



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

DANILLO AUGUSTO SANTOS SILVA

**APLICAÇÃO DE BANCOS DE BATERIAS EM SUBESTAÇÕES PARA SUPRIR
OS SERVIÇOS AUXILIARES**

Recife
2022

DANILLO AUGUSTO SANTOS SILVA

**APLICAÇÃO DE BANCOS DE BATERIAS EM SUBESTAÇÕES PARA SUPRIR
OS SERVIÇOS AUXILIARES**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Elétrica da Universidade Federal de
Pernambuco, como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheiro
Eletricista.

Orientador: Prof. Dr. Zanoni Dueire Lins

Recife
2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Silva, Danilo Augusto Santos.

Aplicação de banco de baterias em subestações para suprir os serviços auxiliares
/ Danilo Augusto Santos Silva. - Recife, 2022.
60 : il., tab.

Orientador(a): Zanoni Dueire Lins

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia Elétrica -
Bacharelado, 2022.

1. Banco de baterias. 2. Serviços auxiliares. 3. Dimensionamento de
Baterias. I. Lins, Zanoni Dueire. (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

DANILLO AUGUSTO SANTOS SILVA

**APLICAÇÃO DE BANCOS DE BATERIAS EM SUBESTAÇÕES PARA SUPRIR
OS SERVIÇOS AUXILIARES**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Elétrica da Universidade Federal de
Pernambuco, como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheiro
Eletricista.

Aprovado em: 27/10/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Zanoni Dueire Lins (Prof. Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. M.Sc. Eduardo José Barbosa
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. M.Sc. Calebe Hermann de Oliveira Lima
Universidade Federal de Pernambuco

Este trabalho é todo dedicado aos meus pais, Antônia Bezerra dos Santos e José Marcos da Silva, pois é graças aos seus esforços que hoje posso concluir o meu curso.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, pela minha vida, e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos, permitido que eu tivesse saúde e determinação para não desanimar durante a realização deste trabalho.

À minha família que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

Agradeço ao professor Dr. Zaroni Dueire Lins, exemplo de profissional, pela oportunidade de me orientar na conclusão deste trabalho. Por ser sempre solícito, paciente e atencioso quando precisei de ajuda.

A todos da empresa ESC - Engenharia de Sistemas de Controle, em especial os engenheiros: Rafael Falcão, Fillipe Finco, Artur Guilherme, Ianne Guerra, Simone Babosa, Hugo Caldas e Henrique Oliveira, que me ajudaram ativamente e foram essenciais no meu processo de formação profissional e pela troca de experiências que me permitiram crescer não só como pessoa, mas também como formando.

Às pessoas com quem convivi ao longo desses anos de curso, que me incentivaram e que certamente tiveram impacto na minha formação acadêmica.

Por fim, agradeço também à instituição de ensino UFPE – Universidade Federal de Pernambuco por ter me dado à chance e todas as ferramentas que me permitiram chegar hoje ao final desse ciclo acadêmico de maneira satisfatória.

RESUMO

O sistema de serviços auxiliares de corrente contínua fornece alimentação para relé de proteção e circuitos de controle, a alimentação CC é de suma importância para a operação confiável e segura da subestação. Existem vários tipos de baterias, tais como, baterias de Níquel-cadmio, Níquel-Hidreto metálico, Lítio-íon e Chumbo-ácido, entretanto, para compor um banco de baterias para suprir os serviços auxiliares é necessário que cada elemento tenha alto desempenho no fornecimento energético ao sistema. Com o resultado da escolha de que tipo de bateria é ideal para suprir o sistema auxiliar CC torna-se importante conhecer como dimensionar um banco de baterias. Dentre alguns tipos de modelagens adotados para o dimensionamento de um banco de baterias, foi adotado o modelo prescrito na ABNT NBR 15254, desta forma, a partir do conhecimento do modelo da subestação e suas cargas, foi estimado os parâmetros da capacidade, em ampère-hora, e a quantidade de baterias que compõem o banco de baterias. Em seguida, após a obtenção dos valores da capacidade e quantidade de elementos do banco de baterias, foi feita análise de mercado para entender qual a melhor opção de elemento que será adotado para compor o banco de baterias. Por fim, para o bom funcionamento do banco de baterias e tornar o seu tempo de vida mais longínquo, é indispensável fazer a análise da instalação do banco de baterias e os aspectos de manutenção desse sistema.

Palavras-chave: Banco de baterias; serviços auxiliares; NBR 15254.

ABSTRACT

The DC auxiliary power system provides power for protection relay and control circuits, DC power is of paramount importance for the reliable and safe operation of the substation. There are several types of batteries, such as nickel-cadmium, nickel-metal hydride, lithium-ion and lead-acid batteries, however, to compose a battery bank to supply auxiliary power system it is necessary that each element has high performance in the energy supply to the system. As a result of choosing which type of battery is ideal to supply the DC auxiliary system, it becomes important to know how to size a battery bank. Among some types of modeling adopted for the dimensioning of a battery bank, the model prescribed in the ABNT NBR 15254 was adopted, in this way, from the knowledge of the substation model and its loads, the capacity parameters were estimated, in ampere-hour, and the number of batteries that make up the battery bank. Then, after obtaining the values of the capacity and quantity of elements of the battery bank, a market analysis was carried out to understand the best option of element that will be adopted to compose the battery bank. Finally, for the proper functioning of the battery bank and to make its lifetime longer, it is essential to analyze the installation of the battery bank and the maintenance aspects of this system.

Keywords: Battery bank; auxiliary power system; NBR 15254.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Pilhas em Série	17
Figura 2 - Construção bateria AGM VRLA	21
Figura 3 - Construção bateria GEL VRLA	22
Figura 4 - Construção bateria ventiladas.....	23
Figura 5 - Diagrama de descarga.....	26
Figura 6 - Arranjo da subestação do estudo de caso	28
Figura 7 - Capacidade comercial de baterias da linha Moura Clean Series MO	42
Figura 8 - Estante do banco de baterias	45
Figura 9 - Sala de baterias	46
Figura 10 - Inspeção na sala de baterias	47
Figura 11 - Interligação entre elementos.....	48
Figura 12 - Tipos de manutenção.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Diagrama perfil de descarga	26
Tabela 2 - Composição da subestação	29
Tabela 3 - Equipamentos do pátio.....	32
Tabela 4 - Painéis e Chassi.....	33
Tabela 5 - Iluminação de emergência	34
Tabela 6 - Potência do disparo do disjuntor	34
Tabela 7 - Potência do fechamento do disjuntor	35
Tabela 8 - Total de potência e corrente solicitadas na 1ª fase	36
Tabela 9 - Total de potência e corrente solicitadas na 2ª fase	36
Tabela 10 - Total de potência e corrente solicitadas na 3ª fase	36
Tabela 11 - Constates do fator de capacidade.....	38
Tabela 12 - Análise contendo a 1ª fase do ciclo.....	39
Tabela 13 - Análise contendo a 1ª e 2ª fase do ciclo	39
Tabela 14 - Análise contendo a 1ª, 2ª e 3ª fase do ciclo	39
Tabela 15 - Resultado da capacidade nominal do banco de baterias	40
Tabela 16 - Constantes de correção	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGM	<i>Absorbed Glass Mat</i>
A_p	Corrente requerida em um intervalo de tempo
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
C_n	Capacidade da bateria nominal
C_d	Capacidade da bateria dimensionada
EPI	Equipamento de proteção individual
F_e	Fator de envelhecimento
F_t	Fator de temperatura
F_p	Fator de projeto/segurança
GMG	Grupo gerador-motor
I	Corrente de descarga em ampères
$I_{carga_Iluminação}$	Corrente das cargas de iluminação de emergência
$I_{disparo_disjuntores}$	Corrente de disparo dos disjuntores
$I_{fechamento_disjuntores}$	Corrente de fechamento dos disjuntores
$I_{carga_Permanentes}$	Corrente das cargas permanentes
$I_{equipamentos}$	Corrente dos equipamentos de pátio
$I_{Painéis}$	Correntes dos painéis da subestação
kV	Quilo Volts
K_t	Fator de capacidade
Li-íon	Lítio- íon
LT	Linha de transmissão
NBR	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NiCd	Níquel Cádmio
NiMh	Níquel-Hidreto Metálico
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
P	Potência
Pb	Chumbo
Prot.	Proteção
P_{total}	Potência total

Quant.	Quantidade
SE	Subestação
Trafo	Transformador de potência
UA	Unidade de aquisição
V	Volts
V_{B_min}	Tensão mínima das baterias
V_{cc}	Tensão em Corrente Alternada
V_{fl}	Tensão de flutuação por elemento
V_{fn}	Tensão final de descarga por elemento
V_{max}	Tensão máxima
V_{med}	Tensão média
V_{min}	Tensão mínima
V_n	Tensão nominal
VRLA	<i>Valve Regulated Lead Acid</i>
W	Potência Ativa

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVOS	15
1.1.1	Geral.....	15
1.1.2	Específicos	15
1.2	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	16
2	BATERIAS	17
2.1	TIPOS DE BATERIAS	17
2.1.1	Níquel-Cádmio – Ni-Cd.....	18
2.1.2	Níquel-Hidreto Metálico – Ni-Mh.....	18
2.1.3	Lítio-Íon – Li-Íon.....	18
2.1.4	Chumbo-ácido – pb-ácido.....	19
2.2	BATERIAS ESTACIONÁRIAS.....	19
2.2.1	Para que serve a bateria estacionária?	20
2.2.2	Tipos de baterias estacionárias	20
2.2.2.1	<i>Bateria chumbo-ácido AGM VRLA</i>	<i>20</i>
2.2.2.2	<i>Bateria chumbo-ácido GEL VRLA</i>	<i>21</i>
2.2.2.3	<i>Bateria chumbo-ácido ventiladas.....</i>	<i>22</i>
3	DIMENSIONAMENTO	24
3.1	PERFIL DE DESCARGA	24
3.1.1	Descargas contínuas	24
3.1.2	Descargas não contínuas	25
3.1.3	Descargas momentâneas.....	25
3.1.4	Descargas aleatórias	25
3.2	ESTUDO DE CASO.....	27
3.2.1	Considerações gerais	27
3.2.2	Tipos de cargas	27
3.2.2.1	<i>Cargas permanentes</i>	<i>28</i>
3.2.2.2	<i>Cargas temporárias</i>	<i>28</i>
3.2.3	Configuração da subestação	28
3.2.4	Cálculo.....	29
3.2.4.1	<i>Número de elementos das baterias.....</i>	<i>29</i>
3.2.4.2	<i>Ciclo de emergência considerados.....</i>	<i>30</i>
3.2.4.3	<i>Estimativa das cargas.....</i>	<i>31</i>
3.2.4.4	<i>Ciclo de emergência.....</i>	<i>35</i>
3.2.4.5	<i>Capacidade nominal da bateria</i>	<i>37</i>
3.2.4.6	<i>Capacidade das baterias</i>	<i>40</i>
3.3	FATORES PARA SELECIONAR UMA BATERIA.....	42

