



**XXIII SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GSE/20
18 a 21 de Outubro de 2015
Foz do Iguaçu - PR

GRUPO – VIII

GRUPO DE ESTUDO DE SUBESTAÇÕES E EQUIPAMENTO DE ALTA TENSÃO - GSE

INTRODUÇÃO NO SIN DA SUBESTAÇÃO MACEIÓ II: ASPECTOS DE UMA NOVA SUBESTAÇÃO HÍBRIDA EM ZONA RURAL COM CARACTERÍSTICAS URBANAS

C.S.D.S.XAVIER(*)
Chesf

U.E.CASTRO
ABB

A.F.B.SILVA
ETN

P.A.M. FILHO

RESUMO

O aumento da potência instalada das novas subestações tem surgido junto com exigências técnicas de eficiência do sistema, restrições ambientais, e necessidade de menores custos operacionais e de instalação. Esta situação é potencializada nas regiões urbanas e de fronteira. Neste trabalho serão apresentados os benefícios técnicos e particularidades da implantação de projeto inovador de uma nova subestação e o impacto frente aos padrões adotados.

PALAVRAS-CHAVE

Subestação nova, custos, confiabilidade, inovação, tecnologia híbrida

1.0 - INTRODUÇÃO

As instalações da Chesf possuem tecnologia com chaveamento isolado a ar (AIS, Air Insulated Switchgear) em toda a sua planta. Uma mudança de cenário foi possibilitada com a definição de projetos de novas instalações híbridas, isoladas a SF6 nas funções de disjunção, chaveamento e medição de corrente nas tensões de 230, 138 e 69 kV, onde serão utilizados módulos PASS MOS 230 kV e MOO 138 e 69 kV de fabricação ABB.

Dentre as cinco instalações de 230 e 69 kV oriundas de leilões de transmissão de energia do setor elétrico ocorridos em 2011 e 2012, a subestação de Maceió II foi escolhida como precursora do projeto básico com tecnologia híbrida. Neste grupo, esta subestação se destaca como a detentora de maior carga instalada em sua etapa final, bem como por seu posicionamento na Região metropolitana da capital do estado de Alagoas, em atendimento à demanda residencial e industrial crescente na região.

2.0 - TECNOLOGIAS MODERNAS EM SUBESTAÇÕES

O mercado de regulação do sistema elétrico tem influenciado bastante o desenvolvimento do layout e da funcionalidade dos componentes das subestações. As características definidoras dos projetos são a potência demandada, o custo de investimento e operacional. Adicionalmente os requisitos técnicos de disponibilidade e ciclo de vida são perseguidos dentro do atual contexto de restrições de segurança e ambientais.

Para atender a estas considerações, a tecnologia dos novos componentes de chaveamento foi desenvolvida para ser compacta, utilizando as vantagens associadas à tecnologia isolada a gás SF6, GIS e isolada a ar, AIS. Inicialmente estes componentes foram utilizados para substituição ou reforma das subestações AIS, em espaços reduzidos e visando a diminuir o tempo de interrupção dos circuitos.

(*) R. Delmiro Gouveia, n° 333 – sala D 218 - Bloco D – CEP 50.761-901 Recife, PE, – Brasil
Tel: (+55 81) 3229-2928 – Fax: (+55 81) 3229-3225 – Email: cinthiax@chesf.gov.br

2.1 CLASSIFICAÇÃO E PADRONIZAÇÃO DAS TECNOLOGIAS MTS

A utilização dos componentes de chaveamento de forma compactos e com uma combinação de funções associadas, foi designada como uma Mistura de Tecnologias de Secionamento, MTS.

O padrão da tecnologia MTS pode ser definido pelas características de isolamento, a saber:

- Dispositivos de secionamento isolados a ar (AIS);
- Dispositivos de secionamento isolados a gás (GIS);
- Dispositivos de secionamento com isolamento híbrido (Híbrido IS ou HIS).

Como também pelas características de design de instalação e funcionalidade:

- Convencional;
- Compacta;
- Função combinada.

