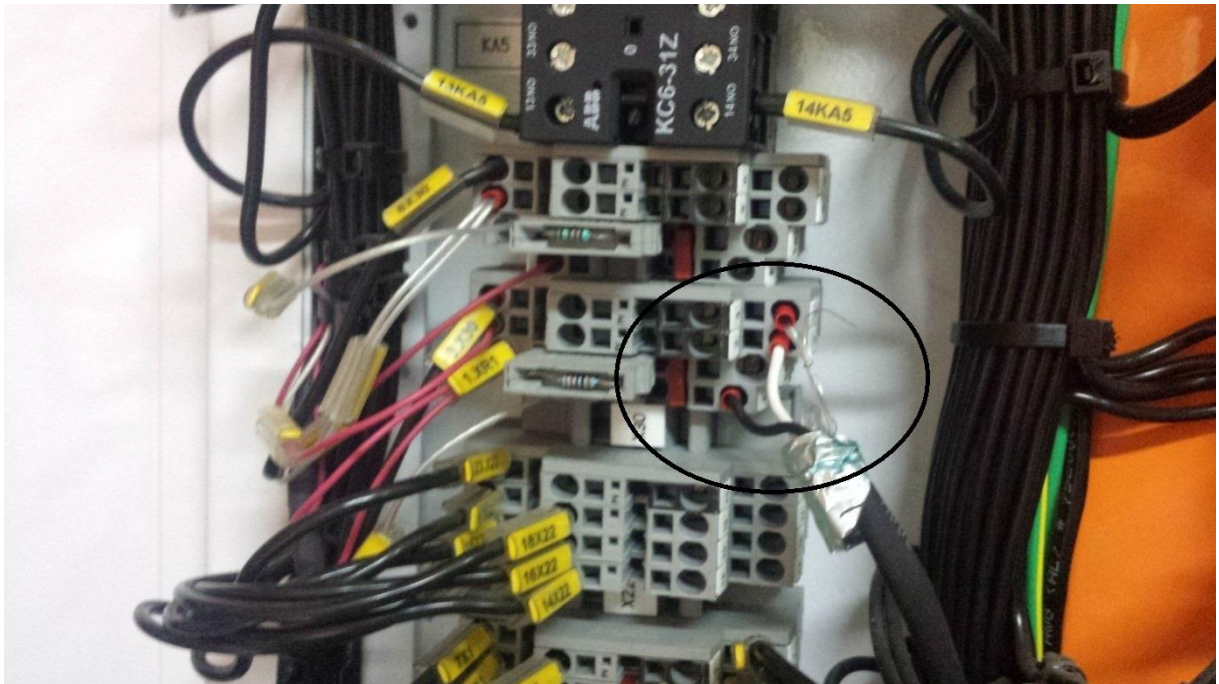
Interligar a linha de comunicação entre os quadros de comando do sistema usando cabo blindado de 2 vias de 0,75mm<sup>2</sup> cada. A conexão deve ser feita em modo de linear conforme orientação na Figura 20 e deve-se também instalar resistores de 120R nas extremidades da linha de comunicação.



**Figura 20 Esquema Orientativo de Interligação do MSC Link**  
**Fonte: Autor (2015)**

A conexão deve ser feita nos bornes de interligação de comunicação identificados como X30-1, X30-2 e X30-3 que são MSC L, MSC H e MSC SCR respectivamente. Os resistores estão identificados como XR1 em todos os quadros e serão mantidos nas USCAs dos GMGs 01 e 02.

Na Figura 21 pode-se observar os bornes citados.



**Figura 21 Bornes Destinados para Interligação de Comunicação**  
Fonte: Autor (2015)

### 3.5.2 Interligação de Potência

A interligação dos cabos de potência foi realizada entre as USCAs e QTA usando cabos de 16mm<sup>2</sup> ligados diretamente aos contadores de saída das USCAs conforme Figura 22.



**Figura 22 Cabo ligado ao contator de saída do GMG**  
Fonte: Autor (2015)



Em seguida interligados na entrada de barramento comum do QTA conforme Figura 23.

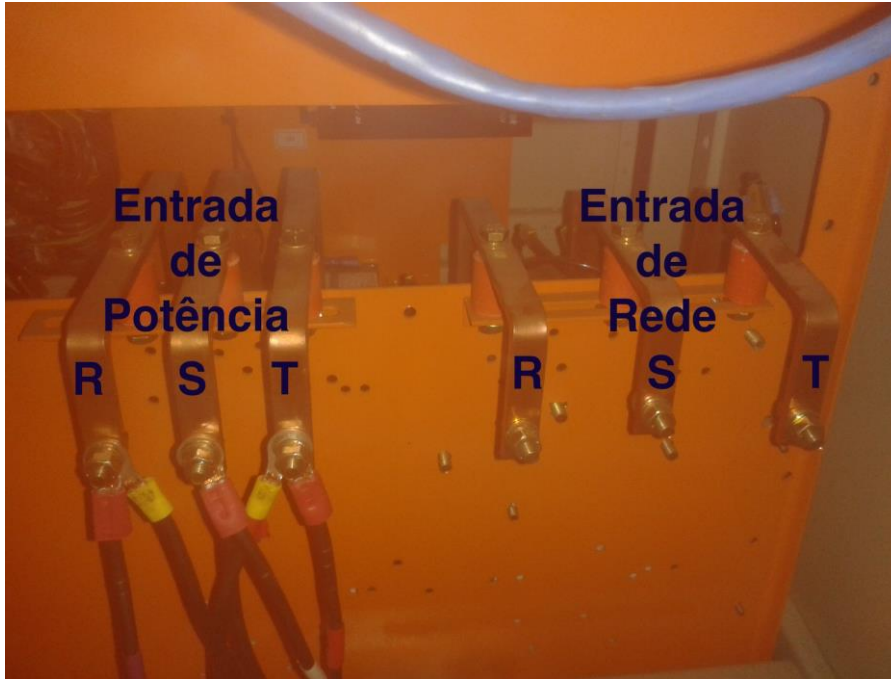


Figura 23 Entrada de cabos das USCAs no QTA  
Fonte: Autor (2015)

### 3.6 TESTANDO A OPERACIONALIDADE DO SISTEMA

Para iniciar os testes de comissionamento, primeiro deve-se verificar alguns pontos fundamentais para garantir maior segurança ao operador, e só após essas verificações pode-se iniciar os testes.

Os pontos de verificação são:

- Verificar o nível de água e líquido de arrefecimento;
- Verificar o nível de óleo lubrificante;
- Verificar o nível de combustível do tanque;
- Verificar se não há qualquer objeto próximo as partes girantes do equipamento;
- Verificar se o sistema de pré-aquecimento do motor está funcionando corretamente;
- Verificar se as conexões elétricas do motor estão corretamente fixadas e apertadas.

Durante as verificações iniciais, foi constatado que o sistema de pré-aquecimento do motor não estava funcionando de maneira correta, o mesmo estava

sem controle de temperatura, fazendo com que a resistência de aquecimento permanecesse sempre ligada, causando um aquecimento excessivo e gerando desperdício de energia.

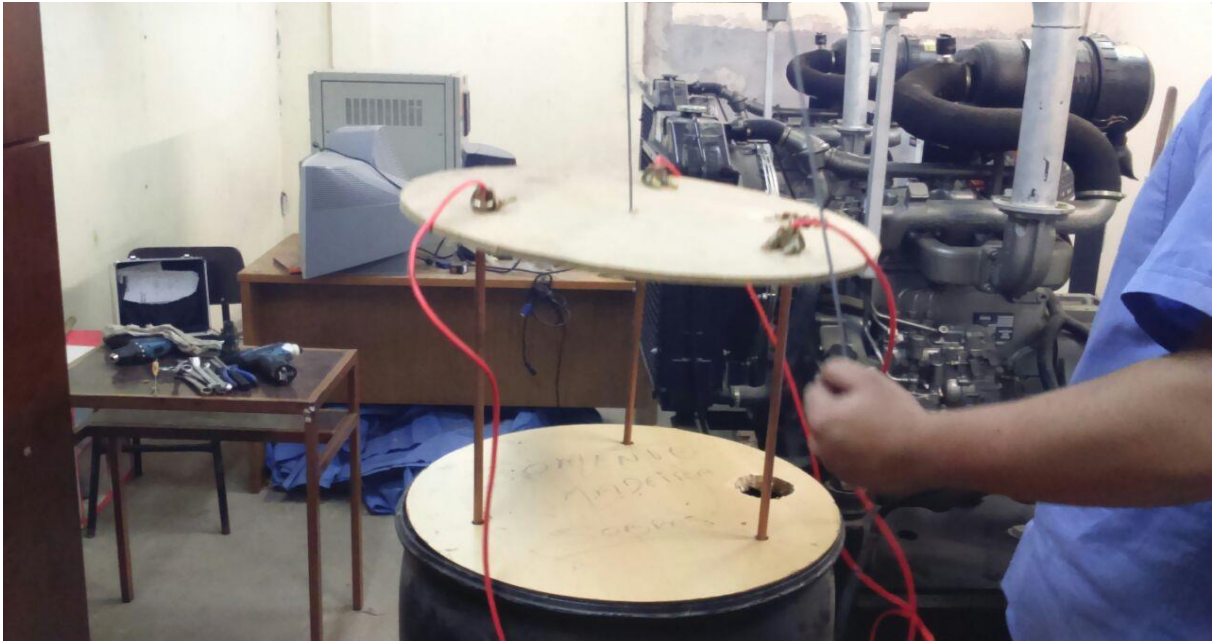
### **3.6.1 Correção do Sistema de Pré Aquecimento**

O sistema de pré-aquecimento dos grupos geradores não estava realizando controle da temperatura do motor. Após análises, foi constatado que o termostato responsável por realizar esse controle estava com defeito e, com isso, manteve a alimentação da resistência de aquecimento sempre ligada, causando um aquecimento excessivo do bloco do motor e ressecamento de mangueiras do sistema de arrefecimento.

Para corrigir o problema foi implementado um relé acionado através de uma saída digital do módulo de controle da USCA, programado para manter a temperatura do bloco em torno de 55°C, com uma faixa de histerese de 10°C. Com essa modificação a temperatura do bloco irá flutuar entre 45°C e 55°C, proporcionando um maior aproveitamento das funções do módulo de controle, evitando desgaste excessivos nos componentes do sistema de arrefecimento e reduzindo o desperdício de energia.

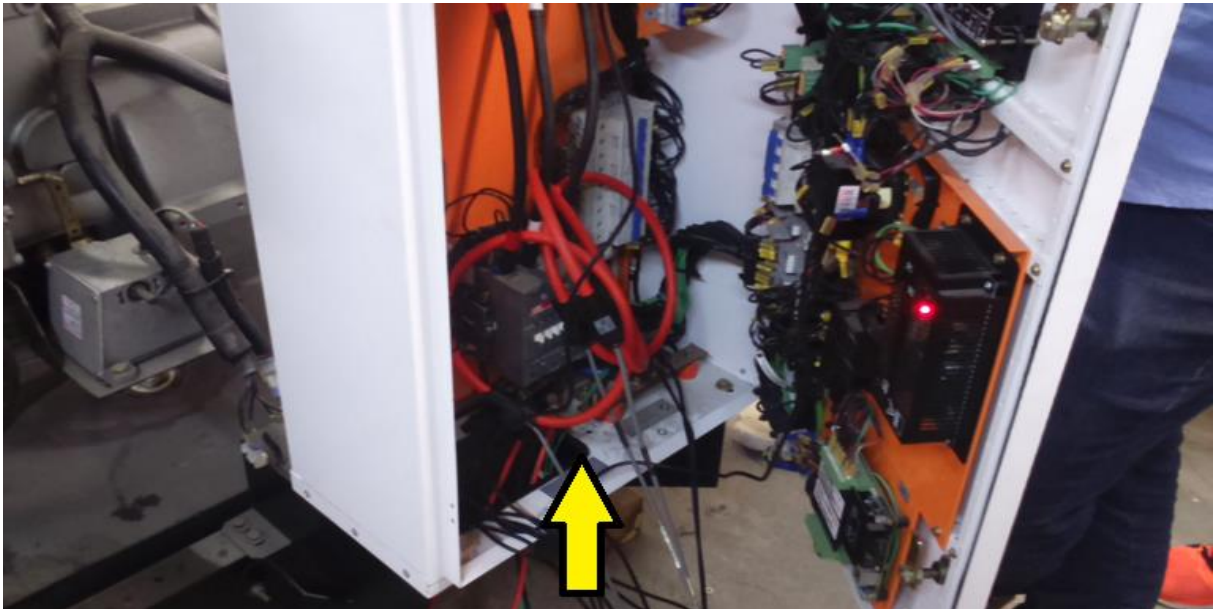
### **3.6.2 Testes de Comissionamento**

Os grupos geradores foram interligados e energizados a uma carga simulada com água e sal conforme figura 24. Para obtenção desta carga foi utilizado um barril com aproximadamente 200 litros de água e 3 hastes de cobre com 1,5 metros de comprimento dispostas a 120 graus por uma tampa de madeira.



