

## ANÁLISE DE ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO DE SISTEMA DE ENERGIA PARA RADAR DE APROXIMAÇÃO TA-10SST DA FORÇA ÁREA BRASILEIRA

*Data de aceite: 03/06/2024*

### **Felipe Coutinho de Souza**

Engenheiro Eletricista (UFRO); Sargento da Força Aérea Brasileira (FAB)

### **Fabício Moraes de Almeida**

PhD in Physics (UFC), with post-doctorate in Scientific Regional Development (DCR/CNPq). Specialist in Production Engineering (FUNIP). Researcher of the Doctoral and Master Program in Regional Development and Environment (PGDRA/UFRO). Leader GEITEC — Federal University of Rondônia, Brazil. He was a ResearcherCNPq DTI - Level A

### **Paulo de Tarso Carvalho de Oliveira**

Master in Electrical Engineering. Professor at the Department of Electrical Engineering. University Federal District of Rondônia (UFRO), Brazil

### **David Lopes Maciel**

Master of Science in Emergent Technologies in Education. MUST UNIVERSITY, MUST, EUA, Academic of the Doctoral Program in Regional Development and Environment (PGDRA/UFRO)

**RESUMO:** Um sistema ininterrupto de energia é caracterizado pela continuidade, confiabilidade e qualidade do fornecimento de energia. É sobre este sistema que o capítulo de livro se debruça. Para que uma carga crítica do sistema de proteção ao voo seja colocada em operação é necessário implementar um conjunto de infraestrutura que obedeça às recomendações de normas internacionais. Neste capítulo de livro são abordados os equipamentos que compõem essa infraestrutura, mostrando a importância e relevância destes no processo que requer segurança e confiabilidade do sistema. O Radar de Aproximação TA-10SST é o equipamento crítico mencionado, ele é de extrema importância para o controle de tráfego aéreo de aproximação num aeródromo. Garantir e manter a qualidade da energia para este equipamento é uma forma de manter a disponibilidade do sistema de proteção ao voo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Energia ininterrupta. Radar de Aproximação. Infraestrutura. Engenharia de Manutenção.

# ENGINEERING OF MAINTENANCE FOR THE TA-10SST APPROACH RADAR ENERGY SYSTEM OF THE BRAZILIAN AIR FORCE

**ABSTRACT:** An uninterrupted power system is characterized by continuity, reliability, and quality of energy supply. This system is the focus of the thesis. To deploy a critical load of the flight protection system, it is necessary to implement a set of infrastructure that adheres to international standards. This work discusses the equipment that makes up this infrastructure, highlighting their importance and relevance in a process that requires safety and system reliability. The TA-10SST Approach Radar is the critical equipment mentioned; it is of extreme importance for the control of air traffic approach at an aerodrome. Ensuring and maintaining the quality of energy for this equipment is a way to keep the availability of the flight protection system.

**KEYWORDS:** Uninterrupted energy. Approach Radar. Infrastructure. Maintenance

## INTRODUÇÃO

A “qualidade da energia elétrica” é um termo de busca incessante pelo sistema elétrico de potência e grandes consumidores, dentre eles as indústrias e as companhias de telecomunicações. Os fenômenos causadores dos distúrbios na rede elétrica são objetos de muitos estudos e projetos de desenvolvimento para adoção de medidas práticas e viáveis ao ponto de vista econômico.

Para os especialistas, a conceituação da perda da qualidade de energia é basicamente desvios qualquer que seja na forma de onda, magnitude ou frequência da tensão que cause falhas ou má operação em equipamentos elétricos. Haja vista que independente dos motivos que afetam a qualidade da energia, sabemos que os equipamentos e máquinas da atualidade são mais sensíveis aos distúrbios de energia, principalmente os que detêm controles microprocessados e eletrônica de potência (PAULILO, 2013).

Na esfera de consumidores, é possível corrigir estes problemas que podem ser extremamente danosos a equipamentos de telecomunicações, processadores de sinais como datacenters. Inevitavelmente, será necessário investir em outros equipamentos específicos com o objetivo de tratar a energia da concessionária que chega ao medidor, de forma a garantir continuidade, qualidade e confiabilidade da energia. No decorrer deste trabalho analisaremos o sistema de energia necessário para proporcionar um fornecimento ininterrupto e qualitativo para operação de um radar de aproximação aeroportuário.

Algumas abordagens históricas serão feitas para embasar a importância da segurança da aviação civil internacional e o quanto foi feito para que nos dias atuais houvesse um sistema padronizado e universal.

## Objetivos

De forma geral, o foco é analisar as etapas de planejamento, implantação e manutenção do sistema seguro de energia que garante alimentação ininterrupta ao Radar TA-10SST. Já os objetivos específicos, são: Caracterizar e descrever os mecanismos de funcionamento do Radar TA-10SST; Descrever a importância da alimentação ininterrupta de energia elétrica; Analisar o planejamento de um sistema de energia para o Radar TA-10SST e demonstrar a implantação e processos de manutenção do sistema de energia elétrica.

## Justificativa

Discutir sobre sistema de energia é de suma importância na análise do tipo de carga a ser alimentada. É preciso conhecer a filosofia de operação e funcionamento dos equipamentos a serem energizados para modelar um sistema que atenda suas demandas específicas. O presente trabalho tem justamente estes conceitos como objetivo, sobretudo da importância de um sistema ininterrupto de energia; em tempos onde a tecnologia avança, inovando a todo momento em defesa da qualidade e da eficiência energética na tentativa de construir um mundo sustentável.

Ao analisar a implantação de um sistema de energia, veremos a organização das etapas numa obra a qual pode ter um custo exagerado caso não tenha planejamento. Os conceitos de manutenção são importantes por justamente manterem as máquinas em bom estado de funcionamento e satisfatória confiabilidade, etapas que trarão longevidade e garantirão funcionamento adequado a essas máquinas, agregando valor ao sistema.

## METODOLOGIA

Para atingir os objetivos esperados este estudo consiste em pesquisa aplicada de caráter descritivo, visando analisar as etapas de planejamento, implantação e manutenção de sistema de energia ininterrupto. Através de tratamento qualitativo da base de dados secundários, como livros, trabalhos acadêmicos e artigos científicos. Para compreender a importância das ações mantenedoras que contribuem para durabilidade e expectativa de continuidade prolongada do sistema.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### Sistemas de energia

No contexto histórico, de acordo com Cavalcanti et al. (2018) na segunda metade do século XVIII, ocorreu uma série de mudanças econômicas, sociais e tecnológicas o que provocou mudanças em vários países europeus e acabou alterando a relação entre as sociedades humanas. Uma das consequências dessas mudanças foi a promoção do desenvolvimento de novas tecnologias, por isso, a energia elétrica é considerada um marco no processo de desindustrialização e produção de conhecimento. Cavalcanti et al. (2018, p. 864).

Para Morais (2015, p. 25), “A energia solar, hidrelétrica, nuclear, eólica e outras energias convertidas em energia elétrica tornaram-se recursos indispensáveis para o desenvolvimento social e econômico de muitos países”.

Portanto, à medida que ocorriam avanços tecnológicos na geração e transmissão de energia, observavam-se áreas antes pobres e desabitadas, transformando-se em grandes centros urbanos e industriais. Bueno e Brandão (2016) comentam que no Brasil, a grande maioria da energia gerada é por hidrelétrica. Contudo, em períodos de baixa hídrica, não é possível manter turbinas em operação, então são acionadas usinas termoelétricas para compensar este déficit na geração hidrelétrica. Entretanto, de modo geral, pode-se afirmar que há uma forte dependência das hidrelétricas e do armazenamento de água. Diniz (2019, p.11) ratifica isto, dizendo: “o Brasil construiu uma matriz elétrica dominada por hidrelétricas”.

### Sistema Elétrico de Potência - SEP

O Sistema Elétrico de Potência (SEP) é um conjunto de equipamentos e instalações responsável pela geração, transmissão e distribuição de energia elétrica até a medição do consumidor. Neste conjunto fazem parte geradores, transformadores, subestações, linhas de transmissão, redes de distribuição, proteções e controle (NR-10, 2004).

Em relação à distribuição de energia, Gouvêa (2019) afirma que as concessionárias de distribuição de energia possuem responsabilidade de distribuir a energia dentro de suas áreas de concessão à revelia. Além disso, as também têm que as finalidades de responsável pelo gerenciamento do sistema de distribuição. Portanto, a concessionária de energia é responsável por manter a qualidade do fornecimento de energia e a manutenção do sistema elétrico.

Lorca (2018) menciona sobre os níveis de tensão, que de acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) eles foram determinados e devem ser respeitados pela concessionária para garantir o bom funcionamento do sistema de distribuição. Como resultado, a administração Estadual de Eletricidade estabeleceu regras básicas para regular

a excelência dos serviços de distribuição de energia. Por fim acrescenta Lorca (2018, p. 1) “esses níveis são indicadores de qualidade e podem ser considerados adequados, voláteis ou críticos”.

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (2018), no documento II intitulado “Procedimentos para Distribuição dos Sistemas Elétricos Nacionais” (PRODIST), estes níveis podem ser classificados da seguinte forma: Alta tensão de distribuição (AT): valor eficaz da tensão entre as fases correspondentes entre 69 kV até 230 kV. Média tensão de distribuição (MT): valor eficaz da tensão entre as fases correspondentes entre 1 kV até 44 kV. Baixa tensão de distribuição (BT): valor eficaz da tensão entre as fases inferior ou igual a 1 kV.

Buscando parâmetros de qualidade e continuidade de fornecimento atendam às exigências, a Revista Técnico-Científica do CREA-PR - ISSN 2358-5420 - Edição 23 - Março 2020 - Página 3 de 21 Distribuição de Energia Elétrica Carga Excessiva para as Empresas, Manual de Procedimentos de Distribuição - PRODIST (ANEEL, 2018) define por meio do módulo 8 a qualidade de fornecimento de energia pelas concessionárias de energia elétrica.

## CONCEITOS DE PLANEJAMENTO

Segundo Nócera (2010), podemos definir um projeto como uma tarefa executada dentro de um plano, esboço ou escopo específico do risco de trabalho. Porém, com o uso, o termo projeto passa a englobar uma série de ações, atividades, recursos físicos e humanos.

Vargas (2005) revisou as mudanças ocorridas, e a indústria da construção civil tem sido um dos ramos mais modificados substancialmente nos últimos anos. À medida que a competitividade aumenta, a globalização do mercado, a necessidade de edifícios mais modernos, a velocidade com que surgem novas tecnologias, o grau de exigência dos clientes, todos esses fatores levam as empresas a perceberem que é extremamente importante investir em gestão e controle de processos.

Dessa forma, os processos de planejamento e controle passam a ter um papel fundamental nas empresas, pois têm grande influência no resultado do produto final. No entanto, não basta planejar, não basta definir antecipadamente os métodos, prazos e recursos a serem utilizados sem monitorar as atividades e comparar os resultados reais com os planejados. Portanto, segundo Nócera (2010), o planejamento pode ser dividido em quatro etapas:

- **Planejar:** Nesta primeira parte, o objetivo da equipe de planejamento do trabalho é atender a lógica construtiva do negócio, criando tempo e alvo físico. **Projeto de Pesquisa:** Inclui análise de projeto, acesso técnico aos locais de trabalho e identificação de distúrbios.

- Método de Definição: Envolve a definição do processo construtivo, o plano de execução da obra, a sequência das atividades, a logística de recebimento de materiais e equipamentos.

Gerar programações e cronogramas: Isso é para coordenar as informações para que o trabalho tenha um cronograma razoável. Essa etapa deve levar em conta a quantidade e a produtividade empregadas no orçamento.