A diversidade de dispositivos com tecnologia MTS, fabricantes, e flexibilidade de aplicações ao longo dos anos, resultaram na criação da norma técnica que padronizou este conceito em 2008, IEC 62271-205 [9], este documento é destinado ao conjunto de dispositivos de secionamento em corrente alternada, outros componentes e painéis de controle, os quais são agrupados em uma composição única, enclausurada e compacta na maioria das aplicações. Os dispositivos de secionamento podem ser: Disjuntores; secionadores; chaves de aterramento. Os demais componentes podem ser: Transformadores de instrumento; para-raios; buchas; isoladores; cabos de conexão etc.

Além de definir a aplicação destes componentes, a referida norma técnica indica outras normas técnicas correlatas, a depender da funcionalidade do componente. Adicionalmente são descritas as características nominais; os acessórios; ensaios de tipo e de rotina aplicáveis; bem como as recomendações de manutenção e operação, segurança; armazenamento e transporte. Estes aspectos estão bastante referenciados à norma técnica IEC 62271-1 High-voltage switchgear and controlgear - Common specifications e a IEC 62271-203 High-voltage switchgear and controlgear - Gas-insulated metal enclosed switchgear for rated voltages above 52kV, quando os dispositivos de secionamento do conjunto compacto encontram-se enclausurados com isolamento em gás SF6.

Pelos relatos de soluções de projetos em artigos publicados, é verificado que a tecnologia MTS surgiu de forma a conciliar vantagens da tecnologia AIS e GIS. Como exemplo, para instalações MTS com solução híbrida (ver Figura 1) em design compacto, as principais vantagens que podem ser proporcionadas são:

- Utilização de menor espaço;
- Maior flexibilidade em comparação com a tecnologia AIS;
- Reconfiguração do arranjo dos barramentos com aumento da confiabilidade;
- Fácil engenharia de instalação;
- Redução dos custos de manutenção e do trabalho associado;
- Fácil integração dos sistemas secundários.

No entanto, para se optar pela tecnologia a ser adotada deve-se considerar as particularidades de cada projeto, bem como o momento vivenciado pela empresa, de forma a propiciar uma aplicação que se torne um melhoramento, com possibilidades de futura padronização na mesma instalação ou em uma instalação nova.



Figura 1 – Subestação arranjo barra dupla com módulo híbrido[3]

Ao longo do desenvolvimento do projeto da SE Maceió II foi estudada a possibilidade de solução com tecnologia MTS, através da implantação de módulos híbridos da família PASS MOS 230 kV e MOO 69 KV da ABB para arranjos com barramento duplo, com o intuito de obter projeto mais aderente aos desafios citados.

Esta é uma solução alternativa à configuração básica prevista no anexo técnico do edital do leilão [1], principalmente por utilizar um arranjo barra dupla com 3 chaves ao invés de 4 chaves. Portanto, foi necessária uma justificativa técnica à ANEEL e ao ONS, para demonstração de desempenho superior da mesma, em comparação à configuração básica. Ao mesmo tempo, foi justificativa tecnicamente a solução perante os cliente internos da empresa, ou seja a área de manutenção e operação. Aqui serão descritas as principais vantagens advindas da adoção desta solução, as quais respaldaram e viabilizaram sua aceitação.

3.2.1 Localização

A Subestação de Maceió II localizar-se-á em região rural, numa área de fronteira com a região urbanizada da cidade de Maceió, ver Figura 3. Portanto, é previsto que esta instalação venha a se tornar vizinha de conjuntos residenciais ou indústrias face a sua proximidade ao aeroporto internacional. Portanto, o layout da solução híbrida numa futura região urbana, preenche e antecede os requisitos de design, segurança e meio ambiente associados à uma solução inovadora.



Figura 3 – Terreno da futura SE Maceió II e SE Maceió existente

3.2.2 Redução do espaço físico

O arranjo físico da SE Maceió II na solução convencional previa na primeira etapa os eventos do Edital do leilão na configuração básica, ou seja, arranjo Barra Dupla a 4 Chaves (BD4) para o pátio de 230 kV e Barra Principal e Transferência (BPT) para o pátio de 69 kV, utilizando equipamentos convencionais: Disjuntores, Chaves com e sem lâmina de terra, Para-raios, Transformadores de corrente - TC's e Transformadores de potencial - TP's em 230 e 69 kV.