**Figura 24 Barril de água com hastes de cobre para simular carga**  
Fonte: Autor (2015)

Com as interligações feitas, liga-se os TCs nas fases RST para leitura de corrente e as ponteiras para leitura de tensão no analisador de energia, conforme figura 25.



**Figura 25 TCs nas fases do GMG**  
Fonte: Autor (2015)

Foram instalados os analisadores de energia para monitoramento das grandezas de ambos os grupos geradores durante os testes de comissionamento conforme figura 26.





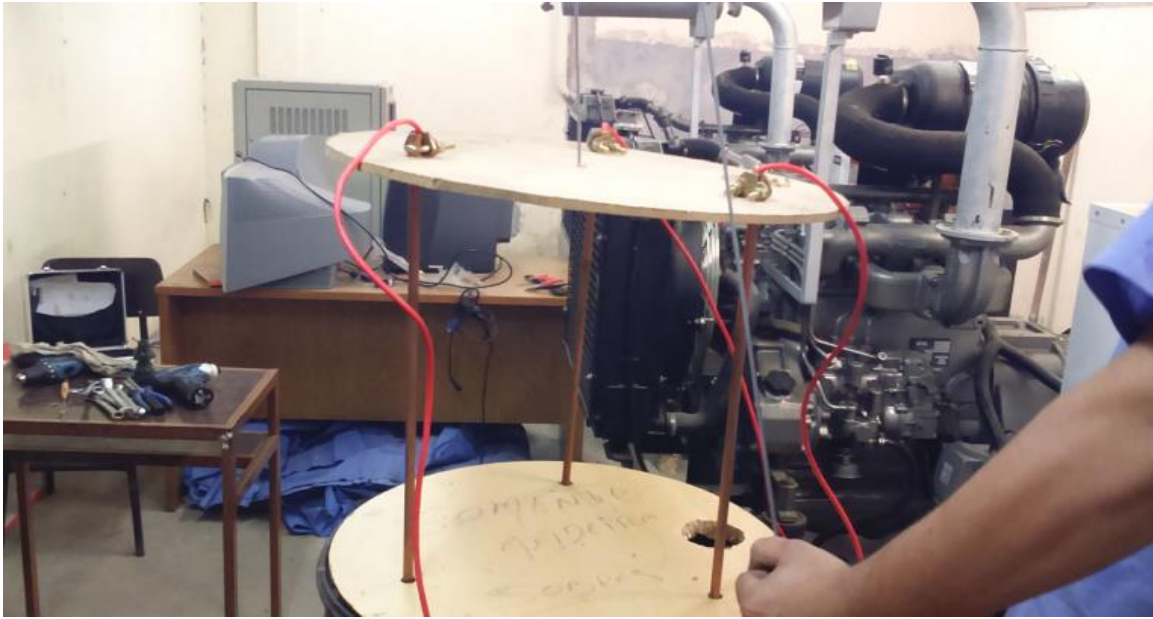
**Figura 26** Analisadores de energia monitorando os GMGs  
 Fonte: Autor (2015)

Com a adição de sal na água diminuimos a resistência elétrica da água para simular a carga total dos GMG's, conforme figura 27.



**Figura 27** Adição de sal para simulação de carga  
 Fonte: Autor (2015)

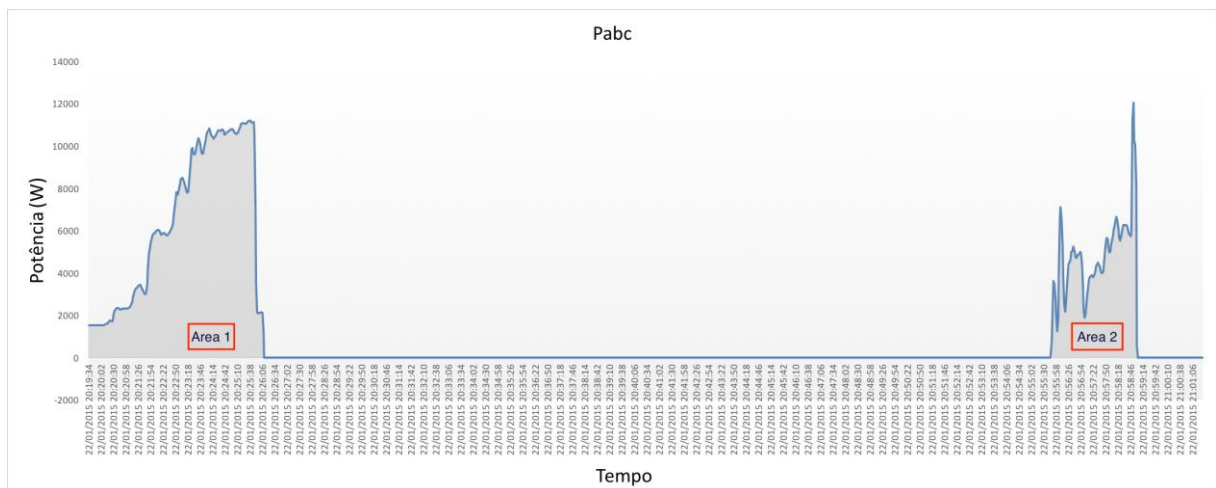
Para atingir o nível de carga ideal para os testes é preciso variar a área total das barras de cobre em contato com a água subindo e descendo as hastes dentro do barril, conforme pode-se observar na figura 28.



**Figura 28 Controle dos níveis de carga**  
Fonte: Autor (2015)

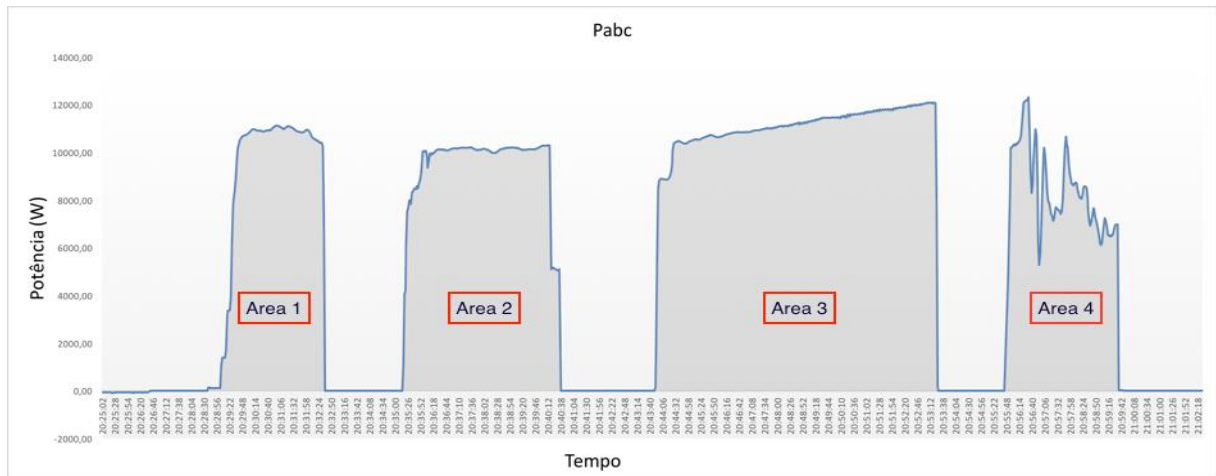
Com as interligações feitas e os níveis de carga ajustados para os valores desejados para os testes, iniciou-se o monitoramento das grandezas e simulações de paralelismo e compartilhamento de carga entre os geradores conforme apresentado nos gráficos que foram gerados através dos analisadores de energia.

Na figura 29 pode-se observar que à medida que a carga aplicada ao GMG 01 foi aumentando com adição gradativa de sal, a potência do GMG 01 atingiu na área 01 um pico de aproximadamente 11.5 kVA, em seguida o GMG foi desligado da carga e permaneceu desenergizado, voltando a ser energizado em paralelismo permanente com o GMG 02 na área 02, onde é feita divisão da carga total aplicada no sistema.



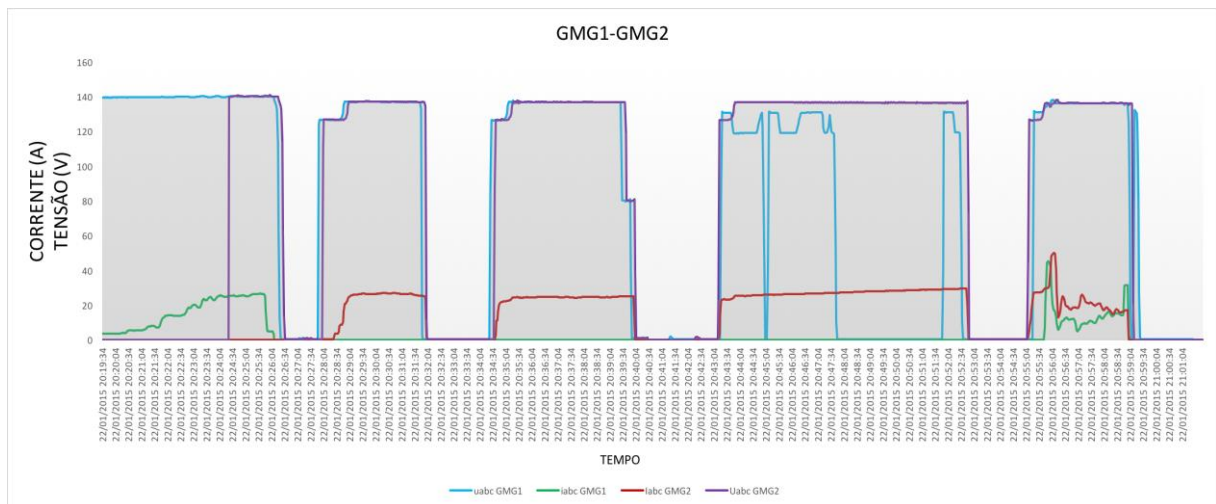
**Figura 29 - Gráfico da Potência(W) do GMG 01**  
Fonte: Autor (2015)

Na figura 30 observa-se o comportamento do GMG 02 durante os testes de comissionamento. Como no teste do GMG 01 já foi feita a rampa de carga com a adição do sal, a potência do GMG 02 se mantém em torno de 12kVA nos pontos 01, 02 e 03, com apenas algumas pequenas variações. A partir do ponto 04 os dois GMGs compartilham carga em paralelo, fazendo com que a potência sofra variações entre 6 e 8kVA no GMG 02.



**Figura 30 - Gráfico da Potência(W) do GMG 02**  
Fonte: Autor (2015)

A Figura 31 é uma digital dos testes de comissionamento realizados nos grupos geradores GMG1 e GMG2, os picos de tensão identificados com as cores azul GMG1 e roxo GMG2, detalha o instante que os grupos geradores foram ligados e os picos de correntes identificado com as cores verde GMG1 e Vermelho GMG2 mostra o instante que os grupos geradores assumiram carga, o Gráfico também mostra o compartilhamento de carga entre grupos geradores que acontece no final dos teste de comissionamento no ultimo pico de tensão do Gráfico do Figura 31.



**Figura 31 - Gráfico de Tensão(V) e Corrente(A) dos GMG1 e GMG2.**  
Fonte: Autor (2015)

No momento de compartilhamento de carga entre os grupos geradores GMG1 e GMG2 percebe no Gráfico da Figura 31 que as linhas de corrente verde GMG1 e vermelha GMG2 tende a se estabilizar em 20 amperes, a metade da corrente nominal dos grupos geradores.

## 4 MANUAL DE OPERAÇÃO

O manual de operação foi elaborado para facilitar o entendimento dos usuários e possibilitar o uso dos equipamentos.

Para correta operação dos grupos geradores estudados, apresentaremos abaixo os passos para as principais funções, como:

- Verificações iniciais de segurança;
- Partida e parada do GMG em modo manual a partir da USCA;
- Partida e parada dos GMGs em modo manual a partir do QTA;
- Princípio de funcionamento do sistema em modo automático;

### 4.1 VERIFICAÇÕES INICIAIS DE SEGURANÇA

Para segurança dos operadores e melhor aproveitamento do equipamento, é importante verificar alguns itens de segurança antes do funcionamento do equipamento.