- Desempenhar: Essa fase é a concretização do plano, onde tudo planejado no papel vai para a prática da realização física. Notificação: Corresponde a explicar a todos os participantes do projeto o método a ser utilizado, a sequência das atividades e a duração prevista de cada projeto. Atividade de execução: Inclui a realização física do plano. Para gerenciar adequadamente um negócio, é necessário saber o que é programação funcional no local que serão usados manequins e na direção dos artistas.
- Checar: Essa etapa é a aferição do que foi planejado com o que foi efetivamente realizado. Essa função de verificação consiste em comparar o previsto com o realizado e apontar as diferenças referentes a prazo, custo e qualidade. Avaliação do trabalho concluído: Esta etapa inclui uma pesquisa de campo de trabalho concluído durante o período. Para determinar se um atraso é temporário ou contínuo, todas as informações que possam ajudar a descobrir o atraso devem ser coletadas e disponibilizadas. Informações sobre se o atraso foi temporário ou permanente, quanto tempo foi e quanto se desviou do planejado precisam ser anotadas.
- Agir: Quando há desvio nos resultados do trabalho de campo, o planejamento deve ser ajustado. Quanto mais tempo demorar para detectar o motivo do desvio, maior será o buraco no planejamento. A razão para o desvio deve ser encontrada e avaliada. Na indústria da construção, o ciclo PDCA (também chamado de Plan-Do-Check-Act) é usado com muita frequência, ele é mais conhecido como ciclo de planejar, fazer, verificar e agir. O ciclo de vida de um projeto é dividido em etapas que representam os diferentes períodos de existência do projeto. Todo projeto tem uma data de início e término, e quando essas datas são atingidas, os objetivos do projeto foram alcançados (Nocera, 2010).

Um projeto envolvendo engenharia deve passar por uma progressão lógica para desenvolver o produto final. Vargas (2007) mostra como funciona o ciclo de vida de um projeto, afirmando que o nível de esforço do projeto começa quase em zero, depois aumenta até atingir um valor máximo, depois começa a diminuir repentinamente até chegar a zero, que é o fim do projeto. O ciclo de vida de um projeto é bem explicado a seguir, onde mostra quais fases do projeto requerem recursos humanos, materiais e recursos financeiros adicionais.



Figura 1 – Etapa de um planejamento / projeto

Fonte: Mattos (2010)

## PERT CPM

PERT (Técnica de Avaliação e Revisão do Programa) e CPM (Método do Caminho Crítico) são ferramentas muito conhecidas em gerenciamento e planejamento de projetos (Zhu e Heady, 1994).

Segundo Cyrino (2017), essas técnicas foram desenvolvidas de maneira independente na década dos anos 50, entretanto, por serem muito parecidas, o termo PERT/CPM foi genericamente utilizado como uma única técnica. O PERT foi criado pela NASA com a finalidade de controlar o tempo e a execução de tarefas. O CPM foi criado pela Dupont, uma empresa norte-americana e tinha finalidade de realizar paradas de manutenção no menor tempo possível para recursos constantes.

Para Mattos (2010), os diagramas PERT/CPM admitem a indicação de relações lógicas de precedência entre as inúmeras atividades de um projeto e que seja determinado o caminho crítico, ou seja, a sequência de atividades que, se porventura sofrer atraso em alguma de suas componentes, irá refletir transmitindo ao término do projeto. Pode-se identificar as datas (mais cedo ou mais tarde) em que cada atividade será iniciada, bem como as folgas que elas possuem através de cálculos numéricos.

## MANUTENÇÃO

Segundo a NBR 5462 (1994), manutenibilidade é a capacidade de manter ou recolocar um item em funcionamento exercendo suas funções previstas através de procedimentos e meios prescritos.

O planejamento para manutenção de equipamentos pode impactar significativamente o desempenho de um sistema de energia. Porém, o grande desafio para desenvolver o planejamento de manutenção hoje, é saber identificar quando e de que forma pode ser

realizada interferências em determinados equipamentos. Segundo Kardec e Nascif (2009), a manutenção precisa estar voltada para contribuir não apenas para ser eficiente, mas, para se tornar eficaz no processo de implantação e desenvolvimento dos objetivos almejados dentro das organizações.

Para Gaio (2016), a engenharia de manutenção é uma forma adotada de gestão de manutenções, no sentido de consolidar uma rotina e adotar uma política de melhorias contínuas nas atividades de manutenção. Kardec e Nascif (2009), ressalta que é de responsabilidade da engenharia de manutenção aumentar a confiabilidade, a disponibilidade e a segurança dos equipamentos; buscar novos projetos, elaborar planos de manutenção e inspeção, fazer análise de falha e ainda garantir a capacitação da equipe.

Ainda de acordo com Kardec e Nascif (2009), na manutenção de equipamentos, a interferência pode ocorrer de diversas formas. Dentre as formas existentes, são destacados alguns tipos no diagrama apresentado abaixo:

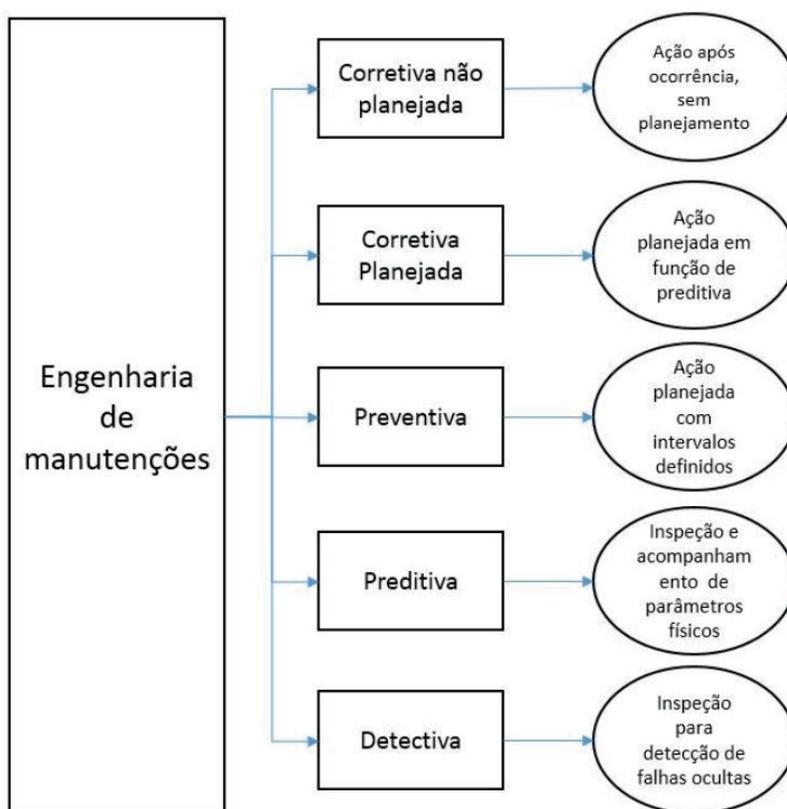


Figura 2 — Diagrama dos tipos de manutenção

Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif (2009)

A manutenção corretiva e não planejada é a forma mais simples de manutenção. É caracterizada basicamente em deixar instalações e equipamentos funcionarem até a falha. Para isso, o trabalho de manutenção dessa falha, é realizado apenas após a “quebra” do equipamento, sem acompanhamento necessário e até mesmo sem um planejamento prévio. O que implica em custos altos e baixa confiabilidade, já que pode gerar danos imprevisíveis ao equipamento, até mesmo em alguns casos, irreversíveis (OTANI; MACHADO, 2008).

A manutenção corretiva planejada é aplicada geralmente quando há uma intenção de conserto. São aquelas manutenções realizadas a fim de eliminar em alguns casos, uma falha encontrada ainda em estágio inicial. Para isso, planeja-se um melhor período para ser realizado esse tipo de atividade, ou até mesmo, logo após a falha do equipamento.

Já a manutenção preventiva, requer um planejamento prévio, a fim de decidir o melhor momento para a parada forçada e a realização das ações de adequação. Segundo Duarte (2018) essa manutenção apresenta uma melhor eficácia quando os intervalos de tempo estão determinados. Assim, obedecendo a um plano previamente elaborado (KARDEC; NASCIF, 2009).

A manutenção preditiva por sua vez, é um tipo de manutenção recente. Onde só passou a ser considerada como uma importante ferramenta de produtividade a partir de 1970, conforme destaca Pinheiro (2018). É o tipo de manutenção que se faz necessário o acompanhamento e análise de variáveis e parâmetros de desempenho de máquinas e equipamentos, buscando identificar o momento mais adequado para interferências, permitindo a continuidade do equipamento pelo máximo de tempo possível. De acordo com Otani e Machado (2008) o termo preditivo deriva do fato de prever as condições em que se encontra o equipamento.

A manutenção detectiva, ainda mais recente que a preditiva, busca a identificação de falhas ocultas, as quais não são facilmente ou inicialmente percebidas. Para Kardec e Nascif (2009) esse tipo de manutenção aumenta a disponibilidade e durabilidade dos equipamentos, selecionando os componentes mais indicados para segurança do sistema operacional.

De acordo com Kardec e Nascif (2009), a manutenção, para ser estratégica, precisa estar voltada para os resultados empresariais da organização. É preciso, sobretudo, deixar de ser apenas eficiente para se tornar eficaz, ou seja, não basta, apenas, reparar o equipamento ou a instalação tão rápida quanto possível, mas é preciso, principalmente, manter a função do equipamento disponível para a operação, reduzindo a probabilidade de uma parada de produção não planejada. Pode-se dizer que uma manutenção estratégica deve ter reflexo nos resultados operacionais em algum ou alguns dos seguintes aspectos:

- Aumento da disponibilidade;
- Aumento do faturamento e do lucro;
- Aumento da segurança pessoal e das instalações;
- Redução da demanda de serviços;
- Redução de custos;
- Redução de lucros cessantes;
- Preservação ambiental.

## **Engenharia de manutenção**

Segundo Onnze Engenharia (s. d.) grupamento oriundo de dentro da estrutura da manutenção, iniciando na década de 1990. Possui as principais atribuições:

- a. Controlar os Padrões e Procedimentos de Trabalho da Manutenção;
- b. Gerenciar os planos de inspeção, manutenção preventiva e preditiva;
- c. Incorporar novas tecnologias de inspeção e manutenção preditiva;
- d. Representar a manutenção na interface com a engenharia de novos projetos;
- e. Gerenciar o programa sistemático de capacitação do pessoal da manutenção;
- f. Controlar a documentação técnica da manutenção.

Segundo SILVA (2003), a Engenharia de Manutenção preocupa-se com a produção do serviço, investindo no desenvolvimento de técnicas para intervenção nos equipamentos e instalações em geral, além de investir em capacitação de pessoal. Com o planejamento e gerenciamento de sistemas, busca-se a automanutenção dos equipamentos e instalações, para que funcionem dentro dos requisitos requeridos de confiabilidade e disponibilidade, atrelados ao menor custo, preservando a vida e a segurança das instalações. Além de buscar o aumento contínuo da produtividade e da qualidade dos produtos.

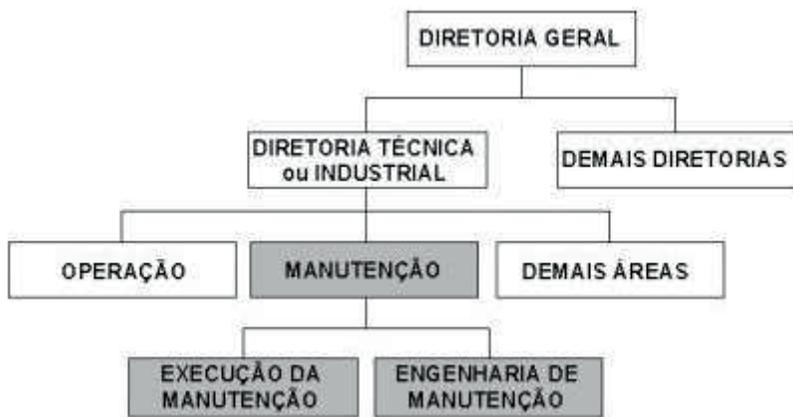


Figura 3 — Organograma de uma empresa com setor de manutenção

Fonte: SILVA (2003)

## ESTUDO DE CASO

### Apresentação

No início deste capítulo é abordado o contexto histórico da aviação civil internacional e o estabelecimento de uma estrutura organizacional regulamentadora e seu aperfeiçoamento ao longo do tempo. São apresentadas as organizações nacionais que regulamentam a aviação nacional, em continuidade é abordado sobre o Radar de Aproximação TA-10SST, seus princípios de funcionamento e suas principais características. Mais adiante é comentado sobre os tipos de infraestruturas certificadas pela Uptime Institute logo após, discorre-se no detalhamento dos equipamentos do sistema de infraestrutura responsável por manter o radar em operação.