No entanto, a solução adotada com tecnologia MTS, possui uma configuração em arranjo Barra Dupla a 3 Chaves (BD3), para os pátios de 230 e 69 kV, utilizando o equipamento híbrido PASS M0S (230 kV) e PASS M00 (69 kV), que agrega as funções de disjuntor, chave e chave de terra no mesmo equipamento, os quais ficam imersos em um meio comum em gás SF6 (apenas as buchas do equipamento são isoladas em ar), além de TC's de bucha convencionais. Portanto os para-raios e TP's da conexões dos transformadores e entradas de linhas são convencionais, assim como a conexão do reator de aterramento.

Conforme exemplos de aplicações do fabricante ABB, o aproveitamento do espaço físico com utilização dos módulos PASS pode acarretar uma redução de área de 40% a 70% em comparação à instalação convencional AIS, a depender do arranjo, do nível de tensão e de requisitos específicos do fabricante.

Para uma análise comparativa dos projetos e tecnologias citados foi observada uma redução linear de quase 60 m de pátio, 36% do projeto com solução híbrida, no sentido dos circuitos de entrada de linha 230 kV; entrada de linha 69 kV; transformador trifásico e conexões associadas, ver Figura 4. Fazendo uma analogia com a solução convencional tem-se uma redução de aproximadamente 42% de área útil.

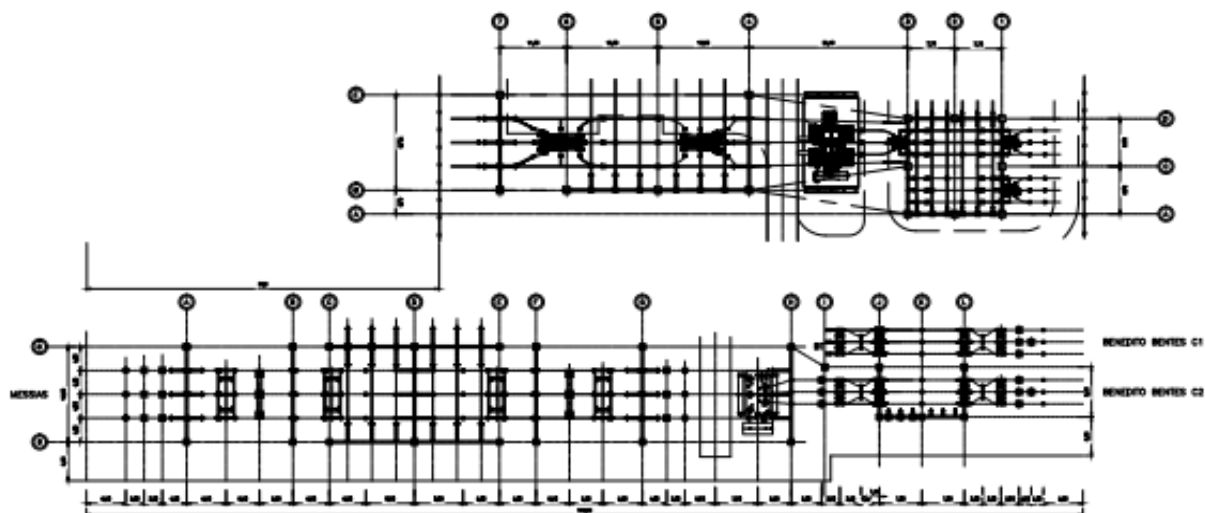


Figura 4 – Comparação Arranjo físico- Planta dos circuitos para a solução MTS – HIS, e convencional - AIS

3.2.3 Desempenho operacional no sistema

O objetivo de um sistema elétrico de potência é prover energia elétrica com o menor custo possível e grau aceitável de qualidade e continuidade. Portanto, dentre os estudos do projeto da subestação de Maceió II, foi realizado um estudo de confiabilidade do sistema elétrico [2], para uma comparação da eficiência da aplicação da solução híbrida, ver Figura 5, em comparação à convencional.