#### 4.1.1 Nível de Água do Radiador

Antes do início de operação do grupo gerador é importante verificar se o nível de água e líquido de arrefecimento está correto, sendo que o ideal é que o nível esteja sempre no máximo permitido no radiador.

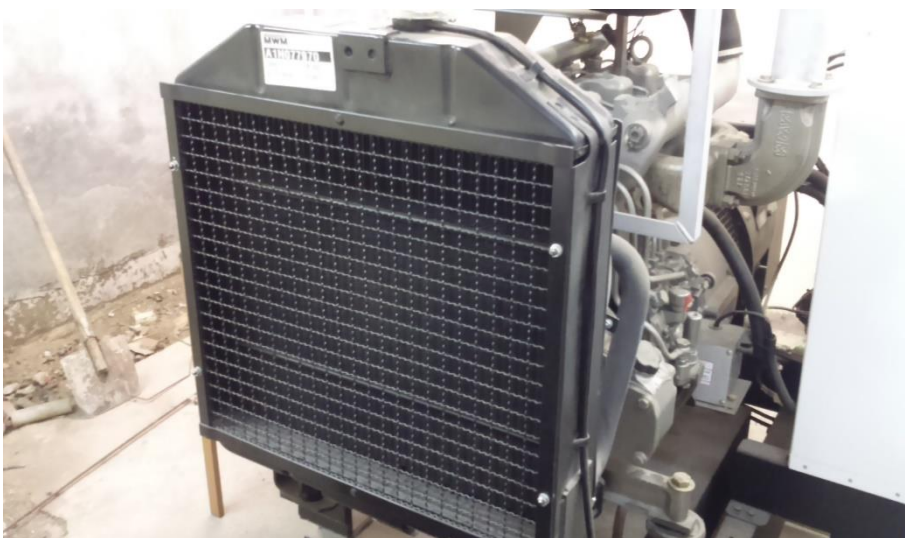


Figura 32 - Radiador do grupo gerador  
Fonte: Autor (2015)



Abra a tampa do reservatório indicada na figura 33 e confira se o nível de água está no máximo.



**Figura 33 - Tampa do reservatório do radiador**  
Fonte: Autor (2015)

#### 4.1.2 Nível de Óleo Lubrificante

O nível do óleo lubrificante é um item que deve ser verificado antes do motor entrar em funcionamento. A verificação deve ser feita usando a vareta de inspeção localizada no bloco do motor (figura 34).



**Figura 34 - Vareta de inspeção do nível de óleo lubrificante**  
Fonte: Autor (2015)

O nível do óleo deve estar entre as marcações de mínimo e máximo, conforme indicado na vareta mostrada na figura 35.



**Figura 35 - Limites da vareta de inspeção do óleo lubrificante**  
Fonte: Autor (2015)

#### **4.1.3 Inspeção Visual GMG**

Para segurança dos operadores deve-se verificar antes do funcionamento do grupo gerador se há existência de qualquer objeto próximo as partes girantes do equipamento, como hélice do radiador e acoplamento por exemplo. Além disso, observar a existência de vazamentos de água, óleo diesel ou óleo lubrificante que possam comprometer o funcionamento do motor.

É fundamental observar o nível de combustível no tanque do motor através do indicador mostrado na Figura 36 que está localizado abaixo do bloco do motor, antes de qualquer tentativa de funcionamento para evitar o acúmulo de ar no sistema de combustível.



**Figura 36 - Indicador de Combustível do Tanque**  
Fonte: Autor (2015)

Deve-se também verificar se o indicador de segurança do filtro de ar mostrado na Figura 37 que está localizado na parte superior do motor está acionado, indicando alguma obstrução ou necessidade de troca do filtro de ar.



Figura 37 - Indicador de manutenção do filtro de ar  
Fonte: Autor (2015)

#### 4.1.4 Conexões Elétricas

É de fundamental importância a verificação de todas as conexões elétrica no painel de comando do motor para evitar curto-circuito ou aquecimento de condutores devido à má instalação dos cabos na entrada e saída da contatora.

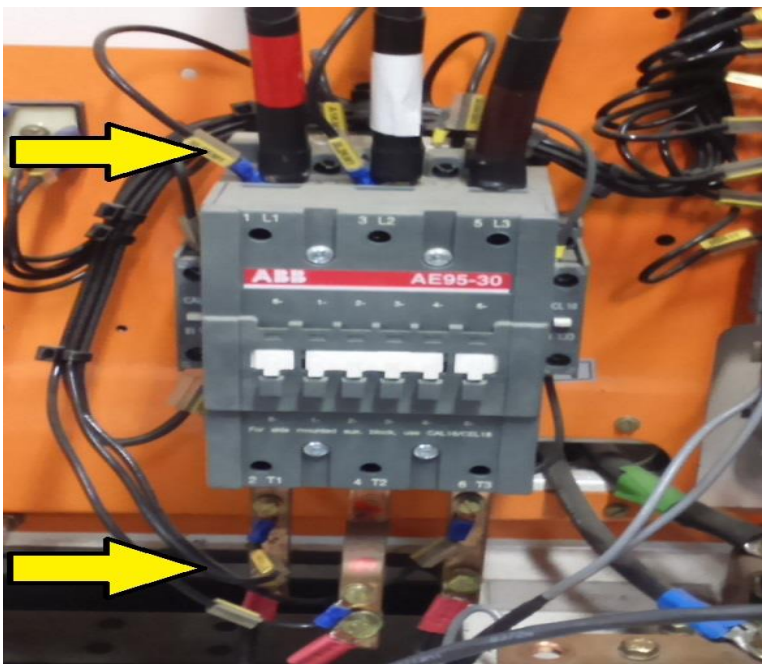
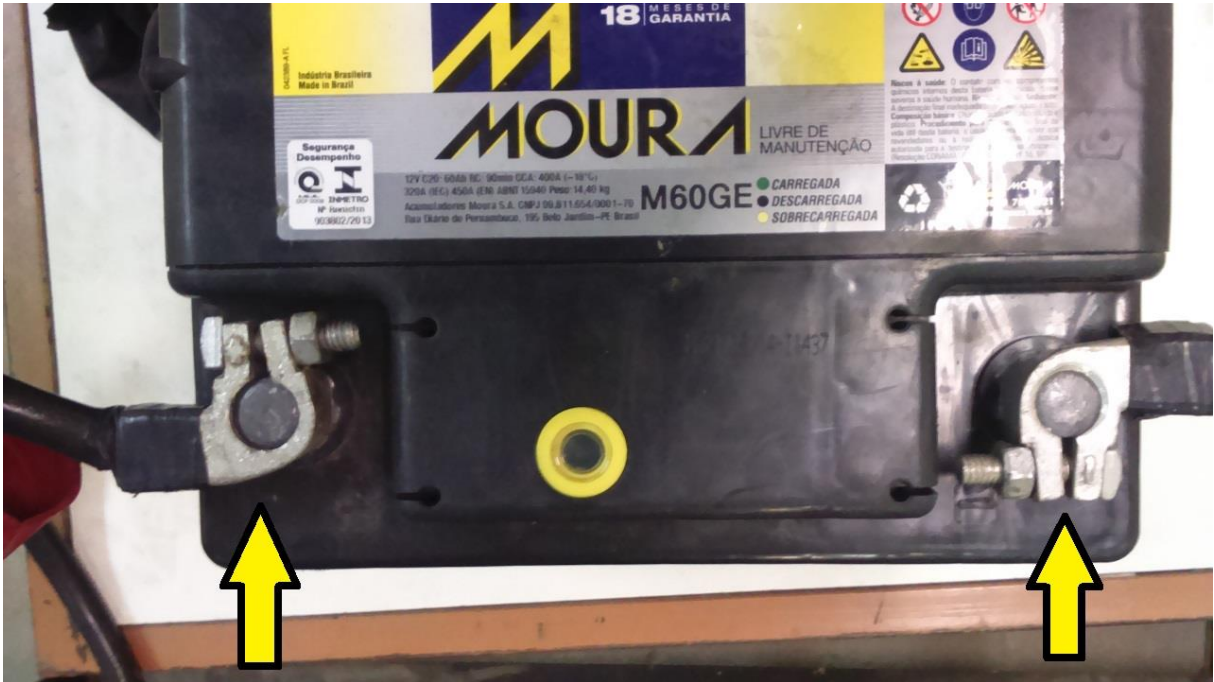


Figura 38 - Pontos de Conexão dos Cabos na Contatora da USCA  
Fonte: Autor (2015)



Para conexão da bateria de partida, deve-se conectar primeiramente o cabo indicado com positivo e em seguida o cabo com a indicação de negativo.



**Figura 39 - Polos da Bateria de Partida**  
**Fonte: Autor (2015)**

#### 4.2 PARTIDA E PARADA DO GMG EM MODO MANUAL A PARTIR DA USCA

Para a partida do grupo gerador em modo manual é necessário que o módulo esteja no modo de operação manual e não exista nenhum alarme que possa inibir o funcionamento do GMG.

Caso haja algum alarme, o defeito deve ser corrigido e os alarmes devem ser retirados pressionando o botão STOP indicado na Figura 40.



Figura 40 - Módulo DSE8610 indicando a tecla STOP  
Fonte: Autor (2015)

Com os alarmes retirados, pode-se partir o grupo gerador de forma manual pressionando o botão MANUAL e em seguida o botão de START indicados na Figura 41.

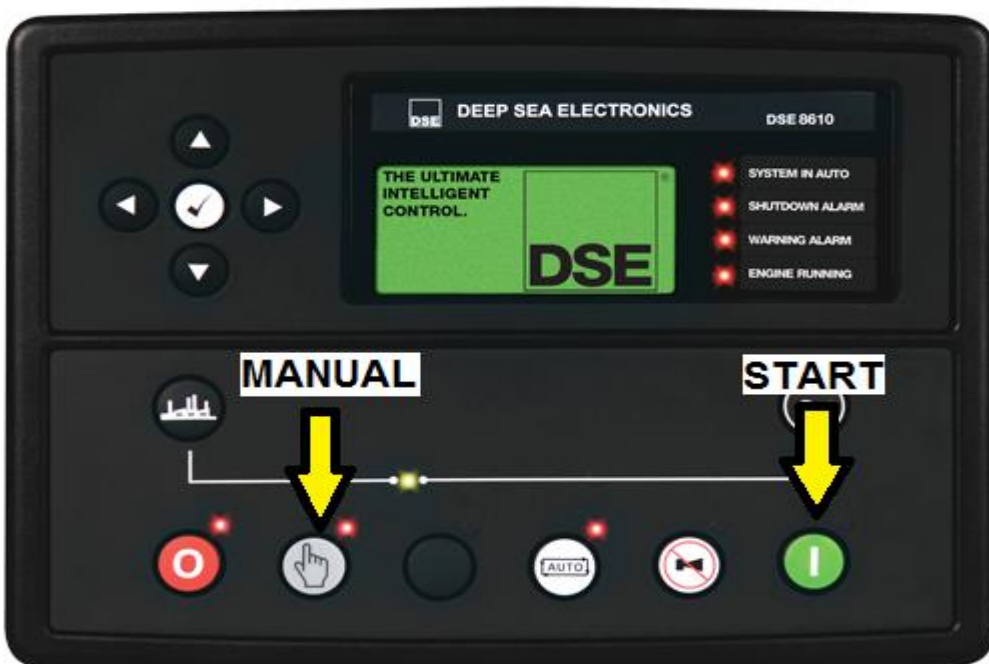


Figura 41 - Módulo DSE8610 indicando as teclas MANUAL e START  
Fonte: Autor (2015)

Com o grupo gerador em funcionamento no modo manual, as únicas formas de desligar o GMG são: Alarme de desligamento do motor ou pressionando o botão de STOP indicado na figura 39.

#### 4.3 PARTIDA E PARADA DOS GMGS EM MODO MANUAL A PARTIR DO QTA

Para a partida dos GMGs a partir do QTA é necessário que todos os GMGs estejam em modo automático. Assim, devemos retirar os alarmes, caso haja algum, pressionando a tecla STOP conforme figura 42.



**Figura 42 - Módulo DSE8660 indicando a tecla STOP**  
**Fonte: Autor (2015)**

Com os alarmes resetados, pode-se partir os grupos geradores de forma manual pressionando o botão MANUAL do QTA e em seguida o botão de START indicados na Figura 43.



**Figura 43 - Módulo DSE indicando as teclas MANUAL e START**  
 Fonte: Autor (2015)

Com os grupos geradores em funcionamento no modo manual, as únicas formas de desligar os grupos geradores são: Alarme de desligamento do motor, pressionando o botão STOP na USCA ou pressionando o botão de STOP no QTA, indicado na figura 39.