### Contexto histórico da regulamentação da aviação civil internacional

Após a segunda guerra mundial, tivemos um cenário oportuno para o desenvolvimento da navegação aérea civil, pois a produção de aeronaves foi incentivada para fins bélicos no período entre guerras. O fim da segunda guerra não só foi marcado por um cenário de tragédias humanas, mas trouxe uma experiência imensa com a aviação e fomentou significativamente as possibilidades técnicas e operacionais do transporte aéreo civil. Porém, era necessário implementar um modelo de sistema que fosse universal, tanto para aeroportos, aeródromos; quanto para aeronaves, equipamentos, operações de tráfego, entre outros do seguimento (ICAO, 2020).

Frente a esses fatos, foi criada em 7 de dezembro de 1944 a ICAO (International Civil Aviation Organisation) ou OACI (Organização de Aviação Civil Internacional), uma agência governamental das Nações Unidas que tem o objetivo de desenvolver técnicas

de navegação aérea internacional, desenvolver o progresso do transporte aéreo regulamentando este setor para a promoção de segurança, eficiência e economia. Para isto foram instituídos 19 anexos que estabelecem padrões e práticas recomendadas para a aviação civil internacional - SARPs (ICAO, 2020).

Esta Organização possui um Conselho de caráter permanente e o Brasil juntamente a outros 35 países o constitui desde o início de sua fundação além de ser signatário à Organização com outros 192 países, que aderem suas normas e diretrizes, também constitui a base de regulamentação da ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil, órgão federal, criada em 2005 para fiscalizar e regular atividades da aviação civil nacional.

Dentre os 36 países-membros integrantes do Conselho, subdividem-se 3 grupos: Grupo I é composto pelos 11 países mais importantes para o transporte aéreo internacional e o Brasil sempre fez parte. Grupo II, composto por 12 países com importância destacada e o Grupo III, composto por 13 países com objetivo de equilíbrio geográfico. Com isso, vemos que o Brasil possui relevante influência na aviação civil internacional e notadamente reconhecido pelos países signatários à OACI. (Senado Federal, 2020).

Em contrapartida, visando estabelecer a viabilidade econômica e operacional dos serviços de transportes aéreos, em Havana, Cuba, foi criada uma fundação privada no dia 19 de abril de 1945 chamada IATA (Associação Internacional dos Transportes Aéreos), está também tem o objetivo de cooperar no desenvolvimento do setor em se tratando de padrões e normas. Atualmente está sediada em Montreal, Canadá (IATA, s.d.).

## Disposições Preliminares

Com a crescente demanda de aeronaves no espaço aéreo e o avanço da tecnologia no decorrer do tempo, faz-se necessário incrementar a segurança da navegação aérea implantando e substituindo equipamentos do sistema de energia que compõem a infraestrutura dos serviços e equipamentos operacionais, a fim de manter a confiabilidade, disponibilidade e qualidade no fornecimento de energia (Ministério da Defesa, 2019).

Neste estudo de caso veremos o sistema de energia de um radar de aproximação instalado nas proximidades do aeródromo da cidade de Porto Velho- RO. Com isso, será necessário analisar cada equipamento que constitui este sistema, abordando funcionamento, operações e algumas técnicas de manutenção.

## DECEA

O Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) é subordinado ao Comando da Aeronáutica - COMAER e possui a responsabilidade de controlar o espaço aéreo brasileiro, manter serviços de navegação aérea, como também ordenar o tráfego aéreo no País. (MD, 2019).

## SISCEAB

O Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB), gerenciado pelo DECEA, possui a finalidade de executar as tarefas e atividades operacionais atribuídas pelo mesmo.

## RADAR TA-10SST

### Princípio de funcionamento

O funcionamento do Radar é caracterizado pela propagação de pulsos eletromagnéticos e a captação de parte da reflexão destes quando atingem um alvo. Com isso, é possível determinar a distância e direção destes alvos em movimento. A palavra RADAR vem do termo radio (aim) Detecting And Ranging (detecção e determinação de distância de um alvo por ondas de rádio) (WOLFF Christian, s.d.).

O Radar TA-10SST/RSM-970S é uma estação radar fixa de tecnologia francesa THALES, composta por um (01) Radar Primário modelo TA-10SST e um Radar Secundário modelo RSM-970S, ambos redundantes. Apesar de carregar apenas o nome do Primário, na realidade são dois radares em uma única estrutura. É utilizado para fins de aproximação em terminais aeroportuários (pouso e decolagem) se tornando de grande relevância para o controle de tráfego aéreo do aeródromo local.

### Como a aeronave é acompanhada



Figura 4 — Aeronave em aproximação

Fonte: adaptado de <<https://www.mundoconectado.com.br/drones/ads-b-entenda-como-funciona-a-tecnologia-para-controle-de-aeronaves>>

## Radar Primário TA-10SST

O radar Primário permite uma detecção bidimensional de um alvo não cooperativo, informando distância em milhas náuticas e o Azimute em graus. É um sistema de sensores que detecta e localiza objetos em um determinado volume, capaz de fornecer características especiais sobre esses objetos, como velocidade e alcance, além de orientação do alvo.

O processo inicia-se na geração de um sinal que passa por uma conversão elevando-o para a faixa de frequência de operação do radar em radiofrequência, porém, é necessário passar pelos módulos de potência, obtendo o ganho necessário para que este sinal atinja o alcance de sua cobertura. O sinal em RF é levado até a antena através do guia de onda e transmite os sinais. A antena propaga estes sinais fazendo uma varredura em seu raio de alcance, girando a uma velocidade de 15 rotações por minuto.

Parte do sinal transmitido é refletido quando interceptado por objetos como aeronaves, nuvens e irradiado em todas as direções. O sinal refletido e interceptado pela antena primária do radar é enviado ao receptor e processado para determinar a posição do objeto (Thales, s.d.).



Figura 5 — Antena Radar Primário

Fonte: Figura 1: Antena parabólica da PSR „Morava” M10 (Cortesia do Grupo NRPL)

### *Principais Características*

- Alcance de 60 NM a 80 NM dependendo de sua configuração.

Em sua cadeia de funcionamento, o radar TA10SST pode ser configurado para trabalhar com um alcance de até 80 NM, tendo em vista a demanda do cliente e as condições operacionais do equipamento. Ao aumentar gradualmente a potência de transmissão através do aumento do número de módulos de potência, o alcance do radar pode ser adaptado às necessidades nas faixas supracitadas.

- Equipamentos com antena parabólica do tipo cossecante ao quadrado.

Essa configuração de antena facilita uma distribuição adaptada da radiação no feixe, o que resulta numa exploração espacial mais ideal.

## Radar Secundário RSM-970S e seus Princípios de Funcionamento

O sistema de radar secundário é composto de um equipamento em terra chamado INTERROGADOR e um equipamento de bordo chamado TRANSPONDER que estabelecem um diálogo codificado os quais fornecem informações ao Controle de Tráfego Aéreo como por exemplo identificação e altitude. Para isto o radar secundário transmite um conjunto de pares de pulsos que são os modos interrogação e representa uma pergunta tal como “quem é você” ou “Qual é a sua altitude”. Ao receber os pulsos de interrogação, o transponder transmite as respostas codificadas de acordo com as perguntas (Thales, s.d.).



Figura 6 — Antena radar secundário autônomo

Fonte: Indra Sistemas S.A, 2024

Apesar do Radar Secundário ser independente e autossuficiente, é comum o funcionamento concomitante ao radar primário em algumas localidades específicas, estabelecendo um sincronismo entre os dois sistemas, ambos os alvos aparecem de forma associada no mesmo indicador.



Figura 7 — Antena do radar secundário conjugada ao primário

Fonte: Azimut, 2024

### *Principais Características*

Performances sobre área de cobertura e performance da detecção em função da rotação da antena.

- Alcance máximo em função da rotação da antena: 256 NM.

Devido a taxa de processamento de dados do sistema e a configuração setada no equipamento, o radar pode ter uma detecção num raio de 360º com alcance de 256NM.

- Precisão da posição do alvo: Precisão em distância do alvo: <14m e Precisão em azimute do alvo: <0,022°

### *Características de RF*

- Frequências do radar;
- Frequências de interrogação: 1030 MHz + 1 MHz;
- Frequência de recepção: 1090 MHz + 3 MHz;
- Potência máxima transmitida: 2570 W;
- Isolação entre canais: > 70 dB

## Características Técnicas

Partida do sistema - Aquisição das primeiras aeronaves: mínimo de 99% das aeronaves presentes na cobertura de vigilância do sistema dentro de 10 giros de antena após o primeiro plot ter sido disponibilizado na linha de dados para um centro de controle

- Precisão da datação do processamento radar: < 2ms.
- Controle e monitoração - Temporização da geração de relatórios de avarias on line: < 2s após a detecção da avaria.

## Mecânica Radar

A mecânica radar estabelece a parte motriz do sistema, onde a antena gira em torno de si mesma fazendo uma varredura do espaço aéreo de acordo com seu alcance. Este sistema é constituído essencialmente por:

- Antena propagadora de sinal;
- Junta rotativa que une a parte física com a parte móvel;
- Engrenagem principal;
- Duas embreagens;
- Dois motores elétricos trifásicos;
- Duas caixas de redução com engrenagens imersas em óleo (reductor);
- Dois inversores de frequência.



Figura 8 — Ilustração dos 2 conjuntos moto-redutores e junta rotativa

Fonte: THALES, 2014

Na Ilustração acima temos o pedestal com a junta rotativa entre os dois motores redutores (motor elétrico + caixa redutora). Em caso de pane em um dos conjuntos motores redutores, o outro conjunto consegue manter o giro da antena normalmente, com isso, não se faz necessário parar o sistema motriz para reparos nesses equipamentos. Na ilustração a seguir temos uma engrenagem principal sendo desmontada. É nesta peça que são acoplados os dois motores redutores que colocarão a mesma em movimento.



Figura 9 — Engrenagem principal

Fonte: THALES, 2014

O acionamento do giro inicia-se nos inversores de frequência, onde estes fazem a partida em rampa dos motores elétricos, proporcionando uma partida lenta e suave até que se atinja a rotação de 1440 rpm. Os eixos destes motores estão diretamente acoplados a uma caixa de engrenagens imersas em óleo chamada redutor, que tem a função de reduzir a rotação para 15 rpm que é a rotação da antena. O redutor é conectado a engrenagem principal através do acoplamento da embreagem. A engrenagem principal está diretamente conectada a base da antena e a parte móvel da junta rotativa.

A junta rotativa tem a importante função de garantir a transferência de sinais do sistema radar entre as partes fixas e móveis (girante), bem como assegura a continuidade elétrica e sinais de RF.

Para proteger as antenas de intempéries como ventos com velocidade acima de 60 km/h, são instalados protetores mecânicos chamados radomes.



Figura 10 — Ilustração de um radome

Fonte: FAB, 2024

## REGULAMENTAÇÃO DE SISTEMAS DE ENERGIA

Para nortear a padronização da infraestrutura de sistemas elétricos, o DECEA criou uma Instrução do Comando da Aeronáutica (ICA 66-36) específica para o assunto com o título Implantação/Substituição de Sistemas de Energia do SISCEAB (MD, 2019).

As referências normativas desta ICA visam ao atendimento as regras da ICAO (International Civil Aviation Organization) especificamente sobre sistemas elétricos e material sobre os tempos de comutação da fonte de alimentação. Em se tratando de serviços ou fornecimento de material esta Instrução está baseada às normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, mais especificamente a NBR 5410, NBR 5419 e NBR 14039. Para casos ainda mais específicos aos quais são desassistidos por essas normas, utiliza-se a IEC - International Electrotechnical Commission e IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers.