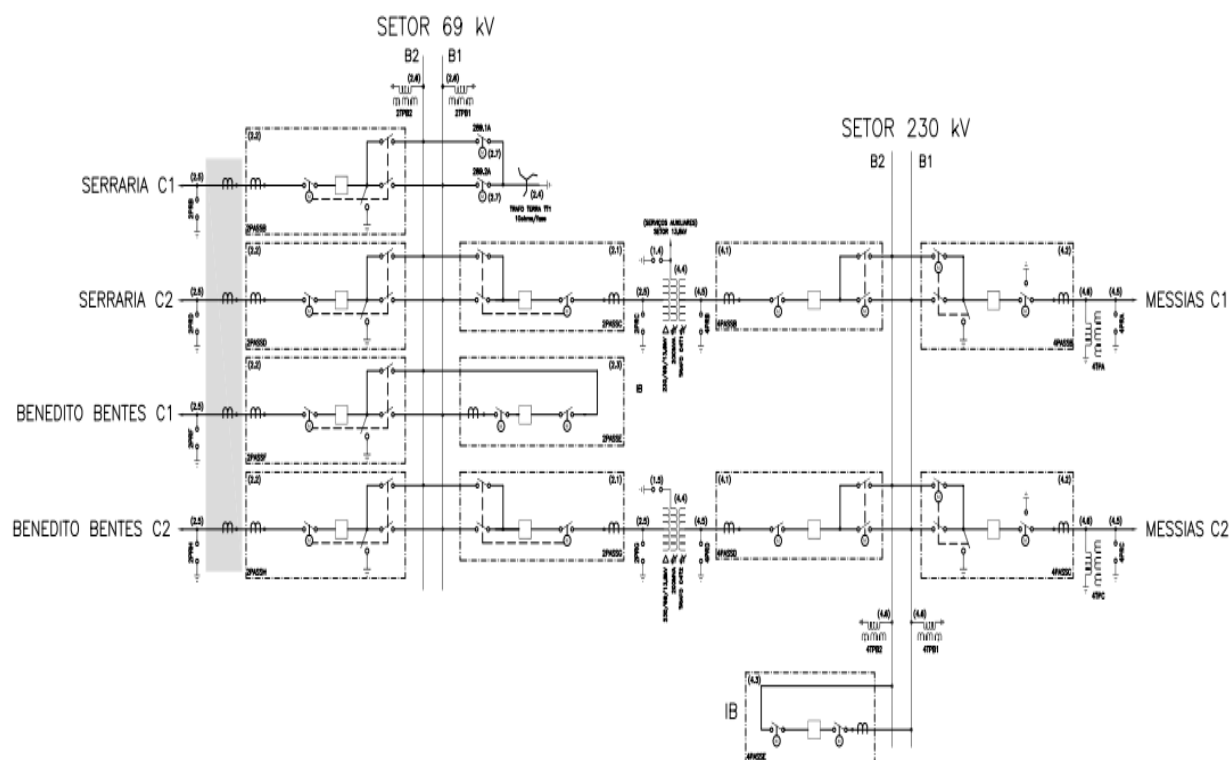


Figura 5 – Diagrama unifilar da Subestação Maceió II

Para este estudo foram analisadas a função de suprimento de energia, ou seja a influência da frequência de interrupções e falhas que acarretam na interrupção do fornecimento de um dos circuitos de 69 kV; e a função de transferência de energia, que analisa a frequência de interrupções e falhas em subestações remotas, que causam interrupção no fornecimento da subestação. Os dados de entrada utilizados para cálculo da frequência de interrupção e indisponibilidades foram: Taxa (Frequência) de Falhas; Taxa (Frequência) de Manutenção; MTTR, tempo médio de reparo; MTTM, tempo médio de manutenção; MTTS, tempo médio de reparação do componente e restabelecimento do sistema.

Os parâmetros de saída para as simulações realizadas nas duas situações tiveram como principais resultados os dados da Tabela 1. Conforme pode ser observado, todos os parâmetros de frequência de interrupção e indisponibilidade são inferiores para a solução com módulos híbridos. Apenas o MTBF é bastante superior o que é satisfatório, tendo em vista que este parâmetro representa o tempo total de um ciclo de operação e reparo, ou seja o espaço de tempo entre a ocorrência de falhas que necessitem de reparo.