#### 4.4 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO SISTEMA EM MODO AUTOMÁTICO

Com todos os módulos do sistema em modo automático, o DSE8660 do QTA é responsável pela partida e parada dos grupos geradores quando houver uma falha de rede ou quando existir alguma partida periódica programada.

##### 4.4.1 Partida e Parada por Falha de Rede

Quando acontece uma falha na rede, o controlador DSE8660 identifica a falta de rede e segue os seguintes passos:

- Identifica a falta de rede e espera 5 segundos de confirmação de falha;
- Após a confirmação de falha, é enviada requisição de partida aos controladores DSE8610 nas USCAs;
- As USCAs estabilizam os geradores e sincronizam entre si;

- Após os sincronismos das USCAs, o controlador DSE8660 abre o contator de rede e aciona o contator do sistema de geração auxiliar;
- Quando houver uma identificação de rede normalizada, o controlador DSE8660 espera 10 segundos de confirmação de retorno;
- Após a confirmação do retorno de rede, o controlador DSE8660 inicia o procedimento de sincronismo com a rede e aciona o contator da rede;
- Após o sincronismo, a carga é transferida para a rede gradativamente, respeitando a rampa de carga parametrizada;
- Após toda a carga ser transferida para a rede, o controlador DSE8660 abre o contator do sistema de geração auxiliar e envia o comando de desligamento para as USCAs;
- As USCAs entram no processo de resfriamento e em seguida desligam.

Para um melhor entendimento do funcionamento automático, consultar o Apêndice A deste trabalho.

## **5 PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO**

Estes procedimentos tem o objetivo de estabelecer um roteiro para manutenção do grupo gerador, objeto deste estudo.

### **5.1 PARTIDA AUTOMÁTICA PROGRAMADA**

Para garantir um bom funcionamento do motor em casos de emergência, é recomendado que o equipamento tenha um funcionamento periódico visando manter o sistema de lubrificação do motor em boas condições. Os módulos de comando dos equipamentos estudados possuem a função de funcionamento periódico, e podem ser configuradas para realizar esse funcionamento de forma automática.

Caso os equipamentos não estejam aptos ao funcionamento automático, esses funcionamentos devem ser feitos de forma manual. O recomendado é que o funcionamento ocorra ao menos uma vez por semana, por um período de no mínimo 30 minutos e se possível com carga disponível para ser energizada.

Para realizar a partida de forma manual, deve-se seguir os passos descritos no tópico 4.2 para partida individual a partir da USCA ou os passos descritos no tópico 4.3 para partida simultânea dos grupos geradores a partir do QTA.

### **5.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA**

Nunca é demais falar da importância de um programa de manutenção preventiva adequado. Escolher e adquirir os melhores aparelhos são uma ótima opção e, depois de instalado o equipamento, se faz necessário a implantação de um procedimento de manutenção apropriado.

#### **5.2.1 Teste Semanal do Grupo Gerador**

Na instalação de um grupo gerador, o motor deve funcionar pelo menos durante 30 minutos a cada semana, de preferência com carga, para certificar-se que funcionará perfeitamente quando exigido. Este teste semanal permite que:

- As baterias de partida sejam carregadas através do alternador de carga da bateria, todas as peças móveis do motor Diesel sejam lubrificadas;
- O motor Diesel atinja sua temperatura ideal de trabalho;

- O gerador mantenha um bom nível de isolamento dissipando a umidade;
- Os painéis do motor Diesel, de controle e de transferência automática funcionem em sua totalidade.

Durante os períodos de teste observe a pressão do óleo, a temperatura da água do motor e a indicação de tensão da bateria de partida. Verificar também o sistema de escape, o nível de combustível e as ligações elétricas e fique atento a ruídos estranhos, vibrações anormais e principalmente, anote todas as operações e serviços executados.

O objetivo primordial da manutenção e das inspeções preventivas é eliminar os consertos não programados. Após os cinco minutos iniciais de funcionamento, desligue o motor e verifique o nível de água no radiador. O óleo do motor a ser utilizado deve ser o indicado no manual do fabricante do motor diesel;

Evite que pessoas não habilitadas manuseiem os equipamentos. Não fume na sala do grupo gerador ou em lugares próximos ao tanque de combustível.

A seguir serão apresentadas tabelas de referência para se realização de manutenção preventiva do equipamento dentro do período adequado e regime de funcionamento.

### **5.2.2 Manutenção Diária**

- Verificar o nível de óleo lubrificante do motor;
- Verificar restrições de ar;
- Verificar e limpar o filtro de ar, se necessário;
- Inspecionar as conexões do motor;
- Verificar o nível da água do radiador
- Verificar o funcionamento do sistema de pré-aquecimento;
- Verificar a tensão das correias;
- Verificar restrições no fluxo de ar do radiador;
- Verificar impurezas, poeira e obstruções nas telas de proteção do gerador;
- Verificar aperto dos cabos de potência e comando;
- Verificar infiltrações e/ou vazamentos próximos ao grupo gerador.

Ao realizar qualquer tipo de reparo ou manutenção no grupo gerador, certifique-se que o mesmo esteja desligado e com o sistema elétrico desenergizado,

na impossibilidade de desligar o sistema elétrico, a manutenção deve ser realizada por profissionais qualificados.

### **5.2.3 Manutenção Semanal/Mensal**

- Verificar os filtros de óleo lubrificante;
- Verificar a pressão do óleo lubrificante com o motor em funcionamento;
- Verificar o filtro de combustível;
- Verificar o nível de óleo diesel no tanque de combustível;
- Verificar tubulações e conexões;
- Verificar mangueiras e conexões
- Verificar a bateria de partida, o indicador deverá estar verde;
- Verificar a fixação dos componentes dos quadros;
- Limpar os painéis de comando;
- Verificar e retirar elementos desnecessários ou estranhos a sala do grupo gerador;
- Verificar limpeza da sala do grupo gerador.

### **5.2.4 Manutenção a cada 250 Horas**

- Repita os itens da manutenção diária;
- Repita os itens da manutenção semanal/mensal;
- Analise o combustível e troque se for necessário;
- Troque o filtro de combustível;
- Verificar a integridade do sistema de combustível e corrija se necessário;
- Reapertar todas as conexões do sistema de combustível;
- Troque o óleo lubrificante e filtros;
- Troque o filtro de ar;
- Verificar limpeza do radiador e do ventilador, limpa-los se for necessário;
- Reapertar mangueiras e conexões do sistema de arrefecimento;
- Verificar e corrigir a tensão das correias se necessário;



- Trocar a água e o anticorrosivo do radiador;
- Verificar o aperto dos parafusos de fixação do grupo gerador.

### 5.3 ITENS DE VERIFICAÇÃO

#### 5.3.1 Radiador

Como o motor queima combustível para realizar trabalho, ele desprende muito calor. Este calor soma aproximadamente dois terços da energia gerada pelo combustível. Cerca da metade deste calor é eliminado com os gases de escapamento, porém, o calor remanescente deve ser dissipado pelo ar ao redor do motor ou pela água circulando ao redor da camisa dos cilindros.

O sistema de arrefecimento é um sistema fechado e pressurizado que é abastecido com uma mistura de água leve e limpa (desmineralizada) e aditivos. Os motores não devem ser arrefecidos diretamente por água não tratada, uma vez que esta propicia de corrosão no sistema de arrefecimento do motor que causa problemas de arrefecimento e desgaste prematuro de partes relacionadas ao sistema. O lado frio do sistema de arrefecimento pode ser provido por um radiador, um trocador de calor ou uma torre de arrefecimento.

Um grupo gerador com radiador montado no chassi é uma parte integrante do sistema de arrefecimento e ventilação montado no chassi. O sistema de arrefecimento com radiador montado no chassi é considerado o sistema de arrefecimento mais confiável e de menor custo para grupos geradores pois requer a menor quantidade de equipamentos auxiliares, tubulação, fiação de controle, sensores e líquido de arrefecimento e além de minimizar o trabalho de manutenção do sistema de arrefecimento do grupo gerador. Geralmente o ventilador do radiador é acionado mecanicamente pelo motor simplificando o projeto.

Qualquer tipo de obstrução (sujeira, areia, insetos ou folhas, etc.) ou amassamento dos tubos ou aletas na colmeia do radiador, reduzirão a eficiência de arrefecimento. Verifique e limpe o radiador periodicamente.

Para limpar um radiador obstruído por sujeira é recomendado a lavagem com vapor.

Repare cuidadosamente qualquer amassamento nas aletas, colocando-as na posição normal, para que possam permitir uma boa ventilação.

Ao mesmo tempo verifique o nível de água, vazamentos, tensão da correia

do ventilador, etc.

### **5.3.1.1 Mangueira de Interligação do Motor com o Radiador**

Verificar todas as mangueiras de interligação do radiador com o motor observando se não há vazamentos nas mangueiras e realizando os apertos das abraçadeiras se necessário.

### **5.3.2 Filtro de ar**

O filtro de ar tem um medidor de vácuo que deverá ser colocado de maneira que facilite a leitura.

A linha entre o filtro de ar e o tubo de entrada de ar deverá ser totalmente vedada de tal forma que não possa entrar ar não filtrado no motor.

Em ambientes especialmente empoeirados poderá ser necessário uma maior troca dos filtros para não comprometer o motor.

Também é importante certificar-se que qualquer isolação na sala de máquinas e em torno do tubo de escapamento não fique solta e que não possa haver entrada para a admissão.

### **5.3.3 Filtro de óleo lubrificante**

O filtro de óleo lubrificante deverá ser trocado junto com as trocas de óleo, não se deve trocar o óleo e não trocar o filtro porque o óleo novo que foi trocado será contaminado e perderá o óleo.

### **5.3.4 Tanque de óleo diesel**

O tanque deverá ser drenado o óleo existente e lavado com óleo diesel para retirar o acumulo de impureza existente no fundo do tanque para que não contamine o óleo diesel.

O óleo usado para limpar o tanque não poderá ser utilizado no motor, sob risco de falhas e defeitos nos componentes internos do motor.

### **5.3.5 Verificação do nível de óleo lubrificante**

O motor deve estar parado por aproximadamente 10 minutos. Antes de remover a vareta medidora de nível, limpar as áreas ao redor do bocal de

abastecimento e vareta.

Estando o nível entre o máximo e o mínimo, o motor pode operar normalmente. Entretanto para uma maior autonomia antes da próxima manutenção preventiva, recomendamos completar até a marca superior (máxima) sem ultrapassá-la. Não se deve operar o motor quando o nível de óleo lubrificante estiver abaixo da marca inferior (mínimo), sob risco de graves problemas internos em seus componentes podendo inclusive vir a causa a fundição do motor.

Completar sempre com o mesmo tipo de óleo e que atenda as especificações recomendada pelo fabricante do motor.

### **5.3.6 Troca de óleo lubrificante e filtros**

Drenar o óleo com o motor na temperatura normal de operação, retirando-se o bujão ou motor que existe válvula abrindo a válvula e o filtro.

Esperar até parar de sair o óleo. Recolocar o bujão ou fechar a válvula observando o bujão e arruela de vedação, corrigindo eventuais vazamentos, antes de liberar o motor para operação.

Limpar a área de vedação do cabeçote do filtro com um pano sem fiapos sem fiapos.

Lubrificar levemente a junta do filtro. Rosquear o filtro manualmente até que a junta encoste no cabeçote. Apertar novamente mais meia volta.

Usar sempre filtro original.

Após a troca do óleo e filtro funcionar o motor verificando a vedação do filtro e bujão e regulagem da folga de válvula.

### **5.3.7 Verificação da tensão nas correias**

A tensão na correia está correta quando tensionada pelo polegar, se desloca 8 a 10mm. Não se obtendo este valor soltar o parafuso do esticador do alternador ou da polia esticadora e fazer o ajuste. Com correias novas funcionar o motor por 10 a 15 minutos e ajusta-la novamente. Uma correia frouxa ou esticada em demasia se desgasta muito cedo.

Para informações mais detalhadas dos procedimentos de manutenção, consultar Apêndice B deste trabalho.

## 6 CONCLUSÃO

Com relação aos objetivos propostos neste trabalho, pode-se afirmar que foram atendidos.

Quanto a identificação do objeto de estudo para realização do plano de operação, foram estudados os diagramas esquemáticos e realizadas as ligações entre os módulos dos grupos geradores e QTA. Cabe ressaltar que foi necessário realizar-se tanto a ligação de força quanto a de comunicação.