4	INSTALAÇÃO DE UM BANCO DE BATERIAS	44
4.1	LOCAL DE INSTALAÇÃO DO BANCO DE BATERIAS.....	44
4.1.1	Ventilação da sala das baterias.....	45
4.1.2	Estrutura da sala de baterias.....	46
4.2	MONTAGEM DA ESTANTE	47
4.3	MONTAGEM DOS ELEMENTOS E INTERLIGAÇÃO.....	48
5	MANUTENÇÃO DE UM BANCO DE BATERIAS	50
5.1	TIPOS DE MANUTENÇÃO	51
5.1.1	Manutenção preditiva	51
5.1.2	Manutenção preventiva	51
5.1.3	Manutenção corretiva	52
5.2	PROCEDIMENTOS	52
5.2.1	Inspeção visual.....	53
5.2.2	Parâmetros operacionais.....	53
5.2.3	Ensaios.....	54
5.2.4	Ações corretivas	54
5.3	PERIODICIDADE	55
5.3.1	Mensal	55
5.3.2	Trimestral.....	55
5.3.3	Anual	56
5.3.4	Não planejada, inspeção especial	56
5.4	QUAL MOMENTO CERTO PARA SUBSTITUIR A BATERIA?	56
6	CONCLUSÃO.....	57
	REFERÊNCIAS	58

1 INTRODUÇÃO

O sistema de serviço auxiliar CC fornece alimentação para relé de proteção, circuitos de controle e intertravamento, a alimentação CC é de suma importância para a operação confiável e segura da subestação, o fornecimento de energia deve estar sempre disponível, ou seja, ao existir algum defeito no fornecimento de energia a partir dos retificadores há o chaveamento para o acionamento do banco de baterias para reestabelecer o estado normal da subestação.

A necessidade deste fornecimento confiável torna-se ainda mais importante durante distúrbios e falhas nos circuitos primários de alta ou média tensão. Desta forma, a importância dessa alimentação auxiliar CC é crucial para a subestação. O sistema CC normalmente opera com o nível de tensão padronizado de acordo com a companhia ou indústria, assim, os níveis de tensão os mais comuns em projetos de serviço auxiliar são: 48Vcc, 125Vcc e 250Vcc.

O quadro de distribuição do serviço auxiliar é dividido em duas seções de cargas: cargas essenciais e cargas não essenciais. As cargas são agrupadas em seus respectivos barramentos, barramento de cargas essenciais e não essenciais, e este barramento é interligado com o auxílio de um disjuntor, cada carga é alimentada por uma fonte de corrente contínua, em casos de defeito no funcionamento de alguma das fontes, há um automatismo entre os disjuntores que, ao existir a ausência de tensão em alguma das fontes faz-se necessário o uso da outra fonte para alimentar todas as cargas desse sistema. É válido ressaltar que, o disjuntor que interliga a barra das cargas essenciais e não essenciais deve ser fechado para existir a continuidade do fornecimento de energia para as cargas.

As cargas que são supridas pelo tal sistema, são geralmente agrupadas de acordo com o seu grau de importância para operação da subestação. Pode-se classificar da seguinte maneira:

- Cargas Essenciais: Não podem sofrer interrupções e estão relacionadas à continuidade operacional e à segurança de pessoas e instalações. As cargas essenciais são compreendidas pelo sistema de proteção, sistema de controle, sinalizações, alarme e telemedicação.

- Cargas não essenciais: Admitem interrupções de curta à longa duração devido não ser essencial para a reposição das atividades normais de uma subestação após a alguma ocorrência de falta.

Para suprir os serviços auxiliares, as baterias devem ser dimensionadas de acordo com a carga que será alimentada. Desta forma, é válido destacar que, segundo o Operador Nacional do Sistema Elétrico, ONS, “em caso de falta de alimentação CA, cada banco de bateria deve ter autonomia de no mínimo 10 (dez) horas, para atender à carga total dos equipamentos de telecomunicações da subestação.” (Submódulo 2.6, 2016, p. 27).

1.1 Objetivos

1.1.1 Geral

O presente trabalho tem por objetivo realizar um estudo dos bancos de bateria implementados nos serviços auxiliares de subestações, outrossim, entender os tipos de bateria, como é feito seu dimensionamento, especificações do ambiente de instalação e aspectos da correta manutenção, visando aumento da vida útil do banco de baterias.

1.1.2 Específicos

Como forma de alcançar o objetivo geral, este trabalho aborda e atinge alguns quesitos básicos para seu desenvolvimento, são eles:

- Revisão bibliográfica dos principais tipos e características dos bancos de baterias mais utilizadas em subestações;
- Abordado como é feito o dimensionamento de um banco de baterias para os serviços auxiliares CC;
- Analisar quais são os critérios essenciais do seu ambiente de instalação;
- Apresentar quais são os aspectos da correta manutenção visando o aumento da sua vida útil.

1.2 Organização do Trabalho

O presente trabalho é estruturado em seis capítulos, sendo que neste primeiro são apresentados a introdução, contextualização, motivação, os objetivos e a estrutura do trabalho.

No capítulo 2, é abordada a contextualização sobre os bancos de baterias apresentando as suas principais características e qual mais utilizadas em subestações.

No capítulo 3, é apresentado as informações referentes ao dimensionamento de um banco de baterias para os serviços auxiliares CC.

No capítulo 4, são realizadas análises de critérios essenciais do ambiente de instalação dos bancos de baterias

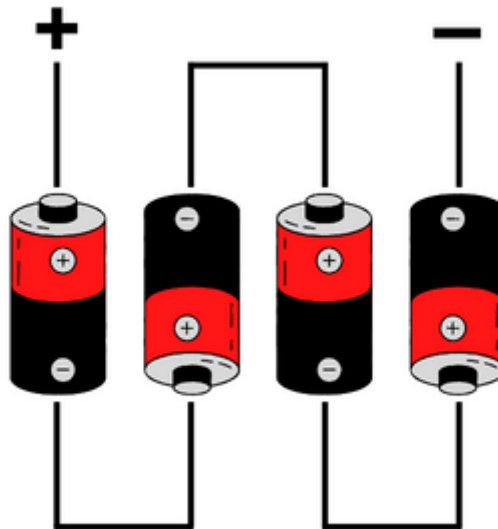
No capítulo 5, são apresentados os aspectos da correta manutenção do banco de baterias visando o aumento da sua vida útil.

No capítulo 6, são apresentadas as conclusões do desenvolvimento do presente trabalho.

2 BATERIAS

As baterias são um conjunto de pilhas ligadas em série, ou seja, dispositivos eletroquímicos nos quais ocorrem reações de oxirredução, o que produz a corrente elétrica. Assim como as pilhas, as baterias apresentam um ânodo e um cátodo cujo ambos estão com uma solução eletrolítica (DIAS, 2017). Conforme visto na Figura 1, as pilhas ligadas em série tem seu terminal positivo ligado ao negativo de outra e assim feito sucessivamente. Assim, caso haja a associação de 4 pilhas com tensão de 1,5V cada a tensão total desse conjunto será de 6V (DIAS, 2017).

Figura 1 - Pilhas em Série



Fonte: Próprio Autor

2.1 Tipos de Baterias

Para suprir um sistema de serviço auxiliar de corrente contínua é necessário ter retificadores e bancos de baterias para que os sistemas funcionem de forma ininterrupta, os bancos de baterias precisam ser baterias recarregáveis, desta forma, pode-se salientar que há quatro principais tipos de baterias recarregáveis em comercialização:

2.1.1 Níquel-Cádmio – Ni-Cd

A bateria de níquel-cádmio – Ni-Cd foi inventada em 1899, pelo o cientista sueco chamado Waldemar Jungner, tal bateria recarregável tinha eletrodos de níquel e cádmio mergulhados em uma solução eletrolítica de hidróxido de potássio (NEWMAX, 2019), esse dispositivo entrou em comercialização em 1910 na Suécia, desta forma, hoje em dia sua tecnologia é desenvolvida e madura. Embora a bateria de Ni-Cd tenha evoluído ao longo do tempo, ela é apenas utilizada para equipamentos eletrônicos tais como barbeadores, aparelhos eletrônicos portáteis, walkie talkie. Devido sua baixa densidade no acumulo energético, ter materiais tóxicos em sua composição que, por sua vez, não podem ser descartados de qualquer forma no meio ambiente, assim, em alguns países no início dos anos 2000 decidiram substituir a bateria de níquel-cádmio por baterias de Ni-Mh e Li-Ion (STA-Eletrônica, 2020).

2.1.2 Níquel-Hidreto Metálico – Ni-Mh

A bateria de níquel-hidreto metálico – Ni-Mh tem alta densidade de energia se levado em comparação com a bateria de Ni-Cd (STA-Eletrônica, 2020), não tem materiais tóxicos que podem causar danos ao meio ambiente e tem baixo efeito de memória, ou seja, tendem a ter vida útil mais longa, entretanto, a bateria de Ni-Mh tem um custo mais elevado do que as de Ni-Cd.

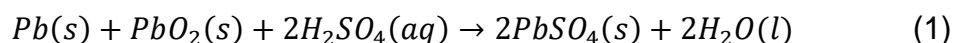
2.1.3 Lítio-Íon – Li-Íon

A bateria de Lítion-Íon – Li-íon surgiu na década de 1980, o químico americano Jhon B. Goodenough liderou as pesquisas da *Sony* para produzir uma versão mais estável da bateria lítio recarregável (Blog das Baterias, 2011), após anos de estudos, em 1991, a *Sony Corporation* comercializou a primeira bateria de íon de lítio. Esta bateria tem sua tecnologia recente, entretanto, está tendo uma rápida aceitação no mercado. Sua principal aplicação está presente em notebooks e telefones celulares (STA-Eletrônica, 2020).

2.1.4 Chumbo-ácido – pb-ácido

Bateria de Chumbo ácido – pb-ácido ou acumuladores de chumbo, foi inventada pelo francês Gaston Planté em 1859, a bateria pb-ácido foi a primeira bateria que teve a capacidade de ser recarregada quando passada uma corrente reversa em seus polos. Conforme visto na equação (1),

“Uma célula de chumbo-ácido consiste em um anodo de chumbo e um catodo de dióxido de chumbo imerso em ácido sulfúrico. Ambos os eletrodos reagem com o ácido para produzir sulfato de chumbo, mas a reação no anodo de chumbo libera elétrons enquanto a reação no dióxido de chumbo os consome, produzindo uma corrente. Essas reações químicas podem ser revertidas pela passagem de uma corrente reversa pela bateria, recarregando-a.” (NEWMAX, 2019).