## Conceituação

Ao longo deste estudo de caso abordaremos alguns itens que necessitam ser conceituados conforme a ICA 66-36 2019, como:

- Concessionária de energia: Empresa com concessão federal responsável pela distribuição de energia elétrica;
- Cargas críticas: São cargas as quais não podem sofrer com interrupção do fornecimento de energia elétrica;
- Cargas emergenciais: São cargas que podem sofrer interrupção do fornecimento de energia por no máximo 15 segundos;
- Cargas convencionais: São cargas que podem ter interrupção do fornecimento de energia por mais de 15 segundos;
- Fonte principal: É assim denominada a principal fonte de energia elétrica;
- Fonte reserva: É assim denominada aquela que substitui a fonte principal do fornecimento de energia elétrica em caso de interrupção;
- Rede: A energia elétrica oriunda da concessionária de energia local.

## INTRODUÇÃO AO SISTEMA DE ENERGIA

Para que o Radar de aproximação seja instalado, é necessário analisar alguns critérios de infraestrutura, que apontarão o tipo de arquitetura de Casa de Força que será implementada.

A ICA 66-36 Instrução de Implantação/substituição de sistemas de energia (MD, 2019) é uma instrução da FAB que regula todo sistema elétrico de KF no âmbito do SISCEAB. O Brasil na figura do Comando da Aeronáutica é signatário da ICAO e está recomenda o Padrão Tier da Uptime Institute, a qual define padrões de infraestrutura para datacenters. Ao todo são quatro níveis de certificação TIER (I a IV) (Uptime Institute, 2017).

O padrão de Topologia Tier do Uptime Institute foi criado para garantir que qualquer organização possa atender aos níveis necessários de serviços dos negócios, contando com um nível previsível de desempenho no datacenter. (Uptime Institute, 2017).

Segundo a Uptime Institute (2017) os padrões Tier possuem as seguintes características:

- TIER I - nível básico de capacidade, a instalação terá que ser desligada completamente para manutenção preventiva e reparos;
- TIER II - possui componentes redundantes para energia e refrigeração, os componentes podem ser removidos sem desligar o sistema;

- TIER III - também possui componentes redundantes além de ter como diferencial caminhos de distribuição redundantes para atender as cargas críticas. É possível realizar manutenção ou substituir equipamentos sem impactar o sistema.
- TIER IV - tolerante a falhas, possui vários sistemas independentes e fisicamente isoladas que funcionam como componentes redundantes e permite realização de manutenção, além de não afetar a carga crítica com interrupções planejadas ou inesperadas.

Seguir estes padrões de topologias não possui a intenção da certificação em si, mas garantir padrões de segurança internacionais e confiabilidade ao sistema de energia implementado para manutenibilidade das cargas deste sistema. No sistema de energia deste estudo de caso é composto de:

- Entrada em média tensão através de subestação devido a carga instalada ser superior a 75kW, conforme NDU 002 (2021);
- Sistema de energia de emergência composto por dois grupos geradores a diesel sendo um reserva do outro;
- Sistema ininterrupto de energia (UPS);
- Sistema de aterramento;
- Sistema de Climatização.

## **ENTRADA GERAL DE ENERGIA**

A entrada de energia consiste em rede aérea aberta de média tensão definida em 13,8 kV com subestação de 112,5 kVA em poste, conforme diretrizes da Norma de Distribuição Unificada -002 (NDU - 002) que trata sobre fornecimento de energia elétrica em tensão primária (13,8 kV).

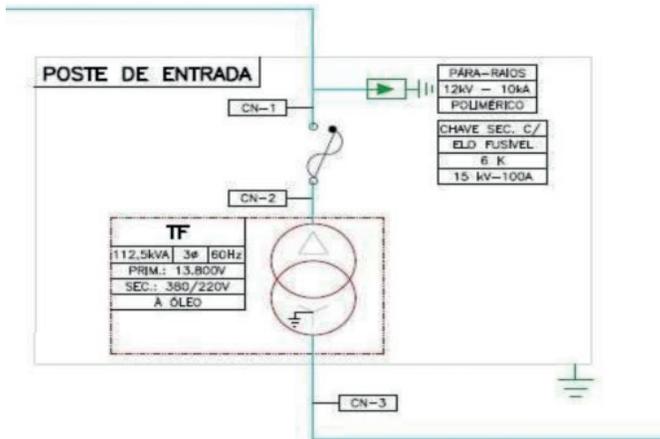


Figura 11 — Esquemática da subestação aérea

Fonte: Adaptado de Thales, 2014

A estrutura utilizada é do tipo N3, conforme NDU-002 a qual estabelece condições gerais e diretrizes técnicas para edificações com carga instalada superior a 75 kW e demanda até 2.500 kW. Este ramal aéreo com cabos de alumínio seção transversal 2AWG (CAA).

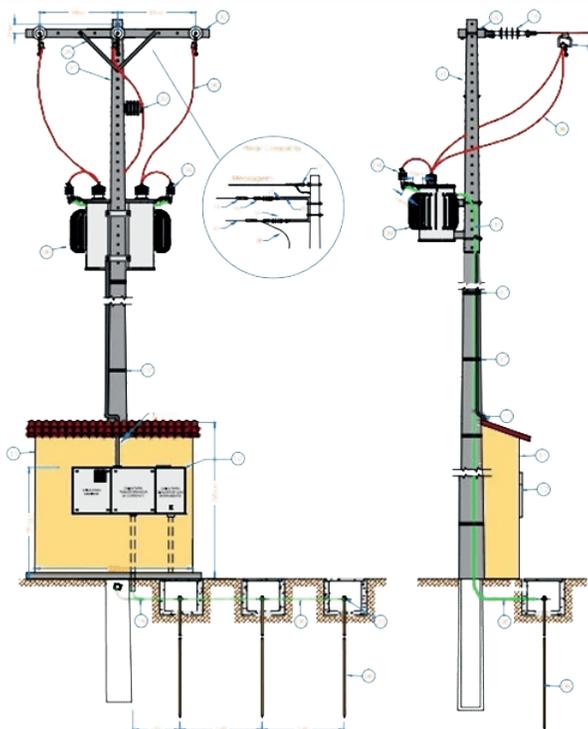


Figura 12 — Subestação aérea

Fonte: Mesh Engenharia, 2024

## Subestação

A subestação de energia é do tipo aérea, ao tempo, em poste particular, com transformador de potência tipo ONAN, 112,5 kVA, 15 kV, 380/220 VCA e possui: chaves fusíveis de proteção e manobra elo 6k; para-raios de proteção - 12kV (10kA); transformador a óleo em poste de concreto; cabos alimentadores de baixa tensão; medição da Concessionária de forma indireta em baixa tensão através de TC's; disjuntor termomagnético tripolar; dispositivos de proteção contra surtos e transientes (DPST); aterramento.

O neutro do transformador é conectado ao aterramento da subestação, composto por duas hastes de aço cobreada 3/4" com 3 metros de comprimento dispostas em linha, com afastamento de 3 metros uma da outra e interligadas a malha de aterramento da edificação através de cabo de cobre nu 50 mm<sup>2</sup> com profundidade de 0,6m.

## Transformador a óleo

O Trafo instalado obedeceu às especificações técnicas da Concessionária de energia e do cliente, com as seguintes características:

- Potência Nominal em Serviço Contínuo: 112,5 kVA;
- Tensão Nominal em Alta Tensão: 13.800 kV (F-F);
- Taps AT: ,8/13,2/12,6/12,0/11,4kV;
- Tensão Nominal de Baixa Tensão: V / 220V;
- Classe de tensão em AT: kV;
- Classe de tensão em BT: ,2 kV;
- Ligação no primário: Delta;
- Ligação no secundário: Estrela Aterrado;
- Meio isolante: Óleo Mineral;
- Corrente Primária: 4,71 A;
- Corrente Secundária: 170,93 A;
- Corrente de excitação: 2,5%;
- Perdas totais: 1,89 kW;
- Impedância a potência / tensão nominal (115oC): .5,0%;
- Fabricante: WEG.

## Medidor de energia

O projeto previu a instalação de um medidor de energia ativa (kWh) através de medição indireta, ou seja, utilizando Transformadores de corrente (TC's - 200/5A- FT2), fornecido pela Distribuidora de energia local.

## Grupo Tarifário

- Subgrupo: A4;
- Tensão de fornecimento: (2,3kV a 25kV);
- Tarificação: horo-sazonal verde;
- Demanda prevista a ser contratada: 40kW.

## DPST

Foi instalado um dispositivo de proteção contra surtos e transientes com capacidade de interrupção (mínima) = 45k (8/20 ps), em quadro metálico fixo na mureta de proteção da subestação, aterrado com cabo de cobre nu seção 25mm<sup>2</sup>.

## SISTEMA DE ATERRAMENTO

Segundo Kindermann e Campagnolo (1995), é necessário dar uma atenção especial ao aterramento para que o sistema de energia funcione corretamente, bem como proteger este sistema e manter a segurança do pessoal envolvido nas instalações.

A resistividade do solo é a resistência (CI) entre faces opostas do volume de solo, consistindo teoricamente de um cubo homogêneo e isotrópico cuja aresta mede uma unidade de comprimento (m), sendo sua unidade, portanto, dada por A.

A estratificação do solo demonstra que o solo é constituído por diversas camadas, sendo que cada uma delas apresenta um valor de resistividade e espessura (ou profundidade) característicos.

## Método Wenner

Em relação aos critérios de medições foi aplicado o arranjo de Wenner - método de quatro eletrodos igualmente espaçados - de acordo com a NBR 7117:2012. Determinou-se dois pontos de medições - sendo traçadas três linhas para cada ponto com ângulo de 60° entre si, sobre as quais foram variados os espaçamentos de 02, 04, 08, 16 e 32m. Eletrodos cravados a 0,2m sempre alinhados e igualmente espaçados em todas as medições realizadas. Este método foi escolhido por apresentar o melhor equilíbrio entre precisão e conveniência.

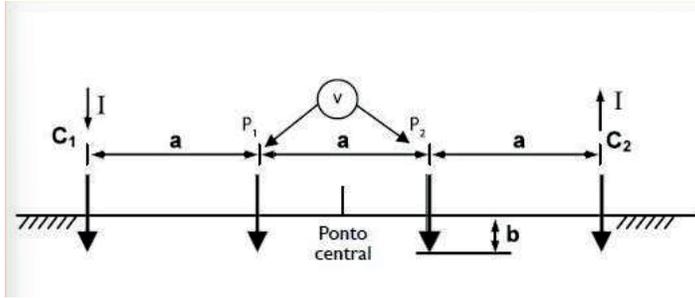


Figura 13 — Esquemático das hastes conforme arranjo de Wenner

Fonte: Revista o Setor elétrico, 2024

O arranjo de Wenner consiste em cravar 04 hastes em determinada direção e em torno de um ponto central, com igual espaçamento “a” entre hastes adjacentes e a uma profundidade constante “b”. A profundidade “b” não pode ser maior que 10% da distância “a”. Definiu-se “b” em 0,2 metros e “a” em 2 metros.

### Características do terreno

Para obter dos dados para confecção da malha de aterramento, faz-se necessário primeiramente conhecer as características do terreno e do solo. Com isso, foi necessário realizar um relatório de sondagem, utilizando o método de percussão - SPT, o qual podemos destacar:

- Solo transportado, sem estratificação, até o limite da sondagem predominando a argila siltosa;
- Existência de aterro, de mesmo material, até a profundidade de 0,7m;
- Inexistência de jazidas minerais ou falhas significativas nas camadas, com a consistência das camadas crescendo com a profundidade;
- Sem presença do lençol freático durante o reconhecimento do subsolo;
- Ausência de vestígios arqueológicos;
- Solo de fácil escavação para valetas de cabos, cravação de hastes e instalação de caixas de inspeção;
- A camada superficial composta de areia fina a média pouco siltosa com pedregulhos fino a grosso.

## Modelagem matemática

Realizadas as medições, uma análise preliminar dos dados foi feita para verificar a consistência dos mesmos e a sua validação.