Cabe salientar também que os materiais necessários para realização dos testes de comissionamento, tanto com carga quanto na condição à vazio, foram descritos ao longo do trabalho. Esses testes são importantes para identificar anomalias no funcionamento dos grupos, tanto em funcionamento singelo quanto em operações de paralelismo, visando garantir o perfeito funcionamento em uma condição de emergência, garantindo que os grupos poderão suprir a carga, forçada nos testes, assim o exigem.

Foram testados os GMGs em separados e ambos operando em sincronismo numa condição de carga adequada a potência dos mesmos.

Ressalta-se que a manutenção dos grupos é fator importante para que os equipamentos possam ter uma vida útil maior e para que também possam entrar em funcionamento sem problemas quando solicitados. Uma condição importante para o bom funcionamento do grupo gerador é o sistema de pré-aquecimento do motor Diesel, o que permite que o motor dê partida de forma mais rápida e estável. Inicialmente o sistema de controle do pré-aquecimento dos grupos estudados não estava funcionando adequadamente, mantendo o motor sempre à uma temperatura muito elevada, em torno de 70°C, o que pode ocasionar ressecamento das mangueiras do sistema de arrefecimento, então foi implementada uma melhoria para controlar a temperatura do bloco do motor e manter a mesma em torno de 55°C, com uma faixa de histerese de 10°C. Essa temperatura foi escolhida com o propósito de minimizar as perdas de energia no pré-aquecimento, sem prejuízo na partida do motor.

Por fim, foi elaborado um manual de operação dos grupos geradores e QTA visando proporcionar uma maior segurança e facilidade de operação aos que irão utilizar esses equipamentos, e também um procedimento de manutenção que deve ser seguido, para garantir o funcionamento dos equipamentos.

## REFERÊNCIAS

Disponível em:

<<https://www.deepseapl.com/genset/load-sharing-synchronising-control-modules/dse8660>>

Acesso em: 02 de dez. 2015

Disponível em:

<<https://www.deepseapl.com/genset/load-sharing-synchronising-control-modules/dse8610>>

Acesso em: 02 de dez. 2015

Disponível em:

<[http://www.stemac.com.br/pt/produtos/Documents/Lamina%20Comercial-Diesel%2050Hz-pt-MWM\\_Serie%20D.pdf](http://www.stemac.com.br/pt/produtos/Documents/Lamina%20Comercial-Diesel%2050Hz-pt-MWM_Serie%20D.pdf)>

Acesso em: 28 de out. 2015.

Disponível em:

<<http://www.mwm.com.br/site.aspx/Industrial>>

Acesso em: 28 de out. 2015.

Disponível em:

<<http://www.abytes.com.br/carregadores-sao-os-circuitos-eletronicos-em-conjunto-com-a-fonte>>

Acesso em: 28 de nov. 2015.

Disponível em:

<[http://amperex.com.br/images/manuais/manual\\_usca\\_rgk\\_amperex.pdf](http://amperex.com.br/images/manuais/manual_usca_rgk_amperex.pdf)>

Acesso em: 17 de nov. 2015.

Disponível em:

<<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABAA0AB/tcc-final-geradores?part=2#>>

Acesso em: 17 de nov. 2015.

Disponível em:

<<http://www.joseclaudio.eng.br/apost.html>>

Acesso em 22 de nov. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14664: Grupos geradores – **Requisitos gerais para telecomunicações**. Rio de Janeiro, 2001.

FITZGERALD, A. E.; KINGSLEY Jr., C.; UMANS, S. D. *Máquinas Elétricas: Com introdução à eletrônica de potência*. Tradução de Anatólio Laschuk. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

PEREIRA, José Claudio. **Apostila Técnica sobre grupo gerador a Diesel**. 2005.

Disponível em: <<http://www.joseclaudio.eng.br/apost.html>>

Acesso em: 21 abr. 2015.

Maciel, Ednilson Soares; Coraiola, Jose Alberto. **Máquinas Elétricas**. Curitiba, PR: Base Editorial, 2010.

SILVA, A. Ferreira da; BARRADAS, O. Cesar Machado. **Telecomunicações: Sistemas de energia**. Rio de Janeiro: Livro técnico e científico, 1980.

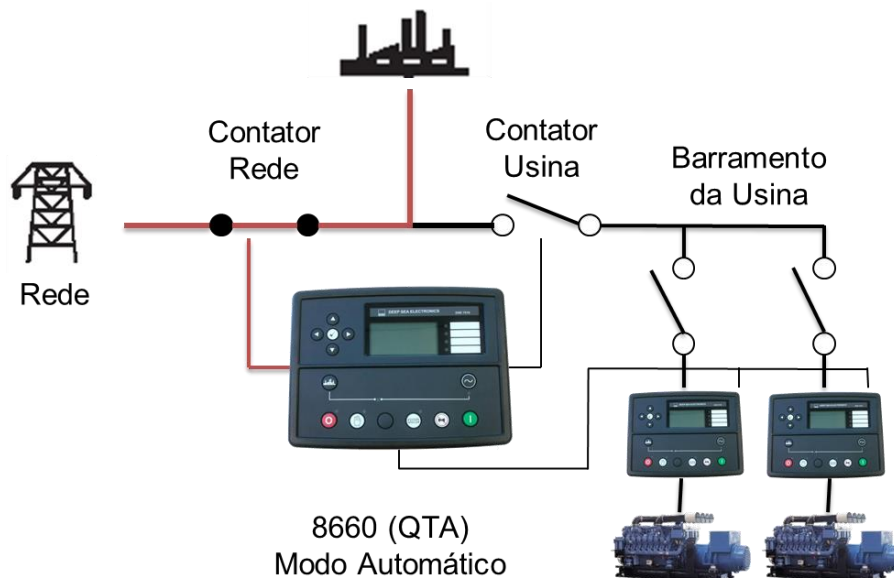
## APÊNDICE A

### PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE GERAÇÃO AUXILIAR EM MODO AUTOMÁTICO

Para o sistema operar totalmente em modo automático, alguns requisitos básicos devem ser atendidos.

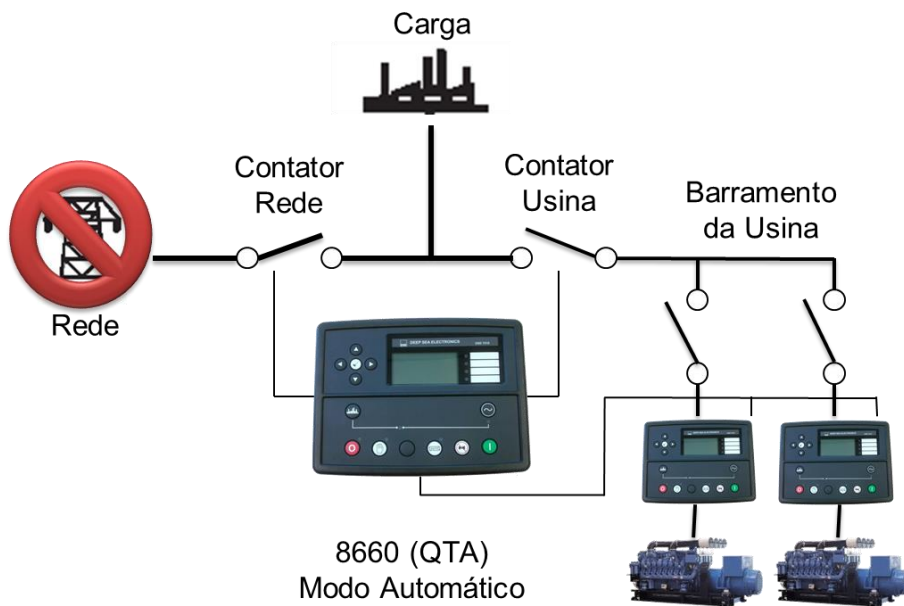
- O módulos controladores do GMG 01 e GMG 02 devem estar em modo automático.
- O módulo do controlador do QTA deve estar em modo automático.

Inicialmente temos o sistema com a rede normal e alimentando a carga. O controlador 8660 está monitorando a rede e enviando comando de fechamento ao contator da rede, conforme Figura 1.



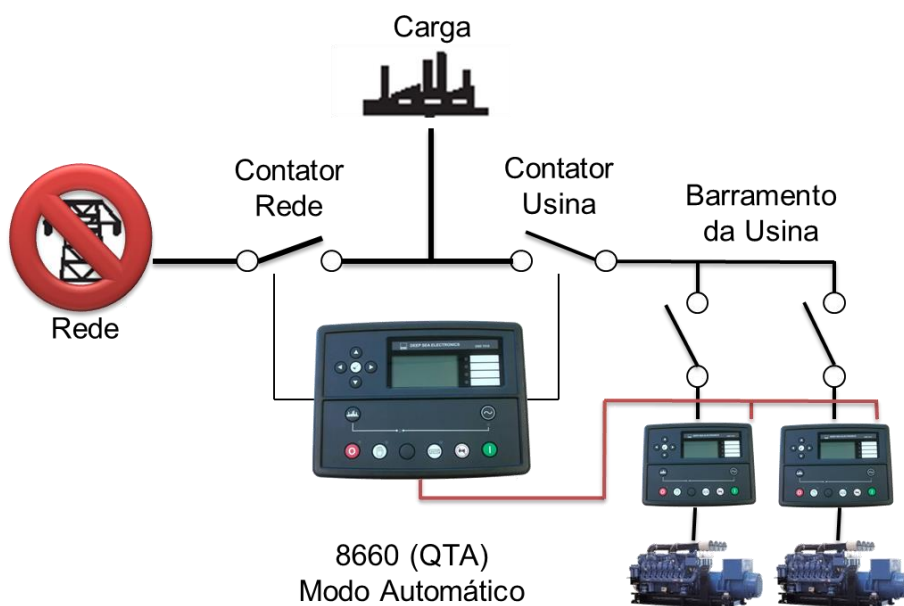
**Figura 44 – Representação**

No momento em que temos uma falha no fornecimento da rede, o contator de rede abre automaticamente devido a sua alimentação ser direta da rede, o controlador 8660 identifica a falha e espera um tempo de 5 segundos de confirmação de falha, conforme Figura 2.



**Figura 45 – Representação**

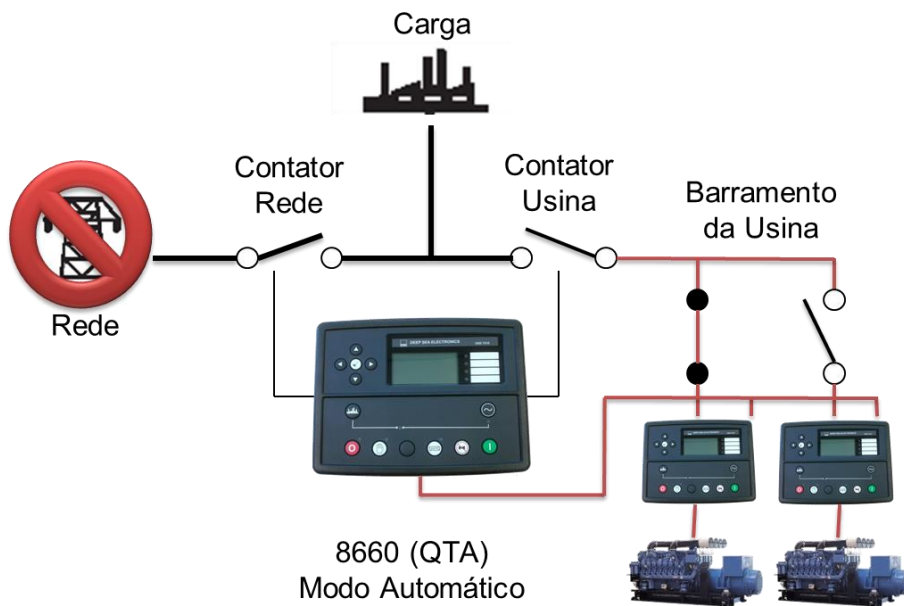
Após o tempo de confirmação de falha, o controlador 8660 envia o a solicitação de partida aos controladores dos geradores através de comunicação dedicada MSC link, conforme indicado na Figura 3.



**Figura 46 – Representação**

Os controladores das USCAs dos geradores e iniciam o funcionamento dos motores estabilizando os níveis de tensão e frequência nominais. Assim que o gerador de prioridade 01 estabilizar o controlador da USCA envia comando de fechamento para o contador do gerador, conforme indicado na Figura 4.