As baterias de chumbo-ácido são consideradas as baterias mais econômicas entre as opções citadas anteriormente, entretanto, são baterias mais pesadas, ou seja, devido seu peso, deve ser usado de forma estática. Tal tipo de bateria é comumente utilizada em nobreaks, em partidas de automóveis, empilhadeiras, serviços auxiliares para subestação, etc. Também é válido ressaltar que, este tipo de bateria tem a capacidade de descarga de dez horas (CARDOSO, CONCLI, 1972, p.2), assim, condizente com a afirmação encontrada no Submódulo 2.6 da ONS:

“Em caso de falta de alimentação CA, cada banco de bateria deve ter autonomia de no mínimo 10 (dez) horas, para atender à carga total dos equipamentos de telecomunicações da subestação.” (ONS, submódulo 2.6, 2016, p. 27).

2.2 Baterias estacionárias

O sistema de baterias estacionárias é destinado para ciclos de descarga profundo (MOURA, 2019). Embora parecidas com baterias automotivas, o acumulador

chumbo-ácido estacionário foi projetado para operar de modo imóvel, ou seja, em aplicações que não precisam a locomoção do dispositivo (Varejão das baterias, 2019). Para conseguir ter um fornecimento contínuo de energia por longos períodos as baterias têm placas de chumbo mais espessas, dessa forma, as baterias estacionárias ao sofrer descargas profundas não prejudicam a sua vida útil.

2.2.1 Para que serve a bateria estacionária?

A bateria estacionária é indicada para os sistemas que necessitam de longos períodos de energia sem interrupção, sendo assim, em subestações, quando há, por algum motivo, a falta de alimentação CA, que alimenta os retificadores, a principal aplicação das baterias Pb-ácido é alimentar sistemas de telecomunicações, sistema de controle, sinalizações, alarme e telemedicação, para o que o sistema continue operante.

2.2.2 Tipos de baterias estacionárias

2.2.2.1 Bateria chumbo-ácido AGM VRLA

A bateria AGM VRLA é constituída por separadores de microfibras de vidro, assim, possuindo a sigla AGM, que significa *Absorbed Glass mat*, ou seja, eletrólito absorvido em manta de microfibras, segundo a empresa de engenharia elétrica MEXCOM:

“A manta de microfibra de vidro nas AGM serve como separador e é mantido sob compressão entre as placas, de forma a garantir que o eletrólito por ele absorvido esteja em completo contato com a superfície das mesmas, assegurando uma boa reação química.” (MEXCOM, 2019).

Além da tecnologia AGM, este tipo de bateria é regulado à válvula, desta forma, o VRLA em seu nome representa *Valve Regulated Lead Acid*. As baterias VRLA possuem válvulas internas que são responsáveis por regular a pressão interna da bateria (FRAGMENTUM,2021). Tais válvulas são fundamentais para o funcionamento da bateria selada que, por sua vez, protegem o equipamento de explosões, outrossim, não emitem gases, ou seja, a mesma realiza um processo de recombinação dos gases

que são emitidos e não permite que sejam eliminados. Este tipo de baterias é bastante indicado para instalação em locais abrigados, pois garante que não haverá contaminação e não expõe as pessoas a explosões.

A bateria Pb-ácido AGM VRLA têm uma construção típica e pode ser vista na Figura 2.

Figura 2 - Construção bateria AGM VRLA



Fonte: Bullenwächter (2014)

2.2.2.2 Bateria chumbo-ácido GEL VRLA

A bateria GEL VRLA, como o nome sugere, tem suas células submergidas em um eletrólito imóvel e altamente viscoso, tal eletrólito gelatinoso é composto por sílica pirogênica e ácido sulfúrico, devido ao eletrólito espesso, este tipo de baterias pode ser montado em qualquer posição. As principais vantagens do uso deste tipo de baterias selada são que oferecem mais resistência a temperaturas externas, resistem melhor a choques e vibrações, oferecem taxas de autodescarga extremamente baixas, não emitem gases, tornando-as seguras para instalações abrigados (FOXTRON, 2021). Embora tenha várias vantagens, as baterias GEL VRLA são sensíveis a sobrecarga e necessitam de carregadores e reguladores Smart, além de serem mais caras em relação as baterias de PB-ácido ventiladas.

A bateria Pb-ácido GEL VRLA têm uma construção típica devido ao seu composto eletrolítico e pode ser vista na Figura 3.

Figura 3 - Construção bateria GEL VRLA



Fonte: solarenergyscout (2021)

2.2.2.3 Bateria chumbo-ácido ventiladas

As baterias de chumbo-ácido ventilados também são conhecidas por serem baterias “inundadas” ou até mesmo “células úmidas” pelo fato de ter suas células submergidas em um eletrólito líquido que por sua vez é composto por água e ácido sulfúrico, tal bateria tem uma construção típica devido ao seu composto eletrolítico e construção física, sua ilustração pode ser vista na figura 4. As baterias são conhecidas como baterias ventiladas por terem seus terminais positivos e negativo expostos na parte superior do seu invólucro (SECPOWER, 2021). Ao contrário das baterias AGM e GEL cujo qual são seladas e não permitem a emissão de gases, as baterias ventiladas tem sua como objetivo permitir a fuga de gases formados quando a bateria está carregando. Dessa forma, durante parte de sua operação seu composto líquido interno é reduzido devido a evaporação. Segundo a empresa fabricante de baterias elétricas secpower:

“uma bateria de célula ventilada usa uma válvula de liberação de pressão para permitir que os gases hidrogênio e oxigênio produzidos durante sua operação normal sejam liberados na atmosfera para evitar a ruptura do invólucro da célula.” (Secpower, 2020).

Este tipo de baterias é comumente utilizado em aplicações de sistemas de telecomunicações, sistema eólico, solar, usinas hidroelétricas, hospitais e sistemas que precisam ser ininterruptos como os serviços auxiliares (MEXCOM, 2019). A principal vantagem em relação aos outros tipos citados anteriormente é que as baterias estacionárias ventiladas têm uma vida superior, alto desempenho no fornecimento energético, ou seja, ideias para atuar em redes que exigem descargas prologadas.

Figura 4 - Construção bateria ventiladas



Fonte: marinehowto (2018)

3 DIMENSIONAMENTO

Alguns fatores básicos determinam o dimensionamento de um banco de baterias para suprir os serviços auxiliares de uma subestação, tais fatores são: tensão máxima e mínima do sistema, o perfil de descarga e os fatores de correção impostos sobre o sistema. Levando em consideração essas variáveis, dar-se o número de elementos existentes em um banco de baterias e a capacidade de fornecimento de energia.

Um banco de baterias é um arranjo de baterias conectadas em série e paralelo, a tensão nominal deste banco é dada pela tensão nominal de uma bateria multiplicada pelo número total de elementos em série.

Conforme NBR 15254 “A capacidade da bateria em ampères-horas é igual à capacidade de um único elemento, desde que todos os elementos estejam conectados em série. Baterias em paralelo composta por elementos de mesma capacidade e com o mesmo número de elementos têm a sua capacidade total correspondente à soma dos bancos colocados em paralelo.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 15254, 2005, p. 6). Ou seja, para chegar na tensão que os equipamentos do serviço auxiliar necessitam faz-se o uso de colocar as baterias em série e ao utilizar baterias da mesma capacidade conectadas em paralelo, obtém-se a capacidade desejada para fornecer energia ao sistema.

3.1 Perfil de descarga

Segundo a NBR 15254 “O perfil de descarga é uma variação de corrente de descarga das baterias durante um determinado intervalo de tempo” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 15254, 2005, p. 2). Ao utilizar as baterias no sistema deve ser levado em consideração quatro tipos de descargas:

3.1.1 Descargas contínuas

São consideradas descargas contínuas as descargas que apresentam o mesmo valor de consumo de energia durante todo o perfil de descarga, ou seja, equipamentos que estão continuamente sendo supridos pela bateria, segundo a NBR 15254, para fins de exemplificação, as cargas que fazem parte desse grupo são: o circuito de

iluminação, motores de operação contínua, sistemas de telecomunicações, inversores, luzes de sinalização, bobinas continuamente energizadas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 15254, 2005, p. 2). Outros exemplos de cargas permanentemente supridas pelas baterias são: relés de proteção, oscilógrafos, unidades autônomas.

3.1.2 Descargas não contínuas

São descargas que ocorrem a qualquer momento durante o perfil de descarga, entretanto, tais descargas podem ou não permanecer até o final do perfil de descarga, segundo a NBR 15254, para fins de exemplificação, as cargas que fazem parte desse grupo são: motores para bombas de emergência, motores para sistemas críticos de ventilação, sistema que atuam na proteção contra incêndio (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 15254, 2005, p. 3).

3.1.3 Descargas momentâneas

Este tipo de descarga pode ocorrer mais de uma vez durante o perfil de descarga, outrossim, em tempo curto de duração, não excedendo um minuto em qualquer caso das ocorrências. Quando se trata de serviços auxiliares, as principais cargas que estão vinculadas as descargas momentâneas são: bobinas de abertura de disjuntores, bobinas de fechamento de disjuntores, partida dos registradores de perturbações, corrente de partida de motores, operação de chaveamento, etc. tais cargas são acionadas para recompor o estado normal de uma subestação.

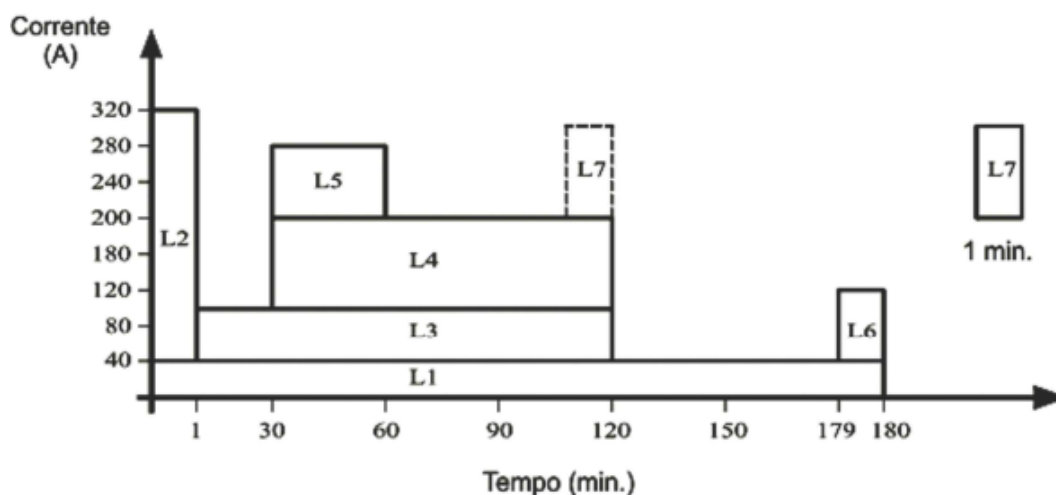
3.1.4 Descargas aleatórias

Segundo a NBR 15254 as descargas aleatórias são “Descargas não contínuas ou momentâneas que podem ocorrer a qualquer tempo durante o perfil de descarga” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 15254, 2005, p. 1).