A média aritmética dos valores de resistividade elétrica para cada espaçamento adotado é utilizada devido às limitações na entrada de dados no software, utilizando-se a seguinte equação:

$$\rho M = 1/n * \sum_{i=1}^n \rho m(i) \quad (1)$$

Onde:

$\rho M$  = resistividade média para o respectivo espaçamento “a”  
 $\rho m$  = resistividade medida no respectivo espaçamento “a”

$n$  = número de medições efetuadas para o respectivo espaçamento “a”

Após foi colocado numa tabela e o desvio padrão ( $\delta$ ) de cada medida em relação ao valor médio, calculada através da seguinte equação:

$$\delta = \frac{|\rho M - \rho m|}{\rho M} * 100 \quad (2)$$

Os desvios iguais ou maiores que 50% devem ser desconsiderados e uma nova média deve ser calculada.

## Ensaio de resistividade do solo

No dia 21 de maio de 2014 foi realizada a medição de resistividade do solo nas proximidades do aeroporto de Porto Velho com condições climáticas favoráveis, ou seja, dia ensolarado, temperatura ambiente de 37o, porém solo úmido com última chuva no dia anterior, foram utilizados eletrodos com bitola de 2,5mm<sup>2</sup> e 2 metros de comprimento no solo tipo piçarra.

### *Equipamento*

- Marca: Megabras;
- Modelo: MTD20KWe;
- Data última aferição: 06/12/2013;
- Validade 06/12/2015.

### Software utilizado

- Software: TecAt Plus 5.2;
- Release: 5.2.1 - 12/07/2007;
- Comercializado por: Oficina de Mydia Editora.

### Configuração

- Método: Wenner;
- Equação: completa;
- Profundidade medida: 0,2m;
- Exclusão: 50%

## Medições

As tabelas abaixo representam os valores obtidos de medições realizadas nos 2 pontos (RS-1 e RS-2) de onde foram feitas as medições radiais em três direções (A, B e C), que foram posicionadas conforme ilustração a seguir.

Em caso de desvio padrão superior a 50% os valores em questão devem ser desconsiderados nos dados de entrada do software. Os valores da resistividade medida constam nas tabelas a seguir:

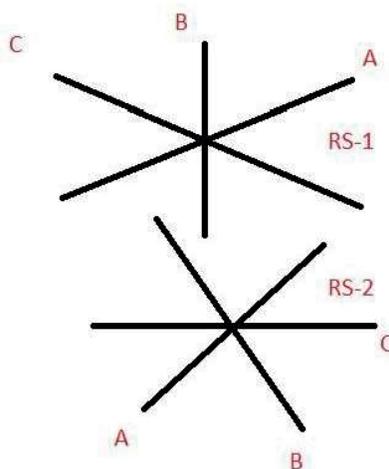


Figura 14 — Croquis das medições de resistividade

Fonte: Adaptado de Thales, 2014.

| RS-1                       |                                     |      |      |                                    |
|----------------------------|-------------------------------------|------|------|------------------------------------|
| Distância entre hastes (m) | Resistividade medida ( $\Omega.m$ ) |      |      | Resistividade média ( $\Omega.m$ ) |
|                            | A                                   | B    | C    |                                    |
| 2                          | 41,6                                | 54,2 | 63,0 | 52,9                               |
| 4                          | 14,36                               | 38,1 | 26,7 | 26,39                              |
| 8                          | 9,51                                | 9,30 | 4,74 | 7,85                               |
| 16                         | 3,35                                | 9,15 | 5,27 | 5,92                               |
| 32                         | 5,42                                | 5,40 | 5,66 | 5,47                               |

Quadro 1 — Pontos de resistividade RS-1

Fonte: Thales, 2014.

| RS-2                       |                                     |      |      |                                    |
|----------------------------|-------------------------------------|------|------|------------------------------------|
| Distância entre hastes (m) | Resistividade medida ( $\Omega.m$ ) |      |      | Resistividade média ( $\Omega.m$ ) |
|                            | A                                   | B    | C    |                                    |
| 2                          | 46,4                                | 46,8 | 46,0 | 46,4                               |
| 4                          | 31,9                                | 22,3 | 27,1 | 27,1                               |
| 8                          | 9,98                                | 9,46 | 11,1 | 10,18                              |
| 16                         | 4,87                                | 9,61 | 9,83 | 8,10                               |
| 32                         | 5,22                                | 6,74 | 5,39 | 5,78                               |

Quadro 2 — Pontos de resistividade RS-2

Fonte: Thales, 2014.

## Dados de entrada no software

Conforme a NBR 7117:2012 o uso de software é permitido para auxiliar nos cálculos e obtenção dos resultados, devido esta tarefa ter certa complexidade e também sujeita a erros. Optou-se pelo uso do software acima citado, visando também evitar simplificações e suas respectivas limitações e restrições, ou seja, sem abrir mão de estudos mais aprofundados do projeto da malha de aterramento.

Como dados de entrada do software, estamos considerando:

| Item                   | Utilizado          | Justificativa  |
|------------------------|--------------------|--|
| Estratificação do solo | automática         | O programa define o número de camadas, com base nas medições introduzidas.                                   |
| Corrente de falta      | 6 kA               | Utilizada corrente de curto circuito presumida simétrica no quadro de transferência de baixa tensão do site. |
| Cabo de cobre nu       | 50 mm <sup>2</sup> | De acordo com a Especificação técnica  |
| Haste de terra         | Ø ¾" x 3,0m        | De acordo com a Especificação técnica  |
| Resistividade da brita | 3 kΩ.m             | Granulometria n° 02; molhada; espessura de 8 cm  |
| Potencial de toque     | 7,7 kV             | Dados do programa TecAt Plus 5.2 (limite de segurança)   |
| Potencial de passo     | 26,4 V             | Dados do programa TecAt Plus 5.2 (limite de segurança)   |
| Potencial superfície   | 72,0 kV            | Dados do programa TecAt Plus 5.2 (limite de segurança)   |
| Duração da falta       | 0,01s              | 12 ciclos até desligamento do disjuntor (sem religamento)  |
| Peso do operador       | 70 kgf             | Conforme recomendação do livro "Malhas de Terra"   |

Tabela 1 — Dados inseridos no software

Fonte: Thales, 2014.

## Corrente de Curto Circuito

A corrente de curto circuito presumida considera uma corrente de falta de 3,2 kA em transformador de potência de 112,5 kVA (380/220vCA) ligado na rede de Média Tensão e a contribuição do sistema de geração alternativa de potência elétrica (GMG), considerando uma possível falha no intertravamento elétrico entre ambos.

Levou-se em consideração a impedância dos cabos no trajeto desde o transformador até o quadro de transferência automático (QTA), que é o ponto onde pode ocorrer a maior corrente de falta.

## Cabos e hastes utilizadas

Foram utilizados como parâmetros de dimensionamento de cabos e hastes de aterramento a Especificação técnica, malhas de aterramento, assim como os dados de entrada do programa, que tem opção para utilização dos cabos de cobre nu de 50,0 mm<sup>2</sup> e de hastes de aço cobreadas de C13/4" x 3,0m de profundidade. Foram previstas hastes com 254 µm de espessura para a camada de cobre, assim como o uso de soldas exotérmicas reforçadas.

Desta forma, os materiais inicialmente previstos atendem aos critérios de resistência, potencial de passo e de toque obtidos, sendo considerados adequados para aplicação e atendendo aos critérios da Especificação Técnica e a NBR5419:2005 (proteção contra descargas atmosféricas).

## Estratificação do solo

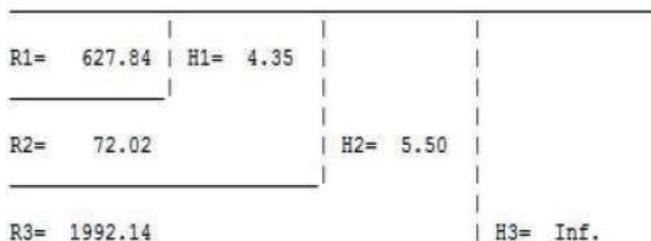


Figura 15 — Diagrama das camadas estratificadas

Fonte: Adaptado de Thales, 2014

Utilizando a fórmula completa para cálculo das medidas de resistividade e eliminando medidas cujo desvio padrão simples em torno da média aritmética de cada linha seja superior a 50%.

```

Resultado:
N° de camadas: 3
camada #1: 627,84 [Ohm.m] x 4,35 [m]
camada #2: 72,02 [Ohm.m] x 1,15 [m]
camada #3: 1992,14 [Ohm.m] x
Ajuste da Estratificação da Resistividade do Solo:
espaçamento   medida   calculada   desvio
[m]            [Ohm.m]  [Ohm.m]    %
2,00          634,88   610,99     3,76
4,00          675,06   554,15    17,91
8,00          453,55   509,02    -12,23
16,00         705,25   692,47     1,81
32,00        1132,73  1055,02     6,86
erro RMS = 10 %
    
```

Figura 16 — Valor de resistividade das camadas

Fonte: Adaptado de Thales, 2014

## Estratificação da resistividade (calculado x medido)

O gráfico a seguir mostra que a resistividade do solo aumenta gradativamente com o aumento da profundidade do solo. A sondagem do solo aponta para um acréscimo da compactação à medida que a perfuração avança e que o mesmo se mostrou impenetrável em torno dos 13 metros, apontando que os dados teóricos e os desvios apresentados no software estão coerentes com as características do solo.

Tanto o relatório da sondagem quanto o software identificaram a estratificação da primeira camada a aproximadamente 60cm de profundidade, fornecendo um bom indicativo da consistência dos dados.

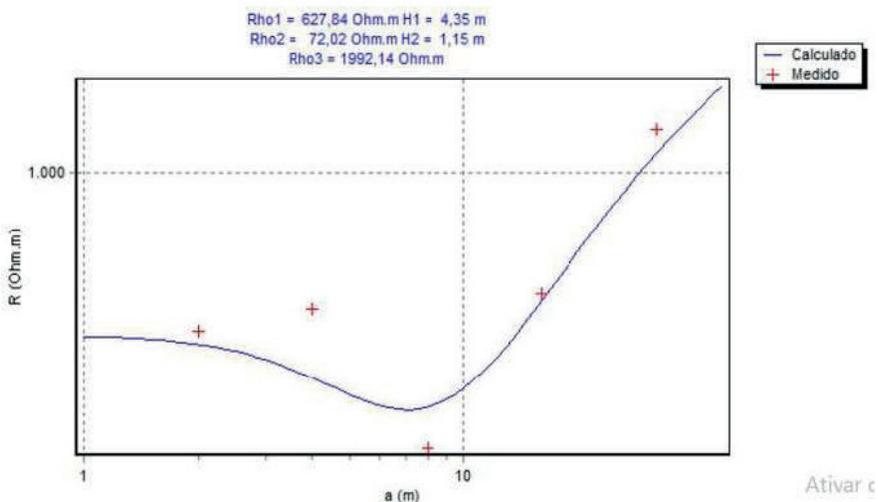


Figura 17 — Gráfico resistividade do solo

Fonte: Adaptado de Thales, 2014

## Resistência da malha

A malha de terra foi projetada considerando o atendimento individual dos elementos (subestação em poste, torre, cabines de energia e radar) com a interligação entre eles através do prolongamento da malha e também do aterramento da rede de dutos.

Os dados inseridos no software permitiram chegar ao cálculo aproximado da resistência da malha, cujo valor teórico é dado abaixo:

| <b>Critério</b> | <b>Valor ( <math>\Omega</math> )</b> |
|-----------------|--------------------------------------|
| Teórico         | 12,72                                |
| Solicitado      | Menor que 10                         |

Quadro 3 — Valores de resistividade da malha

Fonte: Adaptado de Thales, 2014

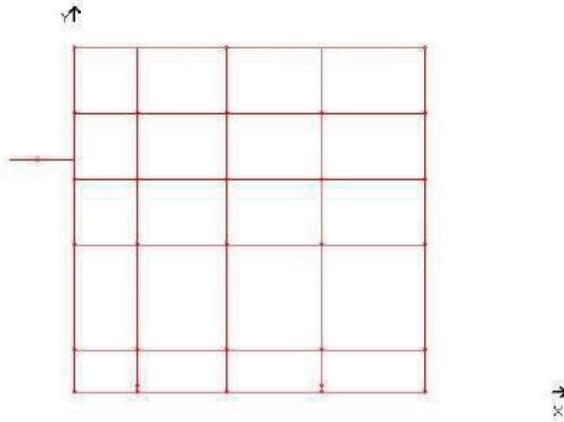


Figura 18 — Esquemático da malha no software TecAt

Fonte: Adaptado de Thales, 2014

Acima está ilustrado em vista frontal o desenho da malha de aterramento compilada pelo software. A seguir temos em vista lateral a profundidade da malha.