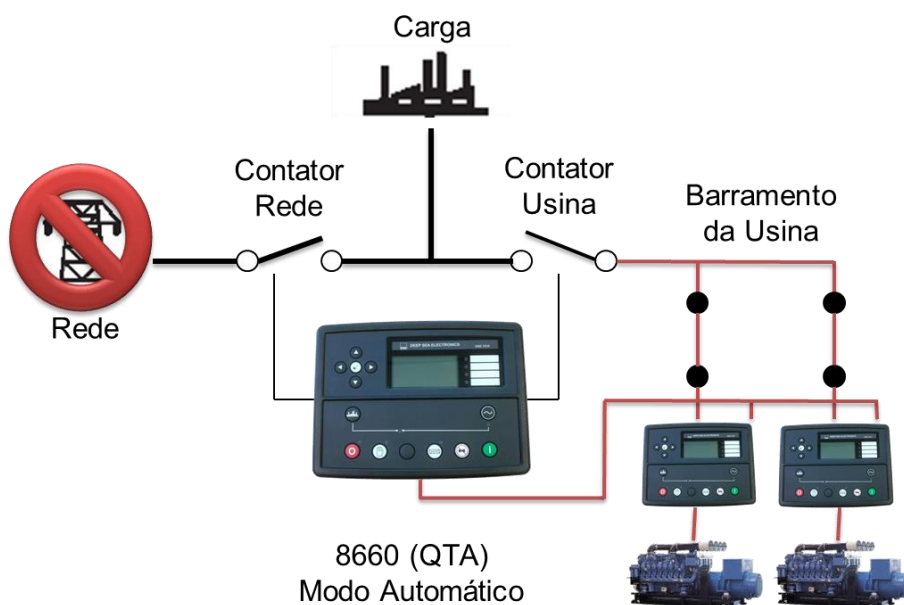




**Figura 47 – Representação**

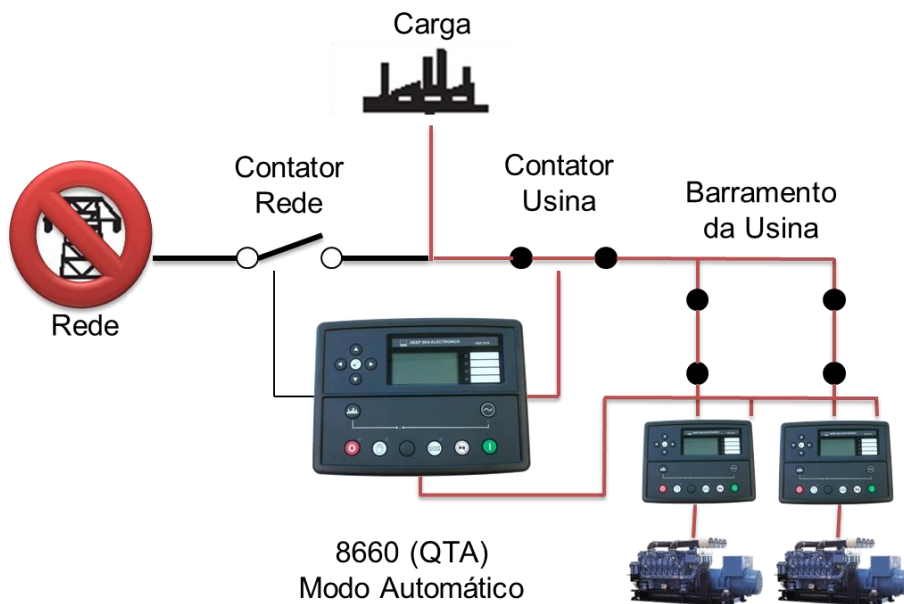
Após o gerador de prioridade 01 energizar o barramento da usina o gerador de prioridade 02 inicia o processo de sincronismo até que a defasagem entre os geradores seja próximo de  $0^\circ$ .

Quando o gerador 02 atinge o ponto de sincronismo, o controlador da USCA envia o comando de fechamento para o contador do gerador 02, conforme Figura 5.



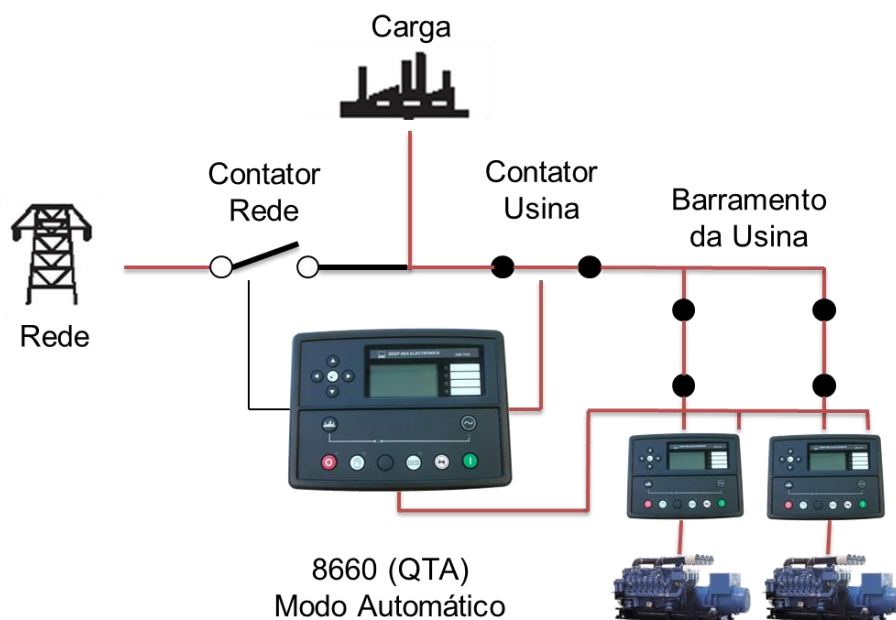
**Figura 48 – Representação**

Com os dois geradores energizando o barramento, o controlador 8660 do QTA envia o comando de fechamento ao contador da usina, que irá conectar o barramento energizado à carga, conforme indicado na Figura 6.



**Figura 49 – Representação**

O controlador 8660 do QTA mantém os geradores alimentando a carga e monitora a rede constantemente. Quando é identificado que a rede voltou à condição de normalidade, o controlador 8660 do QTA inicia uma contagem de confirmação de 60 segundos, conforme indicado na Figura 7.

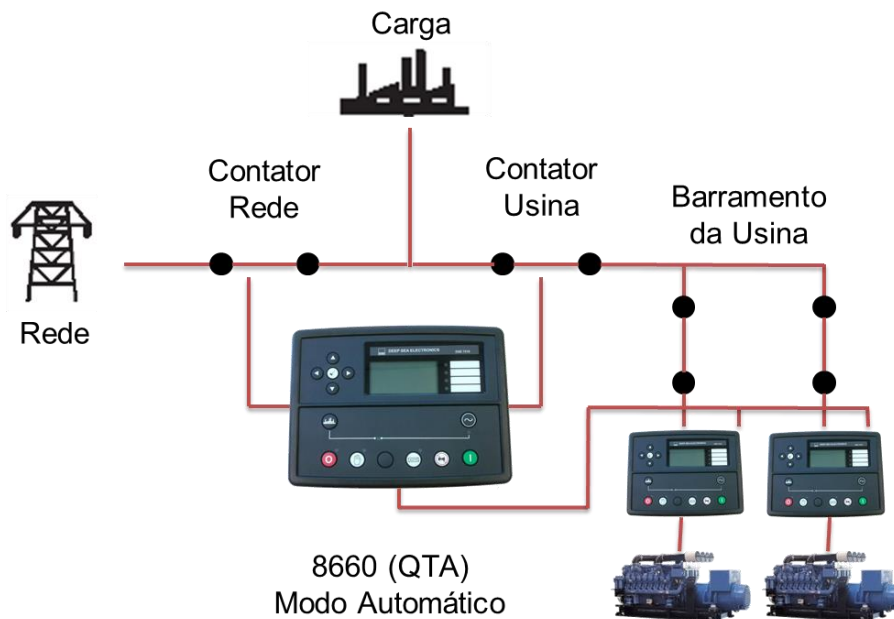


**Figura 50 – Representação**

Após o tempo de confirmação esgotar, o controlador 8660 inicia o processo de sincronismo até que a defasagem entre os geradores e a rede seja próximo de  $0^\circ$ .

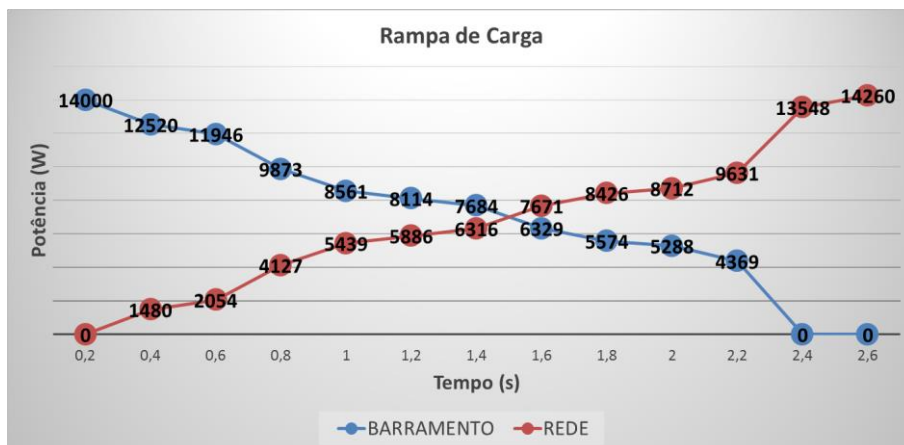
Quando os geradores atingem o ponto de sincronismo, o controlador da

USCA envia o comando de fechamento para o contator da rede, mantendo os geradores e rede em uma condição de paralelismo momentâneo, conforme Figura 8.



**Figura 51 – Representação**

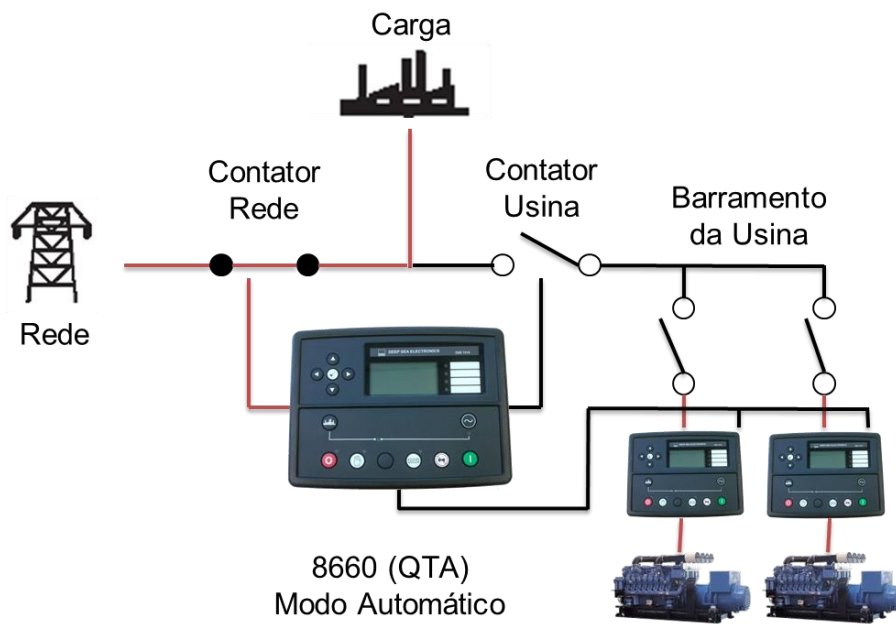
Com a rede e geradores em paralelo, o controlador 8660 inicia o processo de transferência da carga em rampa dos geradores para a rede sem que haja interrupção de fornecimento para a carga, conforme demonstrado na Figura 9.



**Figura 52 - Rampa de carga**

Após toda a carga ser transferida, o controlador 8660 envia o comando de abertura para o contator do barramento, e envia o comando de desligamento aos geradores.

Os controladores das USCAs dos geradores recebem o comando de desligamento e enviam comando de abertura dos contadores dos geradores e entram em processo de resfriamento dos motores, conforme Figura 10.



**Figura 53 – Representação**

O processo de resfriamento dos motores dura 3 minutos e após finalizado esse tempo os geradores desligam e permanecem em stand by.

## APÊNDICE B

### MANUAL DE MANUTENÇÃO DO GRUPO GERADOR DIESEL

Este manual de manutenção visa facilitar ao operador os procedimentos para correta manutenção preventiva dos grupos geradores estudados.

Serão abordados os seguintes pontos:

- Manutenção do sistema de lubrificação;
- Manutenção do sistema de combustível;
- Manutenção do sistema de arrefecimento;
- Troca de filtro de ar;

#### MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

A manutenção do sistema de lubrificação do grupo motor gerador abrange a troca de óleo lubrificante e filtros.

A troca de óleo lubrificante e filtros deve ser realizada a cada 250h de funcionamento.