Para justificar o acionamento das cargas, perfil de descarga ao longo do tempo e justificativa técnica pode ser desenvolvido um diagrama do perfil de descarga cujo

qual representa todas as correntes de descarga durante o ciclo de descarga da bateria. Um exemplo de diagrama do perfil de descarga pode ser visto na Figura 5.

Figura 5 - Diagrama de descarga



Fonte: NBR 15254 (2005)

Na figura 5 é visto blocos enumerados de L1 até L7, tais blocos representam os tipos de descargas e o período que o banco de bateria precisa suprir o correspondente sistema. Na Tabela 1 pode ser encontrada a descrição detalhada de cada perfil de descarga em relação ao tempo.

Tabela 1 - Diagrama perfil de descarga

Descargas da bateria	Descrição
L1	40A por 3 horas – descarga contínua
L2	280A por 1 minuto -descarga momentânea
L3	60A a partir do 1º minuto até 120º minuto – descarga não contínua
L4	100A a partir do 30º minuto até 120º minuto – descarga não contínua
L5	80A a partir do 30º minuto até 60º minuto – descarga não contínua
L6	80A no último minuto – descarga momentânea.
L7	100A por 1 minuto – descarga aleatória.

Fonte: Elaboração Própria

3.2 Estudo de caso

3.2.1 Considerações gerais

O serviço auxiliar CC será composto por dois conjuntos de baterias e depois carregadores-retificadores, e sua tensão será 125Vcc, esta configuração é feita para haver redundância da alimentação do serviço auxiliar, ou seja, tornar o sistema confiável e ininterrupto.

A faixa de tensão permissível para a operação satisfatória dos equipamentos alimentados pelo sistema é de -20 à +10% da tensão nominal, ou seja, 100 a 137,5Vcc.

O carregador terá capacidade de, simultaneamente, suprir a carga permanente total do sistema de corrente contínua e carregar a bateria em regime de flutuação ou equalização.

A fim de proporcionar uma margem de segurança ao projeto será adotado como tensão mínima do banco de baterias $V_{B_min} = 105 \text{ Vcc}$ para compensar a queda de tensão devido a distância entre a casa de baterias e a casa dos painéis da subestação.

Segundo o Operador Nacional do Sistema Elétrico, ONS, (Submódulo 2.6, 2016, p. 27), “Em caso de falta de alimentação CA, cada banco de bateria deve ter autonomia de no mínimo 10 (dez) horas, para atender à carga total dos equipamentos de telecomunicações da subestação.” Desta forma, até a tensão final cada elemento terá 1,75V, além de tal consideração, também será levado em consideração que o valor de tensão de flutuação de cada elemento será 2,15V.

Será levado em consideração para determinar a capacidade nominal da bateria, que a duração total do ciclo de emergência é de 5 horas, somando-se as três fases do ciclo que será detalhada a seguir.

3.2.2 Tipos de cargas

Em um serviço auxiliar CC há dois principais conjuntos de cargas:

3.2.2.1 Cargas permanentes

São cargas que deverão permanecer presentes durante todo o ciclo de emergência, tais cargas podem ser classificadas como: Relés de proteção, lâmpadas indicadoras, oscilógrafos, unidades autônomas, iluminação de emergência, etc.

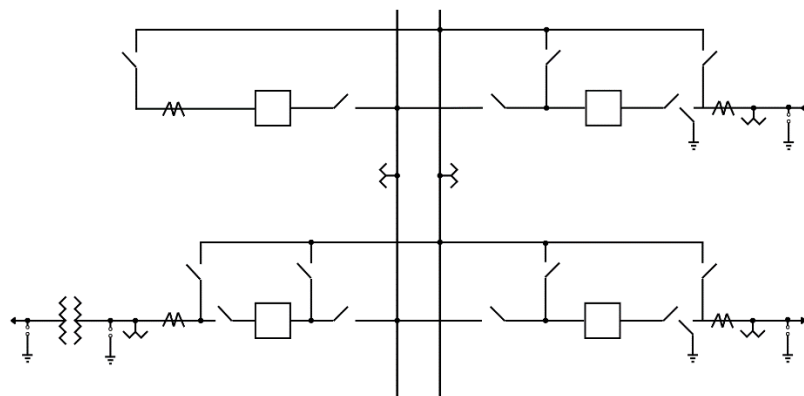
3.2.2.2 Cargas temporárias

São cargas presentes apenas temporariamente no ciclo de emergência: bobinas de abertura dos disjuntores, bobina de fechamento dos disjuntores, partida dos registradores de perturbação, etc. Como visto anteriormente, este tipo de carga também pode ser classificado como integrantes das descargas momentâneas.

3.2.3 Configuração da subestação

Para o correto dimensionamento dos serviços auxiliares será necessário entender quais eventos o banco de bateria irá alimentar, ou seja, entender que tipo de carga será suprida continuamente ou permanentemente. Para a composição deste estudo de caso, será considerada uma subestação de 230kV, cujo o arranjo é barra dupla a quatro chaves, conforme visto na Figura 6, a composição detalhada dos eventos desta subestação pode ser vista na Tabela 2.

Figura 6 - Arranjo da subestação do estudo de caso



Fonte: Autoria Própria

Tabela 2 - Composição da subestação

Quantidade	EVENTO
02	Vão de Entrada de linha de 230kV
01	Vão de Transferência/Interligação de barra de 230kV
01	Vão de Transformador de 230kV

Fonte: Elaboração Própria

3.2.4 Cálculo

3.2.4.1 Número de elementos das baterias

Para conhecer o valor do número de elementos do banco de baterias será necessário levar em consideração o seguinte cálculo:

$$V_{max} = n_1 \times V_{fl} \quad (2)$$

$$n_1 = \frac{137,5}{2,15} \cong 64$$

$$V_{min} = n_2 \times V_{fn} \quad (3)$$

$$n_2 = \frac{105V}{1,75V} = 60$$

Onde na equação (2) a tensão máxima é o número de elementos vezes a tensão de flutuação, outrossim, na equação (3) a tensão mínima é o número de elementos vezes a tensão final, entretanto, como o número de elementos da bateria (n) é fixo, deve estar no intervalo $n_2 \leq n \leq n_1$, assim, para chegar no valor de elementos para o banco de baterias, será feita a média entre os valores finais da equação (2) e (3), desta forma, o resultado do valor do número de elementos deste banco será: $n = 62$.

Com isso, após o valor do número de elemento do banco de baterias, poderá ser conhecido o valor da tensão de flutuação total do banco de baterias, conforme visto na equação (4), e na equação (5), após o ciclo de emergência poderá ser analisado a tensão final. Seguinte a obtenção dos valores da tensão de flutuação e tensão final,

dar-se para definir a tensão média entregue pelo banco de baterias, tal valor pode ser analisado na equação (6).

$$V_{fl_banco} = n \times V_{fl}$$

$$V_{fl_banco} = 62 \times 2,15 = 133,3 \text{ V}$$
(4)

$$V_{fn_banco} = n \times V_{fn}$$

$$V_{fn_banco} = 62 \times 1,75 = 108,5 \text{ V}$$
(5)

$$V_{med} = \frac{V_{fl_banco} + V_{fn_banco}}{2}$$

$$V_{med} = \frac{133,3 + 108,5}{2} = 120,9 \text{ V}$$
(6)

3.2.4.2 Ciclo de emergência considerados

Para entender como vai ser comportar a carga da bateria, será necessário conhecer como o banco de baterias irá fornecer a energia, desta forma, será considerado 3 fases no ciclo de emergência cujo qual seja representada a seguir:

3.2.4.2.1 1ª fase: Ocorrência da emergência

A primeira fase tem duração de um minuto aproximadamente, esta fase é iniciada pela atuação das proteções que acarretam na interrupção do fornecimento da energia CA dos carregadores-retificadores. Nesta fase serão consideradas as seguintes cargas:

- Carga correspondente ao disparo de disjuntores, disparo simultâneo, de 230kV, escolhendo-se entre estas a condição mais desfavorável, pois irá ter um perfil de descarga momentânea mais crítico;
- Cargas permanentes do sistema de 125Vcc;

- Iluminação de emergência.

3.2.4.2.2 2ª fase: *Emergência intermediária*

Esta fase que se desenvolve após a ocorrência da emergência, até instantes antes do restabelecimento dos serviços auxiliares. Nesta fase serão consideradas as seguintes cargas:

- Cargas permanentes do sistema 125Vcc;
- Iluminação de emergência.

3.2.4.2.3 3ª fase: *Restabelecimento*

A fase de restabelecimento dura aproximadamente dez minutos, compreendida entre a emergência intermediária e o restabelecimento total dos serviços auxiliares CA. Nesta fase serão consideradas as seguintes cargas que serão supridas pelo banco de baterias:

- Carga correspondente ao fechamento em série dos disjuntores disparados na fase de ocorrência de emergência;
- Cargas permanentes do sistema de 125Vcc
- Iluminação de emergência.

3.2.4.3 *Estimativa das cargas*

Para a elaboração dos cálculos da capacidade do banco de baterias para suprir o serviço auxiliar do estudo de caso, será estimada as cargas vistas nos ciclos de emergência considerados anteriormente.

3.2.4.3.1 *Cargas permanentes*

As cargas permanentes deverão permanecer em todo ciclo de emergência, conforme analisado na Figura 6, há dois principais equipamentos de pátio que são manobrados em caso de falta na subestação, as seccionadoras e disjuntores. Em

cada vão de linha de transmissão, há um total de quatro seccionadoras, uma lâmina de terra e um disjuntor, no vão de transferência existe duas seccionadoras e um disjuntor, por fim, no vão do transformador, há quatro seccionadoras e um disjuntor. Para que o sistema de serviço auxiliar CA também seja confiável e ininterrupto, quando existe alguma falta no sistema de alimentação CA do serviço auxiliar, faz-se necessário a operação de um grupo motor-gerador para alimentar as cargas de corrente alternada deste sistema. Esta relação de equipamentos de pátio pode ser vista na Tabela 3.

Tabela 3 - Equipamentos do pátio

Equipamentos	Potência		
	(W)	Quant.	Total
Disjuntor 230kV	40	4	160
Seccionadora 230kV	30	16	480
Grupo gerador motor (GMG)	50	1	50
Total Equipamentos do pátio			690

Fonte: Elaboração Própria

Para que os equipamentos de pátio descritos na Tabela 3 sejam manobrados a partir de uma sala de comando será necessário fazer a consideração que a subestação do estudo de caso tenha: dois painéis para comandar e proteger cada linha de transmissão, sendo uma unidade controladora – UA de proteção principal e o outro para a proteção alternada, uma unidade controladora para o vão do transformador e outra para o vão de transferência, um painel de rede para existir a comunicação dos relés na rede interna da subestação, painel de telecom para a comunicação externa da subestação e um painel de interface para existir a comunicação dos eventos da subestação com as subestações da rede básica. Para os serviços auxiliares, deverá existir dois painéis no setor CA, ou seja, o primeiro painel terá apenas as cargas essenciais e o segundo painel terão apenas as cargas não essenciais, tal analogia pode ser considerada para os painéis das cargas CC, por fim, no serviço auxiliar será considerado um painel que fará o intertravamento das fontes de alimentação CC e CA dos painéis do serviço auxiliar. A relação dos painéis

da subestação de estudo, assim como a potência consumida, pode ser vista na Tabela 4.