Figura 19 — Detalhe implantação da malha de terra em área pavimentada

Fonte: Adaptado de Thales, 2014

Nesta ilustração vemos a profundidade da malha de terra e as camadas de reaterro e pavimentação, representa a maior parte da área do terreno.

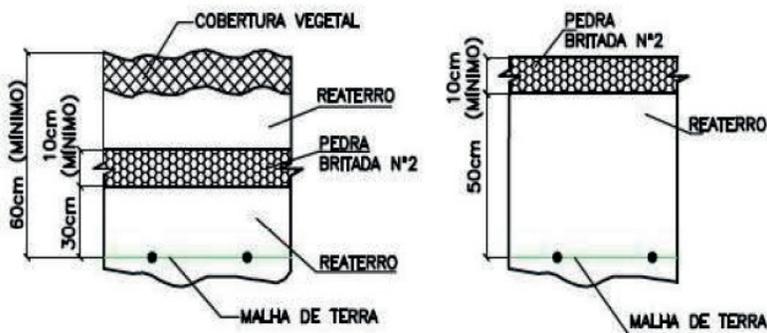


Figura 20 — Detalhe malha de terra no terreno

Fonte: Adaptado de Thales, 2014

Esta ilustração representa a menor parte do terreno, entretanto, em todas as formas de superfície, nota-se que a profundidade da malha se mantém a mesma.

## Materiais utilizados

| Itens    | Classificação                           | Quantidade |
|----------|---|------------|
| Cabos    | Cabo de Cobre 50 mm                     | 320 m.     |
| Hastes   | aço lisa cobreada 3m x 3/4              | 32 un.     |
| Conexões | Molde de solda T 50x50 mm <sup>2</sup>  | 6 un.      |
| Conexões | Molde de solda Ch 50x50 mm <sup>2</sup> | 8 un.      |
| Conexões | Molde de solda CC 50x50 mm <sup>2</sup> | 1 un.      |
| Conexões | Molde de solda X 50x50 mm <sup>2</sup>  | 6 un.      |

Quadro 4 — Quantidade de materiais

Fonte: Adaptado de Thales, 2014

## QUADRO DE TRANSFERÊNCIA AUTOMÁTICA

É neste quadro que se concentram os disjuntores de rede e dos dois grupos geradores, bem como o barramento geral de baixa tensão que irá energizar toda a edificação através de outros quadros locais de energia. Os disjuntores possuem intertravamentos elétrico e mecânico para garantir que apenas um deles esteja fechado em qualquer momento. O intertravamento é uma segurança adicionada para que em casos de falha, num possível comando errado por exemplo pode ocasionar uma situação de curto circuito caso duas fontes de energia entrem no mesmo barramento.

É nele que estão os sensores de presença de rede, em se tratando de falta de energia comercial, o disjuntor de rede abre e é comandado a partida do grupo gerador, após estabelecidos os parâmetros de frequência e tensão nominal o disjuntor do gerador fecha, alimentando o barramento novamente. Com a presença de tensão da rede comercial é comandado abertura do disjuntor do grupo gerador e o fechamento do disjuntor de rede, logo após o gerador entra em resfriamento e é desligado. Esta operação citada acima é feita automaticamente sem interferência de operador. Nesta transição entre comercial e gruger a UPS mantém a carga crítica através do banco de baterias.

## **SISTEMA DE GERAÇÃO DE EMERGÊNCIA - GRUPO MOTOR-GERADOR**

O Engenheiro José Claudio Pereira (2006), menciona que os motores Diesel foram criados por Rudolf Diesel, sendo máquinas de combustão interna, que geram movimentos rotativos da árvore de manivelas através de movimentos alternados dos pistões. São classificados quanto ao tipo de trabalho em veiculares, industriais, marítimos e estacionários. Os grupos geradores se enquadram como estacionários.

O funcionamento do motor diesel é dividido em quatro tempos: admissão, compressão, explosão e escape. Na admissão o ar forçado entra no cilindro enquanto o pistão está descendo; na compressão o volume de ar adquirido é comprimido conforme o pistão sobe; a explosão acontece quando o ar altamente comprimido é inflamado pelo contato deste com o combustível pulverizado; o escape é a eliminação da queima na explosão.

### **Fundamentos de controle**

Segundo Ogata (2010), controle é manter um processo em operação sob supervisão. Este controle é realizado através do monitoramento da variável controlada, que é o produto final; sobretudo incrementando uma correção na variável manipulada, que é a grandeza a ser controlada objetivando eliminar ou diminuir o erro ou desvio.

Abaixo temos uma ilustração de controle composto por um controlador automático, atuador, planta e sensor para realimentar o controle com saída, com isso reduzir o erro tendendo a zero.

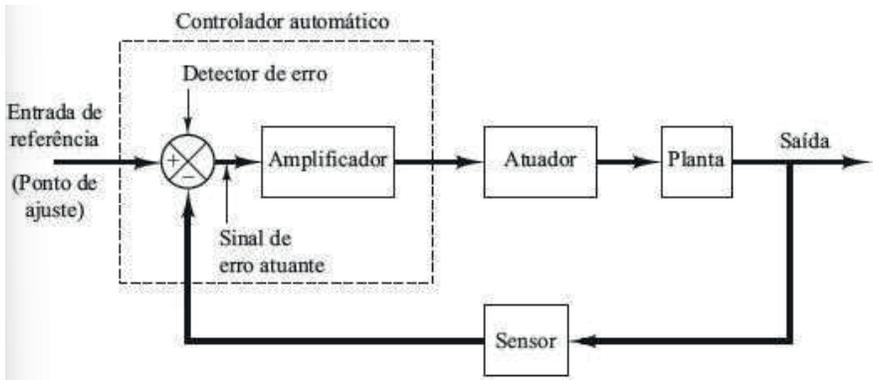


Figura 21 — Diagrama em blocos de um sistema de controle industrial automático

Fonte: Ogata (2010, p.18).

Ogata (2010) nos diz que são reunidas três ações de controle no controlador PID. O proporcional (P) é caracterizado como um amplificador com ganho ajustável, a parte integral (I) tende a eliminar o erro no regime permanente, já o elemento derivativo (D) antecipa-se ao erro e atua na correção antes que o mesmo se torne muito grande. Na equação 7 segue uma expressão matemática que representa um controlador PID, onde o primeiro termo representa a parte proporcional o segundo representa a parcela da ação integral e o terceiro a componente derivativa.



Figura 22 — Pick Up magnético

Fonte: O autor (2022)

O controle de velocidade é feito pelo Regulador Eletrônico de Velocidade (REV), ele trabalha em conjunto com o pickup magnético que é capaz de contar os giros do motor em funcionamento, de acordo com este monitoramento o REV envia sinais ao governador eletrônico para que injete mais ou menos combustível nas bombas injetoras.

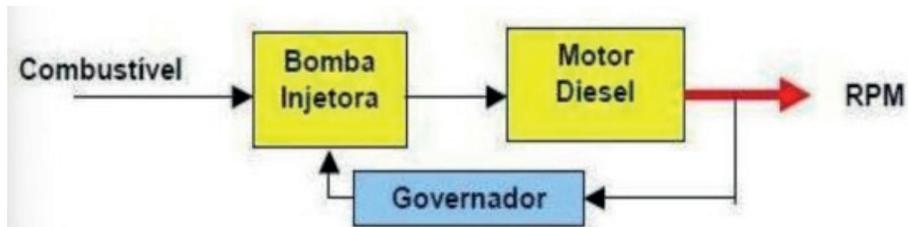


Figura 23 — Esquemático sistema de injeção de um grupo gerador

Fonte: Pereira (2006, p.33).

O motor do gruger instalado é um Cummins série B e possui as seguintes características: 6 cilindros, turbo aspirado, sistema aftercooler, governador eletrônico.

## Alternador

Segundo Chapman (2013) é o equipamento que gera energia elétrica em corrente alternada através de uma conversão eletromecânica onde é necessário acoplar uma máquina primária em seu eixo e retirá-lo da inércia a partir do giro.

Seu princípio de funcionamento pode ser explicado através de uma análise onde uma espira girante imersa num campo magnético produz uma força eletromotriz alternada. isto é explicado por Michael Faraday (1831) em sua lei que afirma: “O valor da tensão induzida em uma simples espira de fio é proporcional à razão de variação das linhas de força que passam através daquela espira (ou se concatenam com ela)”.

O alternador deste sistema de energia possui as seguintes características: tipo industrial, campo rotativo, sem escovas, 4 polos, 60 Hz, auto excitado de série, onde a potência desta excitação é derivada da sua própria geração principal.

O Sistema conta com duas fontes emergenciais de energia independentes, ou seja, não trabalham em paralelo a rede comercial, funcionam em modo stand by, uma reserva da outra. São grupos geradores diesel 6 cilindros, 100 kVA, 380 V que partem e assumem a carga de forma automática sem intervenção técnica ao sentir ausência da rede comercial.

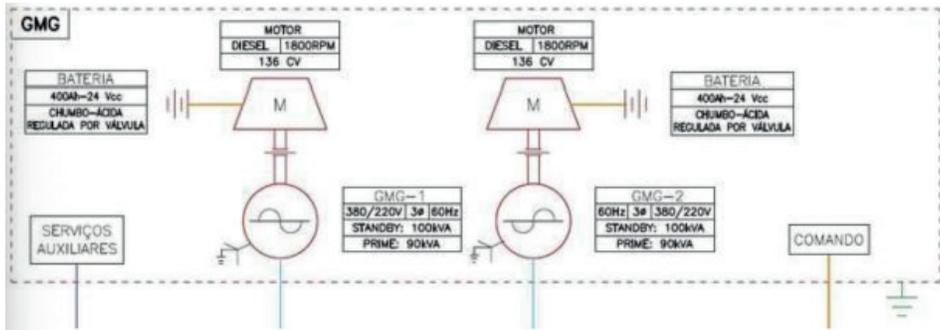


Figura 24 — Esquemático dos geradores e informações

Fonte: Adaptado de Thales (2014)

A controladora do gruger PowerCommand possui uma interface intuitiva e de fácil navegação, ela faz o gerenciamento do gruger, monitora os parâmetros de funcionamento tanto do motor quanto do gerador. Possui dois modos de funcionamento: manual e automático, no primeiro o gruger só parte com a intervenção do operador, no segundo não é necessário nenhum tipo de comando por parte do operador. O módulo monitora os parâmetros de rede a todo momento, na falta de energia total ou parcial (falta de uma fase), ela comanda a abertura do disjuntor de rede e a partida do gruger prioritário



Figura 25 — Controladora PowerCommand

Fonte: O autor, 2022

## SISTEMA ININTERRUPTO DE ENERGIA – UPS

### Qualidade da energia

O tema qualidade da energia elétrica (QEE) vem ganhando destaque com certa preocupação desde os anos 80 por empresas e consumidores (DUGAN, et al., 2002). Sistemas como data centers por exemplo, precisam de um fornecimento de energia de qualidade para manutenção de desempenho.

Infelizmente a energia que recebemos da concessionária local não é confiável para cargas críticas, é a partir de então que se faz necessário um no-break de potência suficiente para garantir a ininterruptão mesmo quando a comercial oscile ou falte em dado momento.

### UPS do sistema de energia

A fonte de energia ininterrupta (UPS - uninterruptible power supply) é um equipamento constituído por retificador, inversor, chave estática e banco de baterias que fornece energia limpa e de qualidade a cargas críticas, através da dupla conversão, retificando a senoide imperfeita que por ela entra e reconstituindo-a num grau satisfatório de qualidade com variação máxima de tensão + 10% e frequência + 5%. O banco de baterias garante a energização da carga por algum tempo (a depender das características das baterias) mesmo quando interrompida a fonte de energia em sua entrada (KAMRAN, Farrukh e HABELTLER, Thomas G., 1998).