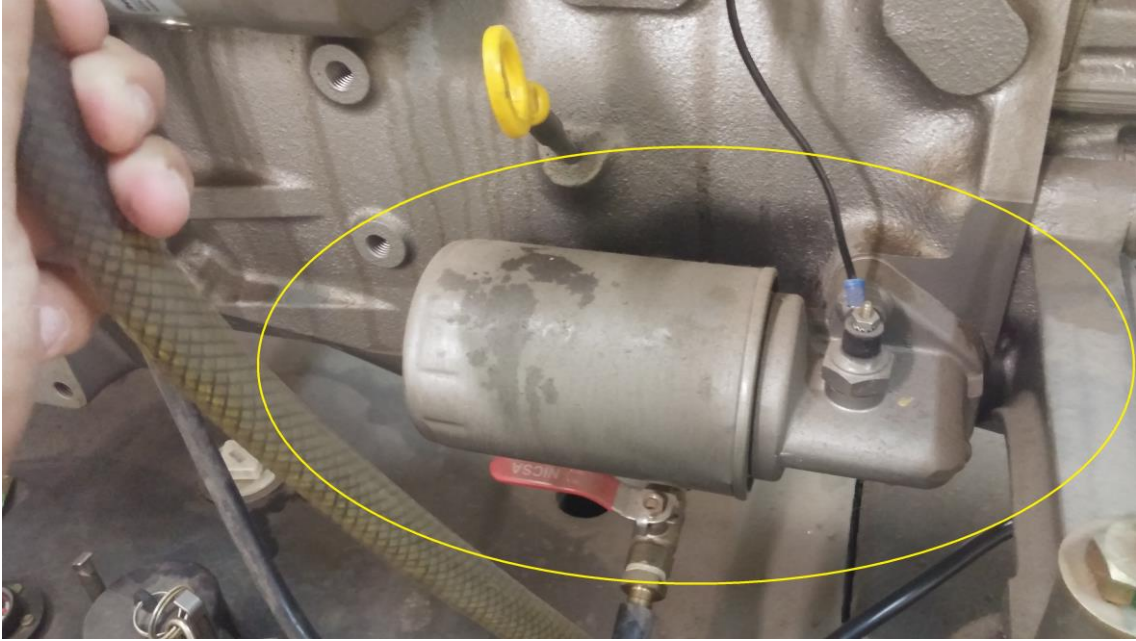
Para realizar a troca primeiramente deve-se seguir os seguintes passos:

- Drenar todo o óleo lubrificante do motor através do registro instalado no cárter do motor, localizado na parte inferior do bloco do motor, conforme indicado na Figura 1.



Figura 54 - Registro para drenar óleo lubrificante do motor

- Retirar o filtro de óleo lubrificante, localizado na lateral esquerda do bloco do motor conforme indicado na Figura 2.



**Figura 55 - Filtro de óleo lubrificante do motor**

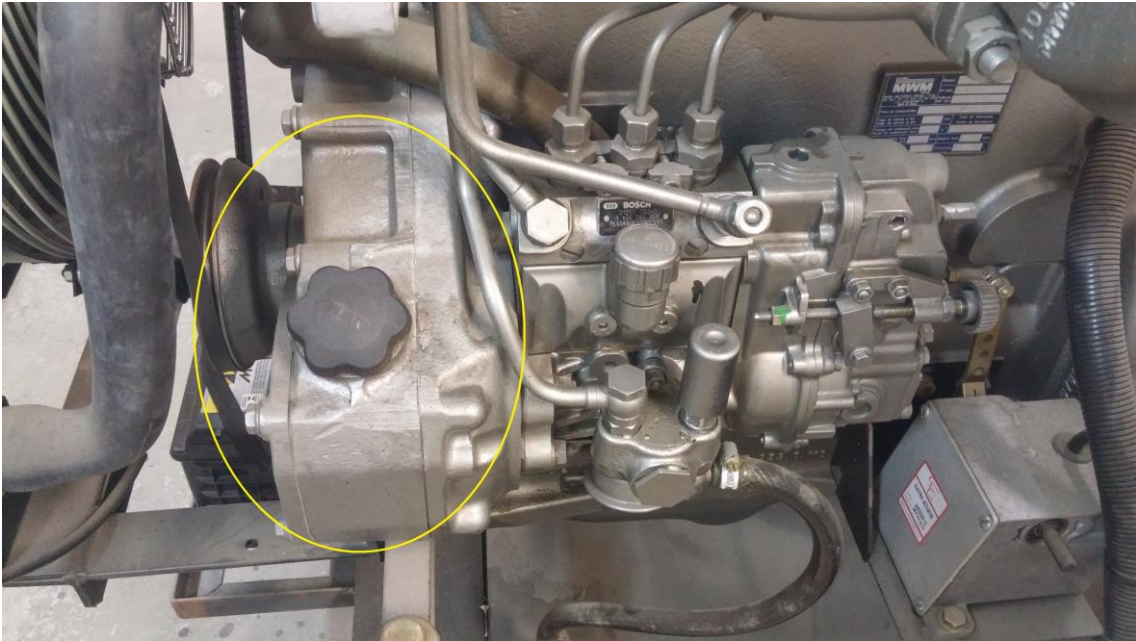
O óleo lubrificante drenado do motor é considerado um resíduo perigoso ao meio ambiente e o descarte incorreto pode provocar impactos negativos ao meio ambiente, por isso deve ser descartado em local adequado para tratamento de resíduos.

Após drenar todo o óleo, o registro deve ser fechado novamente.

Antes de instalar o novo filtro de óleo lubrificante, lubrificar levemente a junta do filtro e rosquear o filtro manualmente até que a junta encoste no cabeçote e apertar novamente mais meia volta. É indicado colocar filtro MANN W940/18, antes da instalação é indicado encher o filtro com óleo para evitar que o motor gire sem lubrificação no período de tempo que o óleo leva para completar o volume do filtro.

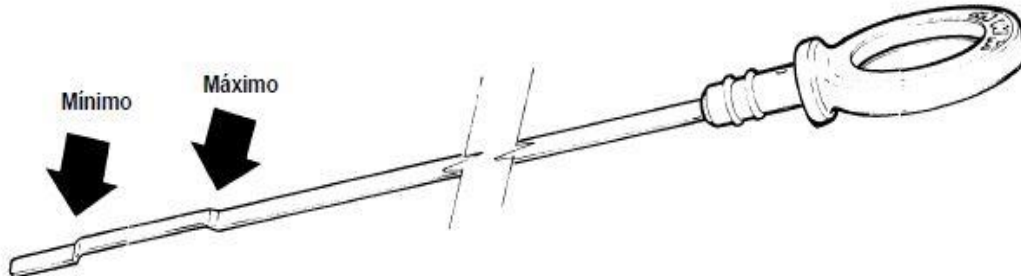
Abastecer novamente o motor com óleo lubrificante 15W40 SAE3 através do bocal de abastecimento localizado na lateral esquerda do bloco do motor, indicado na Figura 3.





**Figura 56 - Bocal de abastecimento de óleo lubrificante**

Monitorar a quantidade de óleo através da vareta indicada na Figura 4 até o óleo alcançar a marca superior, aproximadamente 7 litros (com filtro). Em seguida funcionar o motor verificando a vedação do filtro de óleo.



**Figura 57 - Vareta medidora de nível de óleo lubrificante**

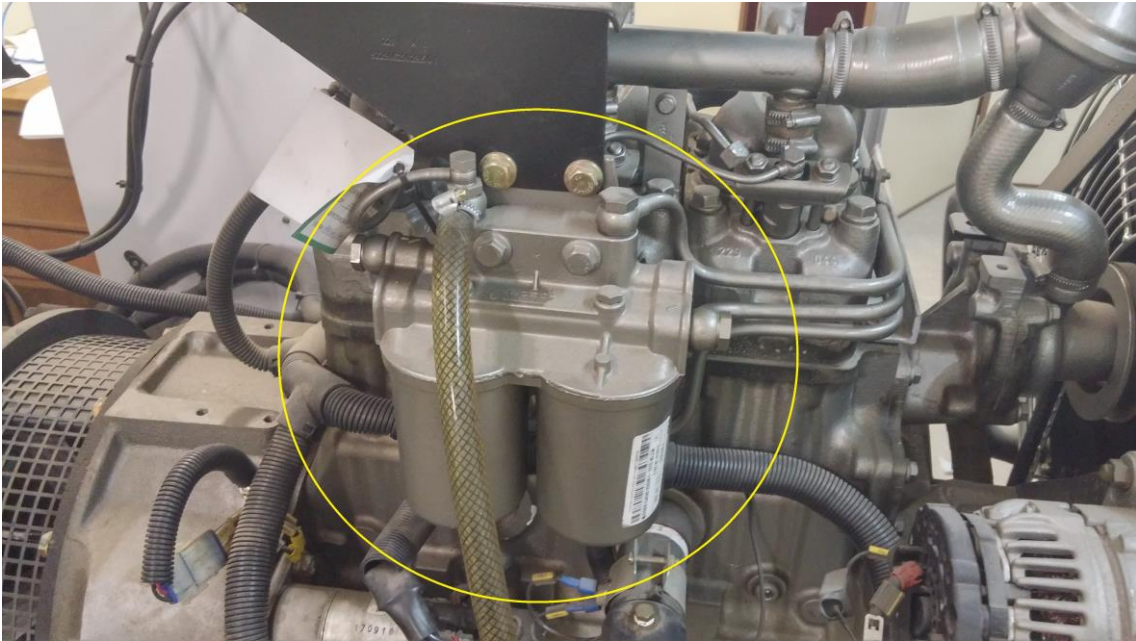
Parar o motor e em seguida verificar novamente o nível e completar se necessário. Repetir o esse processo até estabilizar o nível de óleo.

### SISTEMA DE COMBUSTÍVEL

A manutenção do sistema de combustível do grupo gerador diesel abrange troca do combustível e filtros.

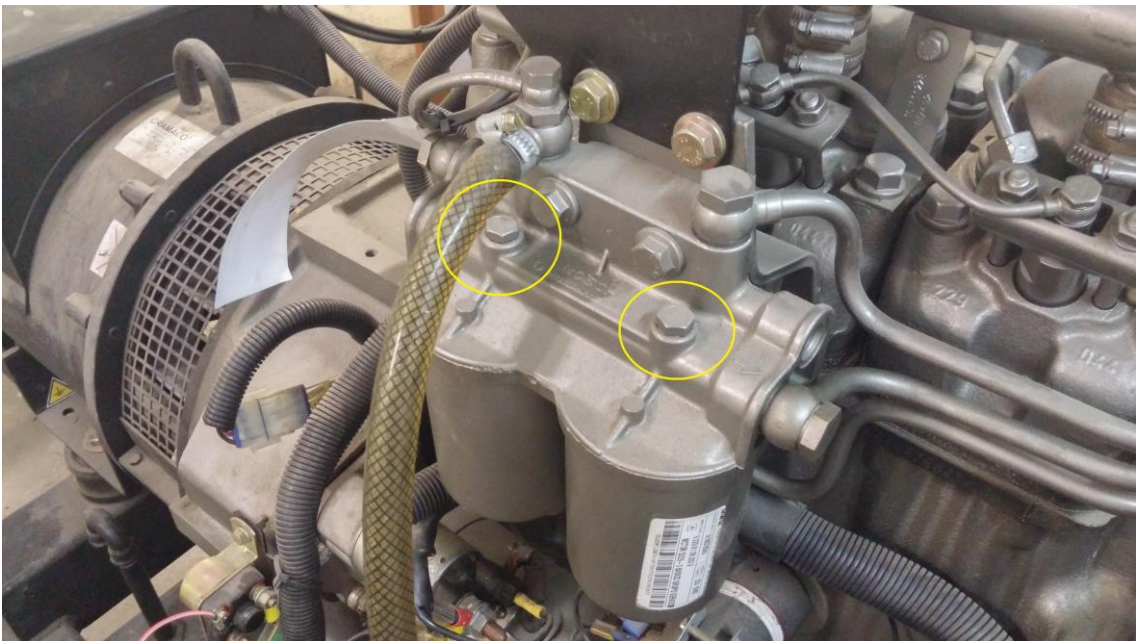
A troca do filtro de combustível deve ser realizada a cada 250 horas de funcionamento.

Não é necessário drenar todo o óleo diesel do bloco do grupo, basta retirar o filtro de combustível que fica localizado na lateral direita do bloco do motor, conforme mostrado na Figura 5.



**Figura 58 - Filtro de combustível do motor**

Solte os parafusos localizados na parte superior, indicado na Figura 6, para retirar o filtro.