Tabela 4 - Painéis e Chassi

Equipamentos	Potência		
	(W)	Quant.	Total
UA – LT 230kV	220	4	880
UA – Vão do Trafo 230/69kV	220	1	220
UA – Vão de Transf. + Prot. Barras	200	1	200
Painel de Rede	1300	1	1300
Telecom	100	2	200
Serviço Auxiliar CA	40	2	80
Serviço Auxiliar CC	30	2	60
Painel de Automação do Serviço Auxiliar	100	1	100
Painel de Interface	200	1	200
Total Painéis e Chassis			3.240

Fonte: Elaboração Própria

Após conhecer quais são as cargas correspondentes às cargas permanentes e a tensão média fornecida pelo banco de baterias, de acordo com a equação (7) pode ser encontrada a corrente requisitada pelo sistema:

$$\begin{aligned}
 P_{total} &= V_{med} * I_{carga_Permanentes} \\
 I_{carga_Permanentes} &= I_{equipamentos} + I_{Painéis} \\
 I_{carga_Permanentes} &= \frac{690 + 3240}{120,9} = 32,51 \text{ A}
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

3.2.4.3.2 Iluminação de Emergência

A cargas estimadas para iluminação de emergência estão na Tabela 5.

Tabela 5 - Iluminação de emergência

Local	Potência
	(W)
Casa de comando	250
Casa do GMG	50
Total Iluminação de Emergência	300

Fonte: Elaboração Própria

Após conhecer quais são as cargas correspondentes às cargas de iluminação de emergência e a tensão média fornecida pelo banco de baterias, de acordo com a equação (8) pode ser encontrada a corrente fornecida para tal sistema:

$$P_{total} = V_{med} * I_{carga_Iluminação}$$

$$I_{carga_Iluminação} = \frac{300}{120,9} = 2,48 A \quad (8)$$

3.2.4.3.3 Disparo dos disjuntores

Ao ocorrer alguma falta no sistema de potência, para isolar o problema, os disjuntores em caso de emergência precisam abrir, desta forma, para considerar a forma mais crítica de um perfil de descarga, será considerado que todos os disjuntores da SE vão abrir simultaneamente, na Tabela 6 pode ser visto o total de potência demandada nessa ação de emergência.

Tabela 6 - Potência do disparo do disjuntor

Equipamento	Potência	Eventos	
	(W)	Quant.	Total
Disjuntor 230kV	4620	4	18480
Total disparo disjuntores			18480

Fonte: Elaboração Própria

Portanto, após conhecer qual a potência demandada para realizar tal a abertura do disjuntor em caso de falta no sistema, a partir da equação (9), será conhecida a corrente requisitada:

$$P_{total} = V_{med} * I_{disparo_disjuntores}$$

$$I_{disparo_disjuntores} = \frac{18480}{120,9} = 152,85 \text{ A} \quad (9)$$

3.2.4.3.4 Fechamento dos disjuntores

No restabelecimento dos serviços auxiliares de corrente alternada será considerado o fechamento de dois disjuntores de 230kV de forma simultânea. Assim o consumo energético será representado na Tabela 7.

Tabela 7 - Potência do fechamento do disjuntor

Equipamentos	Potência	Eventos	
	(W)	Quant.	Total
Disjuntor 230kV	939	2	1878
Total fechamento disjuntores			1878

Fonte: Elaboração Própria

Desta forma, a partir dos dados vistos na Tabela 7, pode ser encontrada a corrente aquisitada para tal perfil de descarga, assim, visto na equação (10):

$$P_{total} = V_{med} * I_{fechamento_disjuntores}$$

$$I_{fechamento_disjuntores} = \frac{1878}{120,9} = 15,53 \text{ A} \quad (10)$$

3.2.4.4 Ciclo de emergência

O ciclo de emergência fornece as etapas que o banco de baterias irá suprir os serviços auxiliares em toda fase da emergência, assim, a partir do valores calculados nas equações (7), (8), (9) e (10), poderá chegar no total de potência e corrente

entregues pelo banco de baterias que está sendo dimensionado. Nas tabelas 8, 9 e 10 é demonstrado os valores totais das respectivas fases do ciclo de emergência.

3.2.4.4.1 1ª fase: Ocorrência da emergência

Tabela 8 - Total de potência e corrente solicitadas na 1ª fase

Cargas Solicitadas	Eventos	
	P (W)	I (A)
Permanentes	3930	32,51
Iluminação de Emergência	300	2,48
Disparo	18480	152,85
Total	22710	187,84

Fonte: Elaboração Própria

3.2.4.4.2 2ª fase: Emergência intermediária

Tabela 9 - Total de potência e corrente solicitadas na 2ª fase

Cargas Solicitadas	Eventos	
	P (W)	I (A)
Permanentes	3930	32,51
Iluminação de Emergência	300	2,48
Total	4230	34,99

Fonte: Elaboração Própria

3.2.4.4.3 3ª fase: Restabelecimento dos serviços auxiliares CA

Tabela 10 - Total de potência e corrente solicitadas na 3ª fase

Cargas Solicitadas	Eventos	
	P (W)	I (A)
Permanentes	3930	32,51
Iluminação de Emergência	300	2,48
Fechamento dos disjuntores	1878	15,53
Total	6108	50,52

Fonte: Elaboração Própria

3.2.4.5 Capacidade nominal da bateria

De acordo com a NBR 15254 o cálculo da capacidade dimensionada das baterias será baseado na equação (11):

$$Cd = \sum_{P=1}^{P=N} (A_P - A_{P-1}) * K_t \quad (11)$$

Onde:

- Cd é a capacidade dimensionada;
- P é o período de análise;
- N é o número da fase do ciclo de emergência;
- A_P é a corrente requerida, em ampères, para o período P;
- A_{P-1} é a corrente requerida, em ampères, para o período anterior ao período P;
- K_t é o fator de capacidade.

Além do cálculo básico para determinar a capacidade da bateria, deve ser levado em consideração a necessidade de aplicar alguns fatores de dimensionamento para que o valor seja mais adequado (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 15254, 2005, p. 7), tais fatores são: Fator de correção da capacidade em função da temperatura conhecido como F_t , compensação de envelhecimento conhecido como F_e e o fator de segurança de projeto é determinado por F_p . Desta forma, aplicando tais fatores de dimensionamento na equação (11) a nova equação reajustada ficaria conforme a equação (12).

$$Cn = \left\{ \sum_{P=1}^{P=N} (A_P - A_{P-1}) * K_t \right\} * F_e * F_t * F_p \quad (12)$$

Em primeira instância, para cálculos iniciais, o valor da constante de capacidade é desconhecida, de acordo com a ABNT NBR 15254:

“Para o correto dimensionamento da capacidade de um elemento, é necessária a utilização de um fator K adequado a essa capacidade. Como

a princípio não se conhece o valor dessa capacidade, faz-se necessária uma primeira aproximação no sentido de determinar qual seria a capacidade estimada do elemento. Para tal utiliza-se um fator K arbitrário e com ele determina-se uma capacidade que sirva de base para a escolha do fator K apropriado. Pode ser que sejam necessárias várias iterações até que alcance o valor correto do fator K.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 15254, 2005, p. 9)

Desta forma, após encontrar na folha de dados da bateria um valor de K_t acima do valor preestabelecido no dimensionamento, deve-se verificar se os valores da capacidade não estão adequados e, assim, refazer os cálculos do dimensionamento se necessário.

Para fins de análise e uma primeira aproximação do valor da capacidade deste banco de baterias, será feita uma consideração para os valores K_t que poderá ser visto na Tabela 11.

Tabela 11 - Constates do fator de capacidade

Tempo (minutos)	K_t
$T_1 = 300$	5,60
$T_2 = 299$	5,57
$T_3 = 10$	1,10
$T_4 = 1$	0,80
$T_5 = 290$	5,43
$T_6 = 289$	5,40

Fonte: Elaboração Própria

3.2.4.5.1 Verificação das capacidades

A equação (11) pode ser destrinchada em partes para fins de análise da capacidade entregue pela bateria, ou seja, analisar a primeira fase do clico de

emergência, uma segunda análise contendo a primeira e segunda parte e uma última análise total tendo todas as etapas da emergência que a bateria precisará atender. As análises podem ser analisadas nas Tabela 12, Tabela 13 e Tabela 14 respectivamente.

Tabela 12 - Análise contendo a 1ª fase do ciclo

Fase	Carga (A)		Diferença entre cargas (A)	Duração da fase (min)	Duração para fins da seção (min)	Fator K	Cn x Kt Nominal
1	A1 =	187,84	A1-A0 = 187,84	M1 = 1	T = M1 = 1	0,80	150,27
Total							150,27

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 13 - Análise contendo a 1ª e 2ª fase do ciclo

Fase	Carga (A)		Diferença entre cargas (A)	Duração da fase (min)	Duração para fins da seção (min)	Fator K	Cn x Kt Nominal
1	A1 =	187,84	A1-A0 = 187,84	M1 = 1	T = M1+M2 = 290	5,43	1.019,98
2	A2 =	34,99	A2-A1 = -152,85	M2 = 289	T = M2 = 289	5,40	-825,41
Total							194,57

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 14 - Análise contendo a 1ª, 2ª e 3ª fase do ciclo

Fase	Carga (A)		Diferença entre cargas (A)	Duração da fase (min)	Duração para fins da seção (min)	Fator K	Cn x Kt Nominal
1	A1 =	187,84	A1-A0 = 187,84	M1 = 1	T = M1+M2+M3 = 300	5,60	1.051,91
2	A2 =	34,99	A2-A1 = -152,85	M2 = 289	T = M2+M3 = 299	5,57	-851,39
3	A3 =	50,52	A3-A2 = 15,53	M3 = 10	T = M3 = 10	1,10	17,09
Total							217,60

Fonte: Elaboração Própria

3.2.4.6 Capacidade das baterias

Para a base de cálculo da capacidade das baterias, deveremos considerar a capacidade mais crítica dentre as seções calculadas anteriormente. Sendo assim, o valor a ser adotado será o cálculo da Tabela 14. Desta forma, na Tabela 15, pode ser visto o valor capacidade nominal calculada do banco de baterias em cada uma das fases do ciclo de emergência, é valido ressaltar que, conforme na equação (13), para ter um refinamento no cálculo existe a necessidade aplicar alguns fatores de dimensionamento para que o valor seja mais adequado. Para o refinamento deste valor será necessário adotar os valores das constantes citadas na equação (12), segundo a ABNT NBR 15254 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 15254, 2005, p. 8): “Caso seja requisitado que a bateria atenda plenamente ao perfil de descarga até o final de sua vida útil, deve ser utilizado um fator de correção de envelhecimento de 25%”, outro assim, “Caso a bateria venha a ser instalada em locais onde a energia CA não seja confiável, causando descargas frequentes, deve ser utilizado um fator de segurança de 15%. Por fim, o fator de correção térmica para uma temperatura para uma temperatura média de 25°C é igual a 1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 14298, 1999, p. 8). Na Tabela 16 pode ser visto os valores adotados para as constantes de correção da capacidade térmica da bateria.