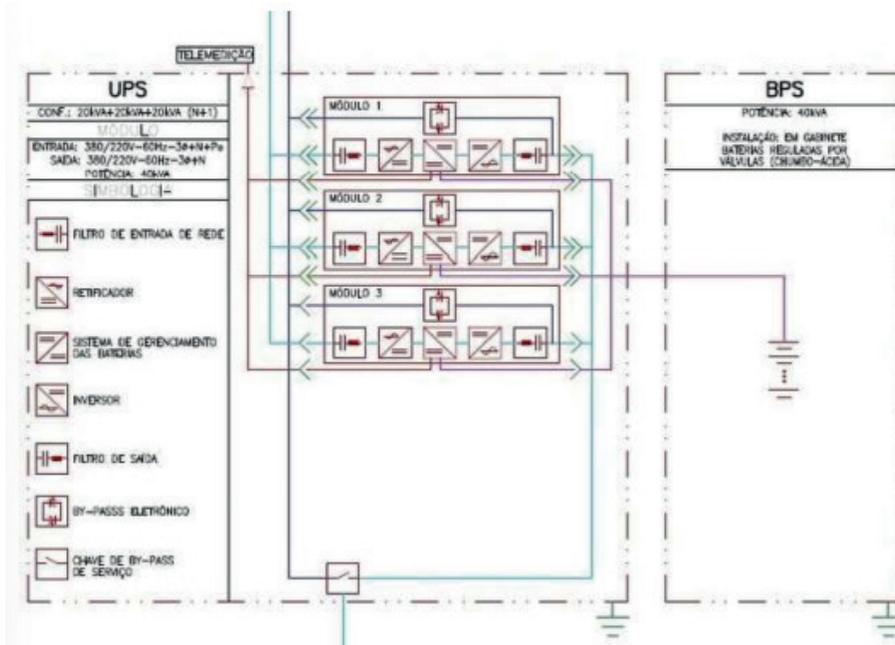


Figura 26 — Diagrama da UPS modular

Fonte: THALES, 2014

A UPS Leistung Modular faz parte da terceira geração de no-breaks modulares com arquitetura paralela descentralizada, possui módulos independentes contendo hardware e software de uma UPS. O módulo possui CPU, chave estática, IHM, eletrônica de potência, ou seja, cada módulo é basicamente uma UPS que em configuração redundante estão ligadas em paralelo. Isso elimina as chances de falha comum, pois descentraliza o funcionamento, garantindo confiabilidade (Leistung, s.d.).

Os módulos são montados em um gabinete que comporta até dez módulos trifásicos com potência de 20kW e fator de potência 1.0. São facilmente instalados e podem ser retirados sem que haja desligamento da carga crítica, isso devido ao sistema de redundância N+x, garantindo confiabilidade e disponibilidade do sistema.



Figura 27 — UPS modular Leistung 60kW

Fonte: O autor (2022)

Esta UPS que mantém a carga crítica na transição do fornecimento de energia entre concessionária local e gruger.

Segundo Leistung (s. d.) Entre as principais características do equipamento, estão: Baixa distorção harmônica de entrada; módulos com baixo peso, podendo ser trocado por apenas uma pessoa; dupla conversão, True On-Line; arquitetura de paralelismo redundante e descentralizado; potência expansível — on demand; alto rendimento elétrico e baixa dissipação térmica; substituição dos módulos sem desligamento da energia (hot-swap); alta confiabilidade e disponibilidade; alta densidade de energia (200kW por rack) - economizando

o espaço ocupado; MTTR 10 minutos - Alta disponibilidade de energia - Alto MTBF; chave estática automática descentralizada; módulos safe-swap (SSM) - disponibilizando proteção extra de energia; bateria sem Tensão de ripple (vida útil do banco de baterias aumentada); tecnologia com IGBT na entrada e saída; grande faixa de variação de tensão e frequência; operação paralela distribuída (divisão proporcional da carga); interface amigável. O banco de Baterias deste equipamento garante uma satisfatória autonomia para suprir a carga crítica em caso de sinistro nos grupos geradores.

## SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO

### Considerações iniciais

Para que o Radar de aproximação funcione em perfeitas condições é necessário que o ambiente esteja climatizado, com isto, foi instalado quatro máquinas de climatização industrial do tipo wall mounted 3 TR gerenciadas por um quadro de automação. São equipamentos robustos e de alto rendimento que oferecem um ambiente totalmente controlado pelos parâmetros de temperatura e umidade.

### Condicionadores de ar

Segundo o engenheiro Augusto José MALUF (2008) para manter o controle e a qualidade do ar no ambiente são projetados sistemas de ar condicionados de precisão, os quais trabalham para manter parâmetros de temperatura e umidade em limites estipulados pelos fabricantes de equipamentos eletrônicos e microprocessados sensíveis a temperatura.

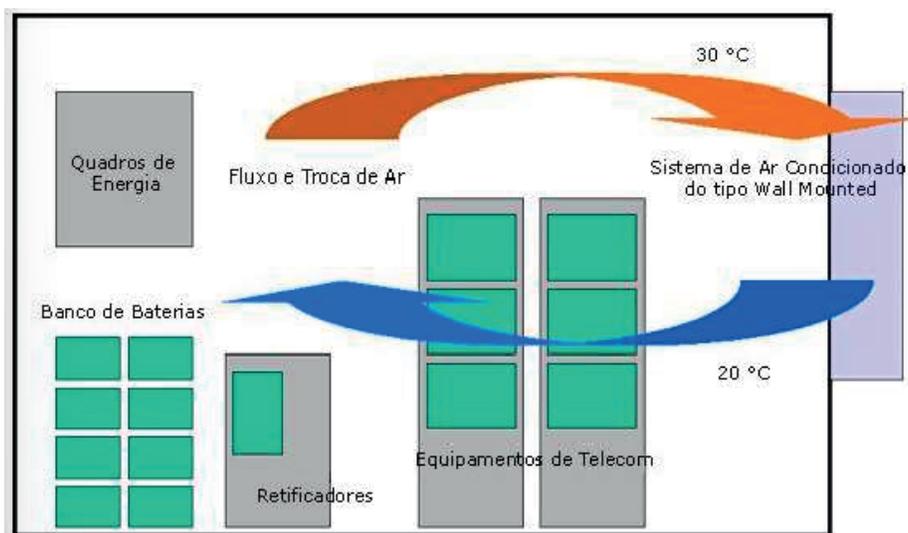


Figura 28 — Diagrama de um sistema wall mounted para um container

Fonte: Adaptado Teleco Inteligência em Telecomunicações, 2023

Para MALUF (2008) Os seres vivos dissipam energia de forma distinta dos equipamentos, para isto é definido: Calor Sensível - é o calor gerado e dissipado por: máquinas, iluminação, insolação externa e parte do calor gerado por pessoas no recinto. O calor sensível é o responsável pelo aumento da temperatura no ambiente a ser climatizado.

Calor Latente - é o calor dissipado pela transpiração do corpo humano. Ele é responsável pelo aumento da umidade.  $CALOR\ SENSÍVEL + CALOR\ LATENTE = CALOR\ TOTAL$

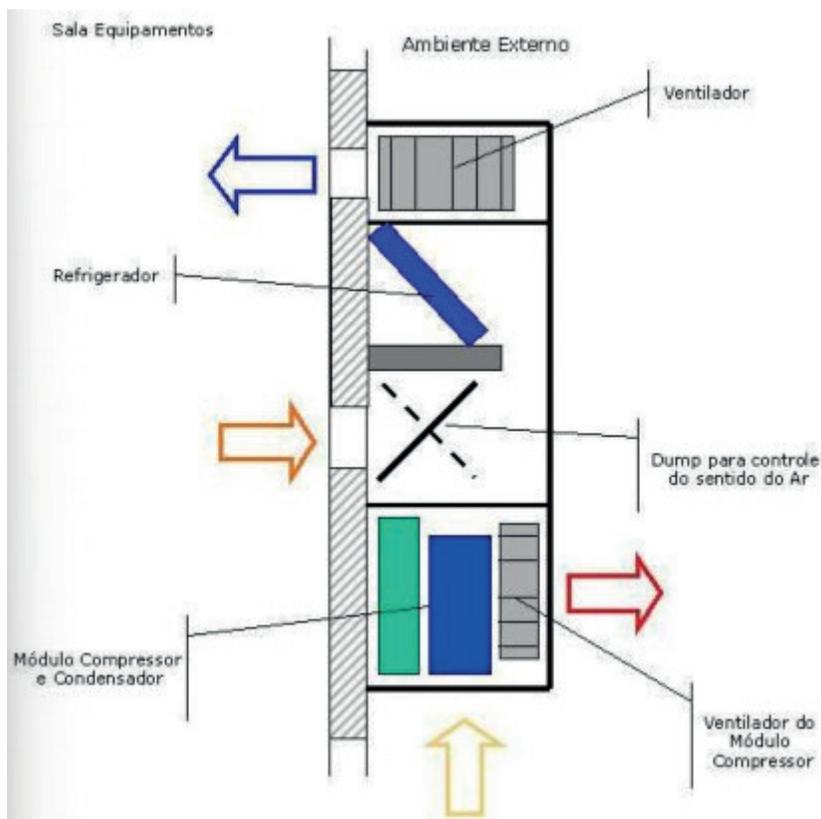


Figura 29 — funcionamento do Wall mounted

Fonte: Adaptado Teleco Inteligência em Telecomunicações, 2023

A figura acima mostra claramente onde ocorrem as trocas de calor do ambiente a ser climatizado (que se encontra na parte superior) e das partes do sistema da máquina para obter rendimento (parte inferior).

Para promover maior autonomia, controle e equidade quanto ao tempo funcionamento das máquinas foi adicionado um quadro de comando com Controlador Lógico Programável (CLP) que associado a uma Interface Homem Máquina (IHM) gerencia todo o sistema das quatro máquinas, tais como: partida, desligamento, registro de alarmes setorizados em caso de pane nas máquinas, facilitando a identificação da causa do problema, dentre

outras funções. Possui entradas e saídas digitais e também analógicas para dar comando às máquinas de acordo com as configurações parametrizadas em seu setpoint.

Características técnicas do wall mounted:

- Capacidade em Btu - 36.000;
- Capacidade em TR – 3;
- Tensão - 380V;
- Controle de umidade através de resistências elétricas;
- Refrigerante R-22;
- Proteção contra sobrecarga no compressor (CLO);
- Quadro elétrico com comando 24vca;
- Sensor falta de fase.

## REFERÊNCIAS NORMATIVAS

| NORMAS                                 | RESUMO   |
|--|--|
| NBR 5410:2004                          | Instalações elétricas de Baixa tensão - Foi utilizada para dimensionamento das instalações em BT, proporcionando segurança a pessoas e garantindo funcionamento adequado das instalações.  |
| NBR 5419:2005                          | Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas - Estabelece requisitos para a determinação de proteção contra descargas atmosféricas. Oferece um gerenciamento de riscos, Mostra os potenciais danos a estruturas e perigo a vida.   |
| NBR 5440:2011                          | Transformadores para redes aéreas de distribuição - Estabelece os requisitos das características elétricas e mecânicas dos trafos aplicáveis a rede aérea de distribuição.   |
| NBR 5460:1992                          | Sistemas elétricos de potência - Define termos relacionados ao SEP, explorados por concessionárias de energia sob o ponto de vista de distribuição.  |
| NBR 14039:2005                         | Instalações Elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV - Estabelece um sistema para o projeto e execução de instalações elétricas em MT, garantindo segurança e continuidade do serviço.  |
| NBR 7117:2012                          | Medição da resistividade e determinação da estratificação do solo - Estabelece os requisitos para medição da resistividade e estratificação do solo, fornece subsídios para aplicação em projetos de aterramentos elétricos.   |
| NR-10 (portaria MTE 598 de 07/12/2004) | Segurança em instalações e serviços em eletricidade - Estabelece requisitos e condições mínimas para implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, garantindo a integridade física dos trabalhadores que atuam direta ou indiretamente nas instalações e serviços com eletricidade. |
| NDU 001                                | Fornecimento de energia elétrica em tensão secundária de distribuição - Estabelece procedimentos a serem adotados em   |

Quadro 5 – Normas Utilizadas (continua)

Fonte: O autor (2022)

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, este capítulo de livro apresentou o sistema de energia necessário para instalação de um radar de aproximação, item fundamental no controle de aproximação de um aeródromo. Foi comentado sobre o crescente histórico da demanda aeroportuária após a segunda guerra mundial e a necessidade de implementar regulamentações, padronizar técnicas operacionais, procedimentos, até mesmo na fabricação de aeronaves. Tudo isso, para que fosse viável o transporte da aviação civil internacional.