**Figura 59 - Parafusos para soltar o filtro de combustível do motor**

É indicado usar apenas filtro de combustível original MWM PN90541050009.

#### SISTEMA DE ARREFECIMENTO

A manutenção do sistema de arrefecimento do grupo gerador diesel abrange a troca do líquido de arrefecimento e limpeza do radiador.

A manutenção deve ser realizada a cada 1000 horas de funcionamento.

Primeiramente é preciso drenar todo o líquido de arrefecimento do motor e



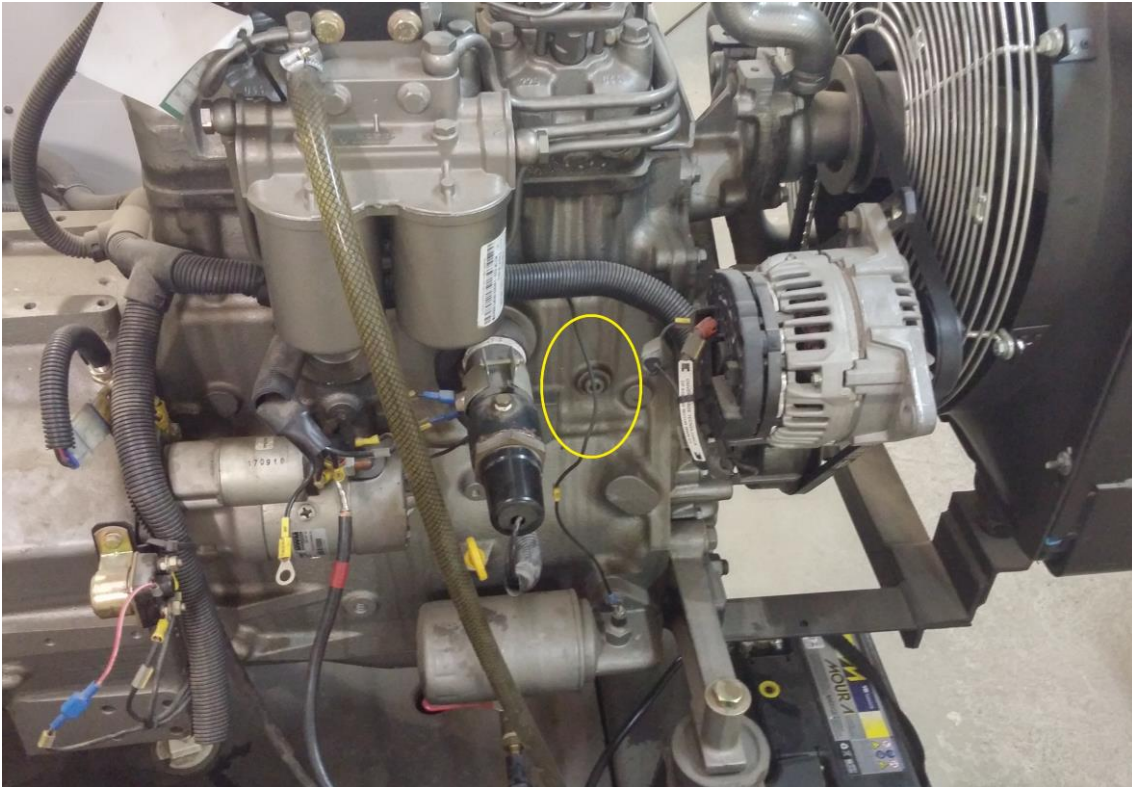
radiador, para isso deve-se seguir os seguintes passos:

- Desligue todos os disjuntores do painel de comando e aguarde até que o motor esteja frio.
- Remover a tampa do radiador localizada na parte superior do radiador, conforme indicado na Figura 8.



**Figura 60 - Tampa do radiador**

- Remover o bujão do bloco do motor que está localizado na lateral esquerda do bloco do motor, conforme indicado na Figura 9.



**Figura 61 –Bujão para drenar o liquido de arrefecimento**

- Abrir a torneira do radiador que está localizada na parte inferior do radiador, conforme indicado na Figura 10.



**Figura 62 - Torneira do radiador**

Após escoar todo o liquido de arrefecimento, reinstalar o bujão no bloco do motor e fechar a torneira do radiador.

Reabastecer o radiador através da tampa indicada na Figura 8 com água limpa adicionada de aditivo na proporção indicada na embalagem.

## TROCA DE FILTRO DE AR

A troca do filtro de ar do grupo gerador deve ser realizada a cada 250 horas de funcionamento.

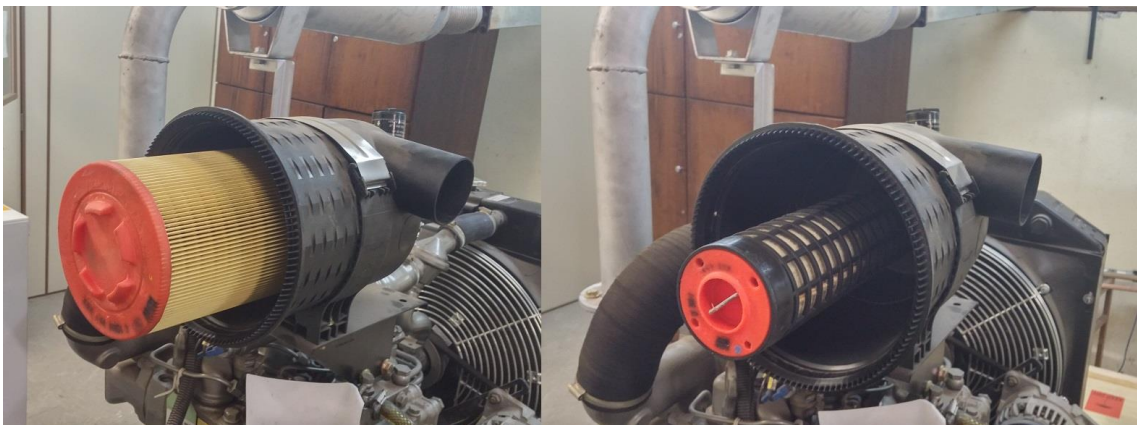
Para correta substituição do filtro deve-se seguir os seguintes passos:

- Soltar a tampa do compartimento do filtro indicadas na Figura 11.



**Figura 63 - Indicação das presilhas do compartimento do filtro de ar**

- Retirar o filtro gasto do compartimento, conforme Figura 12.



**Figura 64 - Indicação para remoção do filtro de ar**

- Instalar os filtros novos e prender a tampa novamente no local.
- É indicado usar filtros de ar MANN C15/300 e MANN CF300/1.

As demais manutenções solicitadas devem ser realizadas por profissionais especializados no tipo de serviço à ser realizado.

## MANUTENÇÃO DIÁRIA

<b>SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO</b>	
<input type="checkbox"/>	Verificar o nível de óleo do motor Diesel
<b>SISTEMA DE COMBUSTÍVEL</b>	
<input type="checkbox"/>	Drenar os sedimentos nos filtros (quando aplicável filtro com dreno)
<b>SISTEMA DE AR</b>	
<input type="checkbox"/>	Verificar restrições de ar
<input type="checkbox"/>	Limpar o elemento filtrante de ar
<input type="checkbox"/>	Inspeccionar as conexões
<b>SISTEMA DE ARREFECIMENTO</b>	
<input type="checkbox"/>	Verificar o nível da água e/ou funcionamento do pré-aquecimento
<input type="checkbox"/>	Verificar restrições no fluxo de ar do radiador
<b>OUTRAS PROVIDÊNCIAS</b>	
<input type="checkbox"/>	Verificar infiltrações e/ou vazamentos



## MANUTENÇÃO MENSAL

<b>SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO</b>	
<input type="checkbox"/>	Verificar o nível do óleo ou troca se estiver expirado o período de uso
<input type="checkbox"/>	Verificar os filtros ou trocar se houver a troca de óleo lubrificante
<b>SISTEMA DE COMBUSTÍVEL</b>	
<input type="checkbox"/>	Verificar o filtro ou trocar se ultrapassou o limite de horas de uso indicado no manual do motor
<input type="checkbox"/>	Limpar respingos
<input type="checkbox"/>	Verificar o nível de óleo combustível
<b>SISTEMA DE AR</b>	
<input type="checkbox"/>	Limpeza ou troca do elemento filtrante se houver vencido o período de uso
<input type="checkbox"/>	Verificar tubulações e conexões
<input type="checkbox"/>	Verificar restrições no fluxo de ar
<b>SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO</b>	
<input type="checkbox"/>	Verificar a limpeza do radiador e limpa-lo se for necessário
<input type="checkbox"/>	Verificar mangueiras e conexões
<input type="checkbox"/>	Verificar e/ou completar o nível da água e funcionamento do pré-aquecimento
<b>SISTEMA ELÉTRICO</b>	
<input type="checkbox"/>	Verificar a(s) bateria(s), o líquido eletrolítico e a condição de carga
<input type="checkbox"/>	Verificar e reapertar se necessário todos os parafusos do sistema de controle e potência
<input type="checkbox"/>	Limpar os painéis com um pano seco
<b>OUTRAS PROVIDÊNCIAS</b>	
<input type="checkbox"/>	Verificar infiltrações e vazamentos nas proximidades do GMG

## MANUTENÇÃO A CADA 250 HORAS

<b>SISTEMA ELÉTRICO</b>	
<input type="checkbox"/>	Verificar a(s) bateria(s), o líquido eletrolítico e a carga
<input type="checkbox"/>	Verificar e reapertar todos os parafusos do sistema de controle e carga
<input type="checkbox"/>	Limpar os painéis
<b>OUTRAS PROVIDÊNCIAS</b>	
<input type="checkbox"/>	Revisar todas as conexões e fixações do Grupo Gerador
<input type="checkbox"/>	Verificar infiltrações e vazamentos nas proximidades do GMG
<b>SISTEMA DE COMBUSTÍVEL</b>	
<input type="checkbox"/>	Troque o(s) filtro(s)
<input type="checkbox"/>	Limpar respingos
<input type="checkbox"/>	Verificar o nível de óleo combustível
<input type="checkbox"/>	Drenar a água condensada no(s) tanque(s) de combustível
<input type="checkbox"/>	Verificar o solenoide de parada está funcionando normalmente
<b>SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO</b>	
<input type="checkbox"/>	Troque o óleo lubrificante
<input type="checkbox"/>	Troque os filtros de óleo lubrificante
<input type="checkbox"/>	Verificar a pressão do óleo lubrificante após a troca do mesmo
<b>SISTEMA DE AR</b>	
<input type="checkbox"/>	Verificar e reapertar tubulações e conexões
<input type="checkbox"/>	Verificar restrições no fluxo de ar (corrija se necessário)
<input type="checkbox"/>	Troca de filtro de ar Primário e Secundário

## MANUTENÇÃO A CADA 1000 HORAS

<b>PROCEDIMENTOS</b>	
<input type="checkbox"/>	Trocar correia
<input type="checkbox"/>	Regulagem de válvulas
<input type="checkbox"/>	Teste de bicos injetores
<b>SISTEMA ELÉTRICO</b>	
<input type="checkbox"/>	Verificar a bateria, o líquido eletrolítico e a carga
<input type="checkbox"/>	Verificar e reapertar todos os parafusos do sistema de controle e carga
<input type="checkbox"/>	Limpar os painéis
<b>GERADOR</b>	
<input type="checkbox"/>	Medir e registrar a resistência de isolamento
<input type="checkbox"/>	Verificar e reapertar os parafusos de fixação do Grupo Gerador
<input type="checkbox"/>	Engraxar os mancais
<b>OUTRAS PROVIDÊNCIAS</b>	
<input type="checkbox"/>	Revisar todas as conexões e fixações do Grupo Gerador
<input type="checkbox"/>	Verificar infiltrações e vazamentos nas proximidades do GMG
<b>SISTEMA DE COMBUSTÍVEL</b>	
<input type="checkbox"/>	Troque os filtros
<input type="checkbox"/>	Limpar respingos
<input type="checkbox"/>	Verificar o nível de óleo combustível
<b>SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO</b>	
<input type="checkbox"/>	Troque o óleo lubrificante
<input type="checkbox"/>	Troque os filtros de óleo lubrificante
<input type="checkbox"/>	Verificar a pressão do óleo lubrificante após a troca do mesmo
<b>SISTEMA DE AR</b>	
<input type="checkbox"/>	Troca de filtro de ar Primário / Secundário
<input type="checkbox"/>	Verificar e reapertar tubulações e conexões
<input type="checkbox"/>	Verificar restrições no fluxo de ar (corrija se necessário)
<b>SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO</b>	
<input type="checkbox"/>	Troca do líquido de refrigeração.