Tabela 15 - Resultado da capacidade nominal do banco de baterias

Fase	Duração (min)	K_t	Eventos	
			Carga (A)	C_N (Ah)
1	1	5,6	187,54	217,60
2	289	5,57	34,99	
3	10	1,10	50,52	

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 16 - Constantes de correção

Constantes	Valores
F_e	1,25
F_p	1,15
F_t	1

Fonte: Elaboração Própria

$$C_d = 217,60 * 1,25 * 1,15 * 1$$

$$C_d = 312,8 Ah \quad (13)$$

Após conhecer o valor da capacidade total do banco de baterias, 312,8 Ah, deve ser feita uma busca de mercado pelo tipo de elemento com que tenha valor de capacidade igual ou acima do valor dimensionado. Levando em consideração a linha de baterias da Moura Clean Séries MO, os elementos disponibilizados comercialmente têm as seguintes capacidades:

Figura 7 - Capacidade comercial de baterias da linha Moura Clean Series MO

2 MO 100
3 MO 150
4 MO 200
5 MO 250
6 MO 300
5 MO 350
6 MO 400
6 MO 420
7 MO 490
7 MO 500
6 MO 600
8 MO 750
8 MO 800
10 MO 1000
11 MO 1100
12 MO 1200
10 MO 1250
11 MO 1350
12 MO 1500
14 MO 1750E
15 MO 1850
16 MO 2000
17 MO 2100
18 MO 2250
19 MO 2350
20 MO 2500E
22 MO 2750
24 MO 3000

Fonte: MOURA (2019)

Para que seja solicitada a aquisição dos sessenta e dois elementos para compor o banco de baterias deve ser escolhido o modelo 5 MO 350 pois a capacidade nominal de cada elemento é de 350 Ah, assim, atendendo o requisito de ser maior ou igual a capacidade demandada pela capacidade dimensionada da equação (13).

3.3 Fatores para selecionar uma bateria

Embora tenha sido feita a análise de qual modelo deve ser escolhido a partir de uma linha específica de baterias da Moura, fabricante de baterias elétricas, é válido ressaltar que, após conhecer quais são os números de elementos e capacidade em ampère-hora, na pesquisa de mercado deve ser levado em consideração alguns fatores para selecionar qual o modelo de bateria irá compor o banco calculado, segundo a NBR 15254 tais fatores são: “

- Características físicas, tais como dimensão, massa dos elementos, material do vaso, interligações e disposição dos materiais;
- Vida planejada da instalação;
- Vida útil projetada da bateria;
- Frequência e profundidade de descargas;
- Temperatura ambiente prevista para operação e condições ambientais da instalação;
- Facilidade de manutenção das baterias (reguladas por válvula e/ou ventiladas);
- Espaço disponível da casa de baterias para instalação do banco;
- Resistência do piso em função do peso da bateria;
- Compatibilidade com o retificador quanto à limitação de corrente e tensão de flutuação e carga;
- Característica de recarga;
- Requisitos de manutenção;
- Requisitos de montagem do banco de baterias, observando-se as recomendações do fabricante;
- Requisito de ventilação;
- Característica sísmica.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 15254, 2005, p. 6).

4 INSTALAÇÃO DE UM BANCO DE BATERIAS

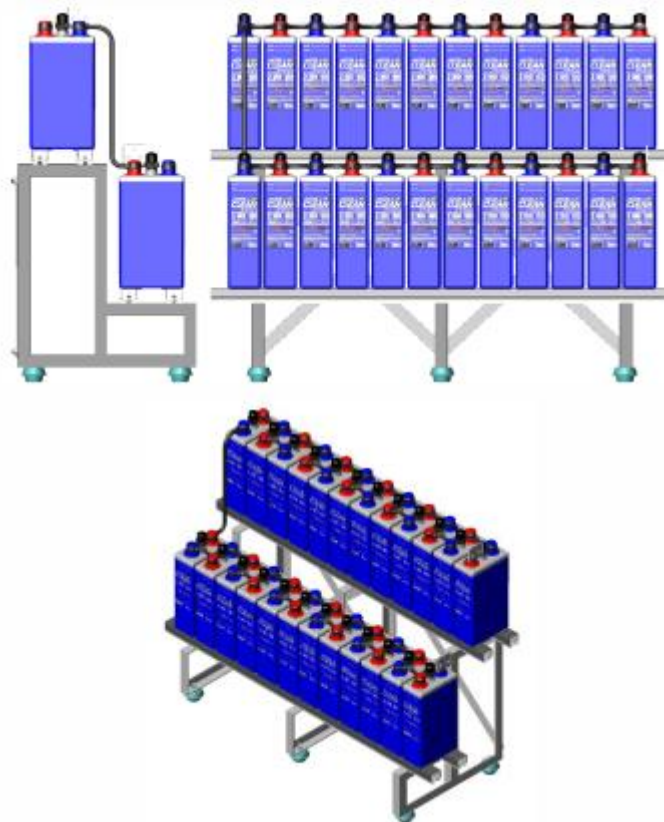
A instalação e o dimensionando da sala de baterias é a fase mais importante no processo de aquisição de um sistema de energia de backup (Secpower, 2021). Ou seja, se o dimensionamento da instalação for feito de forma inadequada o desempenho ao longo da vida útil do banco de baterias poderá ser reduzido, ou até mesmo acarretar a degradação precoce da bateria e a inutilização da mesma.

4.1 Local de instalação do banco de baterias

As características do ambiente de instalação das baterias são de extrema importância para determinar seu dimensionamento e até o seu desempenho ao longo da vida útil (STA-ESL - MOURA, Dimensionamento de baterias, 2019, p. 37). A temperatura do local de operação do banco de baterias deve estar entre 10°C e 45°C, entretanto, a temperatura de 25°C é considerada ideal para seu funcionamento (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 16404, 2005, p. 6). Segundo estudos do grupo moura: “Operações em temperaturas acima de 25°C resultarão em redução da vida útil das baterias. O aumento de 10°C na temperatura do eletrólito dos elementos, acima da referência de 25°C, reduzirá sua vida útil em 50%.” (STA-ESL - MOURA, Dimensionamento de baterias, 2019, p. 37). Assim para manter a sala de baterias em uma temperatura estável, deve ser feito um projeto de climatização do ambiente.

Além do processo de climatização para manter os elementos em uma temperatura estável, a estante do banco de baterias, vista na Figura 8, deve ser posicionada em um local estratégico, dentro da sala das baterias, para que evite contato com fonte de calor e intempéries, é válido ressaltar que, pode ser considerada como fonte de calor a incidência de raios solares através de janelas.

Figura 8 - Estante do banco de baterias

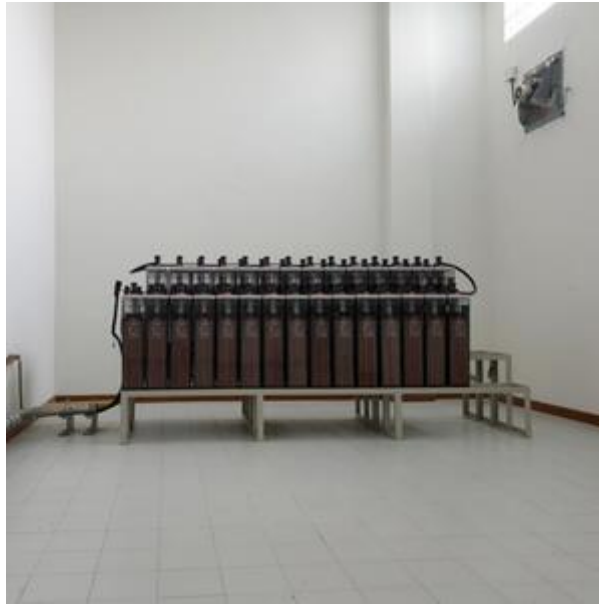


Fonte: MOURA (2019)

4.1.1 Ventilação da sala das baterias

As baterias ventiladas usam válvulas de liberação de pressão para permitir que os gases de hidrogênio e oxigênio durante sua operação normal, desta forma, segundo a NBR 16404, “o local não pode ser hermeticamente fechado, devendo possuir mecanismo que assegurem ventilação para evitar acúmulo de gases acima do especificado, evitando risco de explosão” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 16404, 2005, p. 4). Outrossim, também segundo a NBR 16404, “Sabendo-se que o limite inferior a explosividade é de 4%, por questões de segurança a troca de ar deve garantir níveis de hidrogênio inferiores a 2% do volume livre”. Devido a liberação de gases durante a operação, faz-se necessário o uso do banco de baterias em salas exclusivas para tal, conforme visto na Figura 9, devido a emissão de névoa ácida pode causar corrosão em partes metálicas em painéis adjacentes.

Figura 9 - Sala de baterias



Fonte: Imagem de Chai6921 no Freepik (2018)

4.1.2 Estrutura da sala de baterias

Um dos fatores mencionados no tópico Fatores para selecionar uma bateria foi sobre as características físicas dos elementos, tal informação deve ser levada em consideração pelo fato que o piso deve ter a capacidade de suportar o peso do conjunto, que pode ser visto na Figura 9. O peso do conjunto é a soma do peso das baterias e estantes mais uma margem de 5%, tal margem corresponde ao peso dos cabos de conexões entre polos (STA-ESL - MOURA, Dimensionamento de baterias, 2019, p. 41). Segundo a ABNT 16404, “a superfície do piso deve ser resistente à solução aquosa de ácido sulfúrico e dotada de sistema de contenção para um eventual vazamento”. É de fundamental importância ressaltar que, visando no bem-estar e qualidade do serviço do funcionário da manutenção e instalação, conforme visto na Figura 10, a sala de baterias necessita de um projeto de luminotécnica para prover um iluminância de 300 lux.

Figura 10 - Inspeção na sala de baterias



Fonte: Secpower (2021)

4.2 Montagem da estante

A estantes devem ser abertas, de maneira que o nível do eletrólito fique facilmente visível, conforme vista na Figura 8, a estante deve ser construída em aço, com uma pintura resistente a algum vazamento de eletrólito da bateria e dimensionada para suportar o peso. Por ser uma estrutura de aço, ela deve ser devidamente aterrada.