Um dos objetivos fundamentais dessa mudança foi promover mais segurança em todos os aspectos, incluindo no sistema de controle de tráfego aéreo, o qual foi submetido a severas mudanças para aperfeiçoamento dos serviços. Ainda sobre o controle de tráfego aéreo, vimos a importância da infraestrutura por trás destes sistemas para manter a confiabilidade, continuidade e qualidade dos serviços prestados. E para certificar os sistemas foram criados padrões Tier de certificações pela Uptime Institute os quais definem tipos de infraestrutura necessária para o funcionamento seguro de um datacenter.

E por fim, foram a partir desses moldes de infraestrutura que foi analisado o sistema de energia do Radar TA-10SST, onde viu-se a importância de cada equipamento e a redundância de alguns como critério de segurança para manutenção da proteção ao voo. A análise da infraestrutura para garantir o fornecimento de energia ininterrupta e controlada, bem como as condições adequadas para cada equipamento a fim de manter a maior disponibilidade possível do sistema radar.

## REFERÊNCIAS

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica - PRODIST Módulo II: Planejamento da expansão do sistema de distribuição. 2016. 23 p. Disponível em: [https://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2021956\\_2\\_1.pdf](https://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2021956_2_1.pdf). Acesso em: 15 jun. 2022.

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST, 2018): Módulo 1. 2018. 29 p. Disponível em: [https://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2021956\\_2.pdf](https://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2021956_2.pdf). Acesso em: 20 jun. 2022.

AGST CONTROLES E AUTOMAÇÃO. Condar MP 5000: Manual de operação e instalação. Porto Alegre. 59 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2004. 217 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5419: Proteção Contra Descargas Atmosféricas. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5440: Transformadores para redes aéreas de distribuição. Rio de Janeiro, 2011. 52

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 7117: Medição da resistividade e determinação da estratificação do solo. 2a ed. Rio de Janeiro, 2012. 64 p.

ASSOCIAÇÃO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE AÉREO. A fundação da IATA. Disponível em: <https://www.iata.org/en/about/history/>. Acesso em: 30 mai. 2022.

BRASIL. Governo Federal. NR-10 Segurança em instalações e serviços em eletricidade Portaria Ministério do Trabalho e Emprego n. 598. Diário Oficial da União, 07 de dezembro de 2004, p. 18.

BRASIL. MINISTÉRIO DA DEFESA. ICA 63-18 - Critérios de Implantação de Órgãos ATC e de Auxílios à Navegação Aérea, Brasília, ano 2006.

BRASIL. MINISTÉRIO DA DEFESA. Implantação/substituição de sistemas de energia do SISCEAB - ICA 66-36, Rio de Janeiro, ano 2019, p. 77.

BUENO, A. F. M.; BRANDÃO, C. A. L. Visão geral de tecnologia e mercado para os sistemas de armazenamento de energia elétrica no Brasil. Associação Brasileira de Armazenamento e Qualidade de Energia, 2016.

CAVALCANTI, Marcello Henrique da Silva; RIBEIRO, Matheus Marques; BARRO, Mario Roberto. Planejamento de uma sequência didática sobre energia elétrica na perspectiva CTS. Ciência & Educação, Bauru, v. 24, p. 859-874, 2018.

CUMMINS. Manual de Operação e Manutenção Motores Séries B3.9/B5.9. 315 p.

CYRINO, Luís. PERT e CPM - Métodos de Planejamento. Manutenção em foco. 2017. Disponível em: <https://www.manutencaoemfoco.com.br/pert-cpm-metodo-de-planejamento/>. Acesso em: 25 jun. 2022.

DINIZ, Tiago Barbosa. Impactos econômicos e regionais dos investimentos em geração de energia elétrica no Brasil Tese - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2019.

DUARTE, Marcus V. B. ADEQUAÇÃO A UM MODELO DE GESTÃO E CONTROLE DE MANUTENÇÃO DE UMA INFRAESTRUTURA DE TELECOMUNICAÇÕES. Rio de Janeiro, 2018 Trabalho de Conclusão de Curso - Centro Universitário Augusto Motta.

DUGAN, R.; MCGRANAGHAN, M.; BEATY, H. electrical power systems quality. New York: McGraw-Hill, 1996. 448 p.

ENERGISA. NDU 001: Fornecimento de energia elétrica a edificações individuais ou agrupadas até 3 unidades consumidoras. João Pessoa, 2021. 183 p.

ENERGISA. NDU 002 - Fornecimento de energia elétrica em tensão primária. João Pessoa, 2021. 217 p.

FITZGERALD, Arthur. Máquinas Elétricas. 6a ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 648 p.

GAIO, Evandro Dias. Proposta de um plano de manutenção de um equipamento industrial através da utilização de ferramentas da manutenção centrada em confiabilidade. 66 p Monografia (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016.

GOUVÊA, Adriana Ribeiro. Uma visão estratégica do setor de distribuição de energia elétrica frente aos desafios da expansão de recursos energéticos distribuídos no Brasil. Rio de Janeiro, 2019 Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

ICAO. Anexo 10 - Telecomunicações aeronáuticas: Padrões Internacionais e Práticas Recomendadas. elibrary.icao.int. 2018. Disponível em: <https://elibrary.icao.int/reader/299828/&returnUrl%3DaHR0cHM6Ly9lbglicmFyeS5pY2FvLmludC9leHBsb3JlO21haW5TZWFyY2g9MS9wcm9kdWN0LWRIldGFpbHMvMjk5ODI4?productType=ebook>. Acesso em: 8 mai. 2022.

ICAO. Anexo 14 - Aeródromos: Padrões Internacionais e Práticas Recomendadas. elibrary.icao.int.2018. Disponível em: <https://elibrary.icao.int/reader/274803/&returnUrl%3DaHR0cHM6Ly9lbglicmFyeS5pY2FvLmludC9ob21l3Byb2R1Y3QtZGV0YWlscy8yNzQ4MMDM%3D?Product Type = ebook>. Acesso em: 8 mai. 2022.

KAMRAN, Farrukh; HABELTLER, Thomas G. Transações IEEE em Eletrônica de Potência: Um novo UPS on-line com capacidade de filtragem universal. 1998. 9 p. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/668099>. Acesso em: 12 ago. 2022.

KINDERMANN, Geraldo; CAMPAGNOLO, Jorge Mário. Aterramento Elétrico. 3 ed. Porto Alegre: SAGRA-DC LUZZATTO, 1995. 214 p.

KOSOW, Irving. Máquinas Elétricas e Transformadores. 15a ed. São Paulo: Globo, 2005. 667 p.

LEISTUNG. UPS Modular Leistung 3G. Disponível em: <https://www.leistung.ind.br/upsmodularleistung3g>. Acesso em: 27 jun. 2022.

LORCA, Flávia Saraiva. Minimização ótima das perdas técnicas através de reguladores de tensão em sistemas elétricos de distribuição. Londrina, 2016. 79 p Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Estadual de Londrina.

MALUF, Augusto José. Infraestrutura de sistemas de ar condicionado em Sites de Telecom. 2008. Disponível em: <https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialar/>. Acesso em: 27 jun. 2022.

MATTOS, Aldo Dórea. Planejamento e controle de obras. São Paulo: Pini, 2010.

MATTOS, Aldo Dórea. Planejamento e controle de obras. São Paulo: Pini, v. 2, 2013.

MICROSOFT. Projetos e Resultados. Disponível em: <http://www.microsoft.com/brasil/msdn/tecnologias/carreira/gerencprojetos.aspx>. Acesso em: 7 jun. 2022.

MORAIS, Luciano Cardoso de. Estudo sobre o panorama da energia elétrica no Brasil e tendências futuras. Bauru. 136 p Dissertação - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2015.

NASCIF, Júlio; KARDEC, Alan. Manutenção Função Estratégica. 3a ed. Rio de Janeiro: Qualitmark, 2009. 361 p.

NOCÊRA, Rosaldo de Jesus. Planejamento e Controle de Obras. 2a ed. RJN, 2010.

OGATA, Katsuhiko. Engenharia de controle moderno. Tradução Heloísa Coimbra de Souza. 5 ed. São Paulo: pearson, 2010. 822 p. Tradução de: Modern control engineering.

ONNZE ENGENHARIA. Strategy and action. 299 p. Disponível em: <https://onnzeengenharia.com.br>. Acesso em: 2 jul. 2022.

ORGANIZAÇÃO DE AVIAÇÃO CIVIL INTERNACIONAL. História postal da ICAO. Canadá. Disponível em: [https://applications.icao.int/postalhistory/1944\\_the\\_chicago\\_convention.htm](https://applications.icao.int/postalhistory/1944_the_chicago_convention.htm). Acesso em: 27 mai. 2022.

OTANI, Mario; MACHADO, Waltair Vieira. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. Revista Gestão Industrial, v. 4, 2008.

PAULILO, Gilson. Capítulo II Conceitos gerais sobre qualidade da energia. Revista O Setor Elétrico, São Paulo, p. 28-35, 2013.

PEREIRA, José Claudio. Motores e Geradores. 2006. 122 p. Disponível em: <https://www.joseclaudio.eng.br/energia/apostecger/>. Acesso em: 21 jun. 2022.

STAMFORD. Manual do Proprietário: Alternadores UC. 6a ed. Lynnnh Wood. 70 p.

THALES. Projeto executivo Ensaio de Resistividade do Solo. Rio de Janeiro, 2014. 25 p.

THALES. Projeto Executivo Memorial Descritivo de Energia e Eletrônica. Rio de Janeiro. 19 p.

THALES. Projeto Executivo Memorial Descritivo de Entrada de Energia. Rio de Janeiro, 2014. 13 p.

THALES. Sy9tem Manual TA-10SST & RSM-970, v. 1/1. 365 p.

TORO, Vicent. Fundamentos de Máquinas Elétricas. Rio de Janeiro: LTC, 1999. 550 p.

UPTIME INSTITUTE. Classificação Sistema Tier. Disponível em: <https://pt.uptimeinstitute.com/tiers>. Acesso em: 31 mai. 2022.

UPTIME INSTITUTE. Requisitos Tier para energia. Disponível em: [https://pt.uptimeinstitute.com/resources/assets?filter%5Blanguage%5D=0&filter%5Bcategory%5D=1&filter%5Bpublished%5D=0&task=search&filter\\_order=a.published\\_on](https://pt.uptimeinstitute.com/resources/assets?filter%5Blanguage%5D=0&filter%5Bcategory%5D=1&filter%5Bpublished%5D=0&task=search&filter_order=a.published_on). Acesso em: 31 mai. 2022.

VARGAS, Ricardo. Gerenciamento de Projetos. 6a ed. Brasport, 2005.

VARGAS, Ricardo. Manual Prático do Plano de Projeto. 3a ed. Brasport, 2007.

WOLFF, Christian. Princípio do Radar. tutorialradar.eu. Disponível em: <https://www.radartutorial.eu/01.basics/rb06.pt.html>. Acesso em: 17 mai. 2022.

ZHU, Zhiwei; HEADY, Ronald B. A Simplified Method of Evaluating PERT/CPM Network Parameters: IEEE TRANSACTIONS ON ENGINEERING MANAGEMENT. IEEE. 1994, p. 426-430. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/364568>. Acesso em: 25 jun. 2022.