Na montagem, as estantes das baterias devem estar niveladas, para que não haja problema com o líquido interno da bateria, com estabilidade para suportar os esforços e de acordo com os desenhos da engenharia de produto da fabricante (STA-ESL - MOURA, Dimensionamento de baterias, 2019, p. 41).

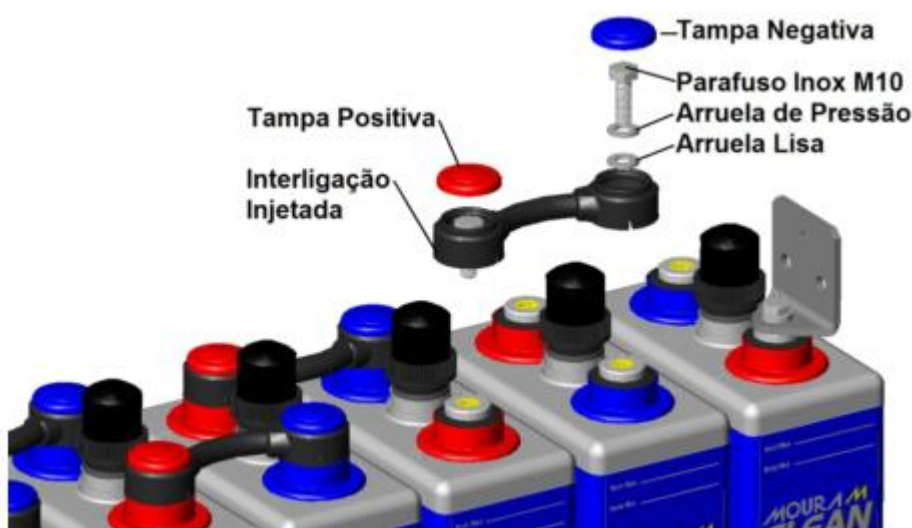
É válido ressaltar que, quando as instalações estiverem previstas para ser em locais cujo qual haja possibilidades de abalos sísmicos ou vibrações, a estante das baterias como a estrutura da casa de baterias deve ser projetada para suportar os esforços previstos sem que ocorra interrupção do fornecimento da energia (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 16404, 2005, p. 5)

4.3 Montagem dos elementos e interligação

Em primeira instância antes de iniciar a interligação entre os elementos, assim formando o banco de baterias, deve ser inspecionado os elementos averiguando se há sujeira nos polos, vazamento de eletrólito, verificar se a polaridade dos elementos está conforme indicada na tampa bem como seu alinhamento. Caso exista sujeira nos polos das baterias, deve ser limpados preferencialmente com um pano umedecido com água, os produtos de limpeza devem ser utilizados somente sob consulta do fabricante, de modo a evitar ocorrência de uma possível degradação na estrutura do elemento e seus polos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 16404, 2005, p. 8). Em caso de vazamento de eletrólito, problemas no alinhamento e estrutura dos polos respectivamente, o fabricante deve ser acionado para tomar as providências cabíveis.

Os elementos devem ser colocados na estante já na posição para serem interligados, ou seja, os elementos devem ser organizados de maneira que o terminal positivo de cada elemento possa se conectar com o terminal negativo do elemento adjacente, tal organização pode ser visualizada na Figura 11 (STA-ESL - MOURA, Dimensionamento de baterias, 2019, p. 44).

Figura 11 - Interligação entre elementos



Fonte: MOURA (2019)

Ao finalizar a montagem das baterias na estante e a interligação dos elementos, para fins de análise se houve uma correta montagem dos elementos, deve ser analisada a tensão total do banco de baterias, a tensão total deve ser aproximadamente igual ao número de elementos interligados em série multiplicado pela tensão nominal de um elemento em circuito aberto. Se o valor obtido for menor do que o valor esperado, deve ser verificado se não há algum elemento ligado com polaridade invertida (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 16404, 2005, p. 8).

5 MANUTENÇÃO DE UM BANCO DE BATERIAS

A manutenção trata-se de um conjunto de atividades aplicadas a um equipamento visando a longevidade, desempenho seguro, confiabilidade do sistema e uma operação ininterrupta (ENGEMAN, 2022).

A manutenção da bateria sempre deve ser feita por profissionais capacitados com equipamentos de segurança e proteção adequados para determinados fins. Segundo a NBR 16487 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 16487, 2016, p. 2), os profissionais devem seguir as seguintes precauções em uma manutenção:

1. Mesmo que as estantes sejam aterradas, todos os profissionais devem estar atentos quanto ao risco de choque elétrico;
2. Não utilizar adornos metálicos para minimizar as possibilidades de choque elétrico;
3. Não fumar, não utilizar qualquer aparelho ou instrumento e não realizar procedimento que produza chama ou faísca na sala de baterias por causa dos gases, hidrogênio, emitidos pela operação da mesma;
4. Nos ensaios de descarga, faz-se necessário o uso de fusíveis ou disjuntores dimensionados corretamente para proteger o circuito contra curto circuitos adequadamente;
5. Não colocar ferramentas ou objetos em cima dos elementos do banco de baterias, para que o mesmo não seja danificado;
6. As portas de fuga da sala de baterias precisam sempre ficar desobstruídas, em caso de problemas com a manutenção, os profissionais precisam ter a passagem livre;
7. Os profissionais responsáveis pela manutenção precisam usar no mínimo os seguintes EPI's:
 - a. óculos de segurança com protetor lateral ou protetor facial, conforme visto na Figura 10;
 - b. luvas eletricamente isolantes, apropriadas para o nível de tensão e à solução do eletrólito da bateria;

- c. avental protetor, para proteger tórax e braços do profissional contra algum possível vazamento ou explosão do elemento;
- d. calçados de segurança contra pisos escorregadios e eletricidade.

5.1 Tipos de manutenção

As manutenções devem ser planejadas para prolongar a vida útil dos elementos, existem diferentes tipos de manutenção, algumas atreladas a procedimentos de rotina, outras para correção de alguma falha que pode trazer altos danos ao funcionamento do equipamento, na Figura 12 é possível notar que há 3 tipos de manutenção, desta forma, é necessário entender quais diferenças entre os tipos de manutenção para assim saber em qual situação mais adequada de sua aplicabilidade.

5.1.1 Manutenção preditiva

A manutenção preditiva tem como objetivo coletar dados do equipamento por meio de inspeções não destrutivas. Este procedimento trata-se de processos cujo qual demonstra qual o tempo de vida dos elementos do banco de baterias, se há necessidade de uma manutenção preventiva de alguma peça, impedindo o aumento de danos futuros à instalação.

Os procedimentos de rotina são necessários para reduzir o trabalho de emergência não planejado, ou seja, evitando que ocorra perda de confiabilidade no fornecimento de energia ininterrupto.

5.1.2 Manutenção preventiva

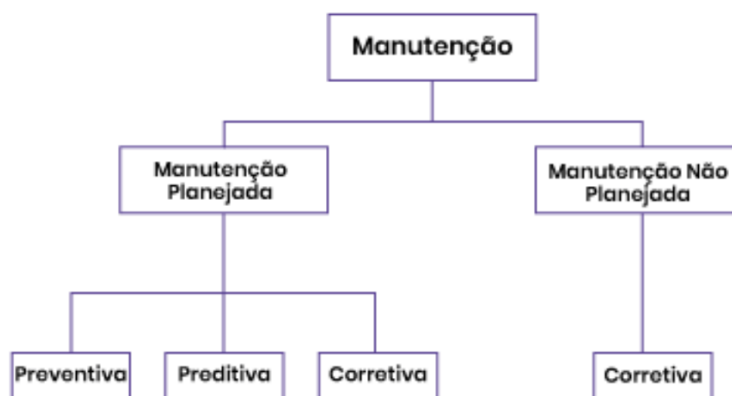
A manutenção preventiva tem como objetivo a prevenção de uma falha do banco de baterias (auvo, 2018). A manutenção preventiva deve ser realizada de forma periódica, ou seja, segue um prazo previamente estabelecido para determinar quando deve ser feita uma vistoria com o objetivo de prevenir possíveis danos ao equipamento, avaliar desgastes ou trocar componentes (produttivo, 2022).

5.1.3 Manutenção corretiva

A manutenção corretiva deve ser realizada quando ocorrer algum dano no equipamento, desta forma, é necessário haver uma intervenção nos elementos do banco de baterias para corrigir as falhas para que o equipamento funcione conforme seu estado normal.

Conforme visto na Figura 12, há dois tipos de manutenção corretiva, a manutenção planejada deve ser realizada quando os profissionais da manutenção percebem, ao coletar dados, a partir da manutenção preditiva, quedas bruscas de desempenho, assim, é programada uma parada planejada do funcionamento do equipamento, contudo, caso o equipamento deixe de funcionar corretamente de forma total ou parcial há uma intervenção de forma extraordinária para que o banco volte a funcionar conforme seu estado normal

Figura 12 - Tipos de manutenção



Fonte: AUVO (2018)

5.2 Procedimentos

As manutenções são feitas de acordo com um roteiro predefinido para cobrir que o equipamento foi analisado da melhor forma possível, tal roteiro pode ser dividido em quatro partes: inspeção visual, análise dos parâmetros físicos e energético, ensaio de capacidade e ações corretivas.

5.2.1 Inspeção visual

Uma das principais ações em uma manutenção preventiva deve ser a inspeção visual para coletar dados do estado da vida útil do elemento, segundo a ABNT 16487, este tipo de procedimento deve ser seguido da seguinte forma:

- Analisar as condições gerais da sala de baterias tais como: estrutura do piso, iluminação, se a temperatura ambiente está conforme utilizada no projeto de dimensionamento.
- Integridade da estrutura da estante do banco de baterias, sendo assim, verificando se há pontos de oxidação, parafusos de fixação frouxos, nivelamento da estrutura e sua respectiva limpeza.
- Analisar se há incidência de calor ou frio nos elementos do banco de baterias.
- Aspectos de limpeza da bateria tais como: vaso, tampa, filtro de segurança, interligações, etc.
- Verificação se há vazamento do eletrólito, corrosão dos terminais e conexão, algum curto circuito e trincas no vaso.
- Por fim, mas não menos importante, o nível do eletrólito dos elementos do banco de baterias (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 16487, 2016, p. 4).

5.2.2 Parâmetros operacionais

Assim como a importância da análise da estrutura da casa das baterias, temperatura e limpeza, segundo a NBR 16487 devem ser verificados os seguintes parâmetros de cada elemento do conjunto de baterias: “

- A. Nível do eletrólito;
- B. Tensão de flutuação total da bateria;
- C. Corrente de flutuação;
- D. Temperatura ambiente;
- E. Tensão de flutuação dos elementos;
- F. Temperatura do eletrólito dos elementos;
- G. Densidade do eletrólito dos elementos;

- H. Ripple presente nos terminais da bateria, quando em operação normal;
- I. Medida ôhmica interna dos elementos;
- J. Torque das conexões e interligações. “(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 16487, 2016, p. 5).

5.2.3 Ensaios

O ensaio de capacidade é de fundamental importância para que seja conhecida a capacidade real da bateria, assim possibilitando cálculos que presuma a autonomia do banco de baterias (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 16487, 2016, p. 5). Desta forma, conhecendo se ainda consegue atender todos os eventos e cargas para compor a subestação para o seu estado normal em caso de falta CA.

5.2.4 Ações corretivas

As ações corretivas visam intervir em falhas nos elementos para que eles voltem a funcionar como seu estado nominal, as principais ações realizadas em manutenções são:

- A. Em caso de conexões frouxas, que podem gerar superaquecimento e mal contato, é recomendado apertá-las novamente conforme o torque descrito no manual do fabricante.
- B. Após verificar que do eletrólito está baixo, deve ser completada com água destilada, além de completar, deve ser registrada a quantidade de água que foi adicionada para que nas próximas inspeções tenha os dados se há um elevado consumo de água.
- C. Se houver vazamento de eletrólito, deve ser determinada a origem e conter o vazamento.
- D. A limpeza da bateria deve ser feita com um pano limpo umedecido em água, evitar usar agentes químicos para não degradar prematuramente os elementos do banco de bateria

- E. Em caso da tensão de flutuação, o nível de ripple em corrente ou tensão estiver fora da faixa de operação, deve ser determinada a causa de corrigi-la
- F. Se a densidade do eletrólito dos elementos estiver com valores fora da faixa especificada pelas normas, deve ser realizada a correção para que a bateria funcione de forma nominal.

5.3 Periodicidade

As manutenções devem fazer parte do dia-a-dia da operação de uma subestação e o os banco de baterias que alimentam os serviços auxiliares não ficam de fora dessa máxima. Desta forma, recomendam-se as seguintes periodicidades para uma correta manutenção:

5.3.1 Mensal

As manutenções mensais são as especificadas no item de inspeção visual, 5.2.1, além de tal procedimento, também deve ser incluso na rotina de manutenção o hábito de realizar medições dos parâmetros dos elementos das baterias conforme visto no tópico 5.2.2, exceto as atividades: E, F, G, H, I, J.

5.3.2 Trimestral

O plano de ação trimestral é um procedimento parecido com a manutenção realizada mensalmente, entretanto, neste procedimento feito a cada três meses deve ser levado em consideração a adição da medição dos seguintes parâmetros: E, F, G do tópico 5.2.2, além de pode ser requerida o teste de capacidade do banco de baterias para certificar que o mesmo está acima de 80% de sua capacidade nominal.

5.3.3 Anual

A manutenção planejada anualmente vai além dos demais procedimentos, além de realizar todos os procedimentos decorrentes da manutenção trimestral, faz-se necessária a medição de todos parâmetros dos tópicos 5.2.2.

5.3.4 Não planejada, inspeção especial

Em caso que a bateria tenha sido submetida a alguma condição anormal, tais como: descarga profunda, curto circuito, sobrecarga do circuito, temperatura do ambiente acima de 25°C, deve ser feita uma inspeção que leva em consideração todos os requisitos de uma manutenção anual para certifica-se se houve algum problema com os elementos do banco de baterias (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 16487, 2016, p. 7).

5.4 Qual momento certo para substituir a bateria?

O elemento do banco de baterias é considerado no final de sua vida útil quando atinge 80% da sua capacidade nominal (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 16487, 2016, p. 7). Outros fatores que resultam na escolha da substituição de elemento é o desempenho insatisfatórios nas medições ou ensaio, baixa tensão, alta temperatura, trincas, corrosão, vazamento de eletrólito, elevado consumo de água, etc (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 16487, 2016, p. 7).

Em caso de substituição, para ser inserido no conjunto de baterias, o elemento deve ser substituído por outro elemento que tenha a mesma característica elétrica, devendo ser do mesmo modelo e capacidade, em caso de substituição por outro elemento com características diferentes, ao ser inserido no arranjo ocorrerá uma variação nos parâmetros do dimensionamos do projeto que, inicial teve cálculo definido com elementos do mesmo modelo.

6 CONCLUSÃO

Após a análise de todos os itens demonstrados até aqui, conclui-se que o modelo apresentado para o dimensionamento do banco de baterias se mostra satisfatório na determinação da quantidade de elementos de um banco de baterias para suprir os serviços auxiliares, bem como a capacidade energética, cuidados com a instalação e a manutenção como formas de aumentar a longevidade do equipamento.

Para tal análise do dimensionamento de elementos para compor o banco de baterias foi utilizada a NBR 15254 e através das informações disponíveis em manuais de fabricantes de baterias, foi possível decidir qual o tipo de bateria seria a mais adequada para o estudo de caso.

Como resultado, o trabalho de conclusão de curso contribui com o conhecimento de como dimensionar um banco de baterias para suprir o sistema de serviço auxiliar em subestações e sobre a longevidade dos elementos, tornando o sistema confiável e a operação ininterrupta.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14298: Sistema fotovoltaicos – Banco de baterias - Dimensionamento**. Rio de Janeiro. 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15254: Acumuladores Chumbo-ácido estacionário – Diretrizes para dimensionamento**. Rio de Janeiro. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16404: Bateria chumbo-ácida estacionária ventilada – Requisitos de instalação e montagem**. Rio de Janeiro. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16487: Bateria chumbo-ácida estacionária ventilada – Manutenção**. Rio de Janeiro. 2016.

AUVO. Manutenção preditiva, preventiva e corretiva. Disponível em: <<https://www.blog.auvo.com/post/manutencao-preditiva-preventiva-e-corretiva#viewer-djssa>> Acesso em: 26 setembro 2022.

Blog das Baterias. História das baterias de íons de lítio. Disponível em: <<https://www.bbaterias.com.br/bateria-notebook/artigos-bateria/historia-das-baterias-de-ions-de-litio#:~:text=Foi%20somente%20em%201991%2C%20que,s%C3%B3%20lido%2C%20a%20inv%C3%A9s%20de%20%C3%ADquido.>> Acesso em: 12 agosto 2022.

Bullenwächter. Opened AGM VRLA battery. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Opened_AGM_battery.jpg> Acesso em: 19 agosto 2022.

DIAS, Diogo L. Baterias ou Acumuladores. Mundo da Educação. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br>> Acesso em: 12 agosto 2022.

DIAS, Diogo L. Baterias. Manual da Química. Disponível em: <<https://www.manualdaquimica.com/fisico-quimica/baterias.htm>> Acesso em: 12 agosto 2022.

Engeman. A importância da manutenção. Disponível em: <<https://blog.engeman.com.br/a-importancia-da-manutencao/>> Acesso em: 23 setembro 2022.

FOXTRON. Gel Battery vs. Lead Acid: The Differences Explained. Disponível em: <<https://www.foxtronpowersolutions.com/gel-battery-vs-lead-acid/>> Acesso em: 19 agosto 2022.

Freepik. Sala de baterias para baterias chumbo ácido. Disponível em: < https://img.freepik.com/fotos-premium/sala-de-baterias-para-baterias-de-chumbo-acido-da-subestacao-instalacao-da-bateria_484521-155.jpg> Acesso em: 08 Set 2022.

MARINE HOW TO. Installation & orientation of flooded batteries on boats. Disponível em: < <https://marinehowto.com/installation-orientation-of-flooded-batteries-on-boats/>> Acesso em: 19 agosto 2022.

Moura. A Tradicional bateria de chumbo e as novas soluções. Disponível em: < <https://www.moura.com.br/blog/bateria-de-chumbo/> > Acesso em: 12 agosto 2022.

MOURA. Manual técnico Moura clean séries MO e MX. Disponível em: < https://www.moura.com.br/wp-content/uploads/2020/02/Manual_te%CC%81cnico_Moura_Clean_se%CC%81ries_MO__MX.pdf> Acesso em: 01 setembro 2022.

Moura. Siba o que é bateria estacionária e como ela funciona. Disponível em: < <https://www.moura.com.br/blog/o-que-e-bateria-estacionaria/#:~:text=As%20baterias%20estacion%C3%A1rias%20s%C3%A3o%20projetadas,por%20esse%20tipo%20de%20uso.>> Acesso em: 16 agosto 2022.

MEXCOM. Bateria Chumbo Ácida VRLA AGM (Selada). Disponível em: < <https://www.mexcom.com.br/bateria-chumbo-acida-vrla-agm-selada>> Acesso em: 19 agosto 2022.

NEWMAX. Uma breve história das baterias. Disponível em: < <https://newmax.com.br/breve-historia-das-baterias/#:~:text=NiCd%2C%20a%20primeira%20bateria%20alcalina,a%20usar%20um%20eletr%C3%B3lito%20alcalino.> > Acesso em: 12 agosto 2022.

Operador nacional do sistema elétrico. Requisitos mínimos para os sistemas de proteção e telecomunicações. Disponível em: <http://www.ons.org.br/%2FProcedimentosDeRede%2FM%C3%B3dulo%202%2FSu%C3%B3dulo%202.6%2FSubm%C3%B3dulo%202.6_Rev_2.0.pdf> Acesso em: 08 agosto 2022.

PRODUTTIVO. Tipos de manutenção: quais suas diferenças. Disponível em: <https://www.produttivo.com.br/blog/tipos-de-manutencao-quais-suas-diferencas>> Acesso em: 26 setembro 2022.

SECPOWER. Banco de baterias: entenda como dimensionar. Disponível em: <<https://secpower.com.br/banco-de-baterias-entenda-o-funcionamento-e-instalacao/>> Acesso em: 08 setembro 2022.

STA-eletrônica. A bateria de NiMh. Disponível em: < <https://www.sta-eletronica.com.br/artigos/baterias-recarregaveis/baterias-de-nimh/vantagens-e-limitacoes-das-baterias-de-niquel-metal-hidreto-nimh> > Acesso em: 12 agosto 2022.

STA-eletrônica. Tipos de Baterias. Disponível em: < <https://www.sta-eletronica.com.br/artigos/baterias-recarregaveis/baterias-recarregaveis-em-geral/tipos-de-baterias> > Acesso em: 12 agosto 2022.

STA-eletrônica. Vantagem e Limitações das Baterias de Níquel Cádmio. Disponível em: < <https://www.sta-eletronica.com.br/artigos/baterias-recarregaveis/baterias-de-nicd/vantagens-e-limitacoes-das-baterias-de-niquel-cadmio-nicd> > Acesso em: 12 agosto 2022.

Varejão das BATERIAS. Bateria estacionária: você sabe o que é?. Disponível em: < <https://www.varejaodasbateriaspr.com.br/bateria-estacionaria-o-que-e/> > Acesso em: 17 agosto 2022.

WEG. Bateria chumbo-acidas reguladas por válvula – manual do usuário. Disponível em: < <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h21/h8c/WEG-baterias-manual-do-usuario-10005795273-pt.pdf> > Acesso em: 20 setembro 2022.