Tabela 1 – Resultados de Estudo de confiabilidade da SE Maceió II – 1ª Etapa

Função Suprimento de energia								
Configuração	f (1/ano)	A' (h/ano)	f M (1/ano)	A' M (h/ano)	f T (1/ano)	A' T (h/ano)	A' 30 (h)	MTBF (anos)
AIS	0,8361	1,0742	0,4	1,6	1,2361	2,6742	80,2	1,2
MTS (PASS)	0,0695	0,1286	0,05	0,5	0,1195	0,6286	18,9	14,4
Função Transferência de energia								
AIS	0,4537	0,9807	1,2	4,8	1,6537	5,7807	173,4	2,2
MTS (PASS)	0,0649	0,3031	0,1	1	0,1649	1,3031	39,1	15,4

Legenda:

f = Frequência de interrupção devido a falhas

A' = Indisponibilidade devido a falhas

f M = Frequência de interrupção devido à manutenção (programada)

A' M = Indisponibilidade devido à manutenção (programada)

f T = Frequência de interrupção total

A' T = Indisponibilidade total

A' 30 = Indisponibilidade total durante a vida útil da subestação

MTBF= Tempo total de um ciclo operação e reparo (Mean Time Between Failure = 1/f)

3.2.4 Custos de investimento

Os custos são indicados como uma das maiores dificuldades para implementação de um projeto inovador bem como para padronização de projetos, de acordo com a brochura 389 do Cigré [6].

Para o orçamento foram considerados suportes dos equipamentos e estruturas em concreto para a solução convencional. É verificado uma economia na solução híbrida nos materiais e serviços para malha de terra; suportes e para os conectores.

A comparação do orçamento total da solução convencional e da solução híbrida, para o projeto da subestação Maceió II, onde foram utilizados os módulos PASS, indica uma redução de 30%.

Quando são acrescentados os transformadores trifásicos, reator de aterramento e sua conexão, e módulos reserva, a comparação do orçamento total ainda assim é menor na proporção de 85%.

3.2.5 Redução do tempo de instalação

Os equipamentos com tecnologia convencional de isolamento, AIS, são instalados em estruturas de suporte individualmente. Suas fundações e bases de apoio são confeccionadas em campo e os suportes em concreto ou metálicos, não são de responsabilidade do fabricante dos equipamentos. Portanto, existem outros fornecedores destes insumos, o que pode prejudicar o cronograma das atividades.

Uma das vantagens dos módulos híbridos é o tempo de montagem no local de instalação, tendo em vista que os mesmos são praticamente montados e testados em fábrica.

Analisando o tempo de confecção das bases e montagem dos equipamentos convencionais, com referência em informações de obras com esta tecnologia, foi possível comparar o tempo estimado para instalação dos módulos

e dos equipamentos convencionais que o mesmo representa. Para o tempo de montagem dos módulos híbridos em campo foram utilizadas referências de catálogo dos fabricantes.

O resultado estimado para os módulos PASS MOS de 230 kV SBB, é 29% e 35% inferior ao tempo de instalação dos equipamentos convencionais correspondentes, para módulos de linha e de interligação de barras respectivamente. Para os módulos PASS MOO de 69 kV SBB, é 25% e 40% inferior ao tempo de instalação dos equipamentos convencionais correspondentes, para módulos de linha e de interligação de barras respectivamente.

Estas considerações de menor quantidade de bases e menor tempo de instalação e montagem, junto com uma menor área instalada, acarretam numa redução dos custos dos trabalhos civis de forma geral, comparativamente à solução básica AIS.

3.2.6 Particularidades e aceitação do projeto

Os trabalhadores da área de manutenção são os clientes finais que receberão a nova instalação e serão responsáveis pela manutenção da mesma.

No projeto proposto existiram palestras com trabalhadores responsáveis pela manutenção, padronização da operação e transporte. Nestes fóruns foram apresentados o projeto; os módulos PASS; os acessórios; sistema de monitoramento; as vantagens associadas à reduzida necessidade de manutenções periódicas; e os procedimentos para transporte e substituição dos módulos.

Na Figura 6, podem ser visualizados os acessos existentes para trânsito das carretas. Pois, como os módulos são pesados e já chegam às instalações montados, são necessárias carretas com guindastes e lanças adequadas para a operação. Este desenho foi desenvolvido pelo fabricante dos equipamentos, durante a aprovação do projeto básico, para debate com os responsáveis na empresa.

A aquisição de módulos PASS reserva para as futuras instalações, também foi considerado importante para uma melhor aceitação da solução pelos clientes internos, bem como para garantir premissas assumidas nos estudos de confiabilidade.

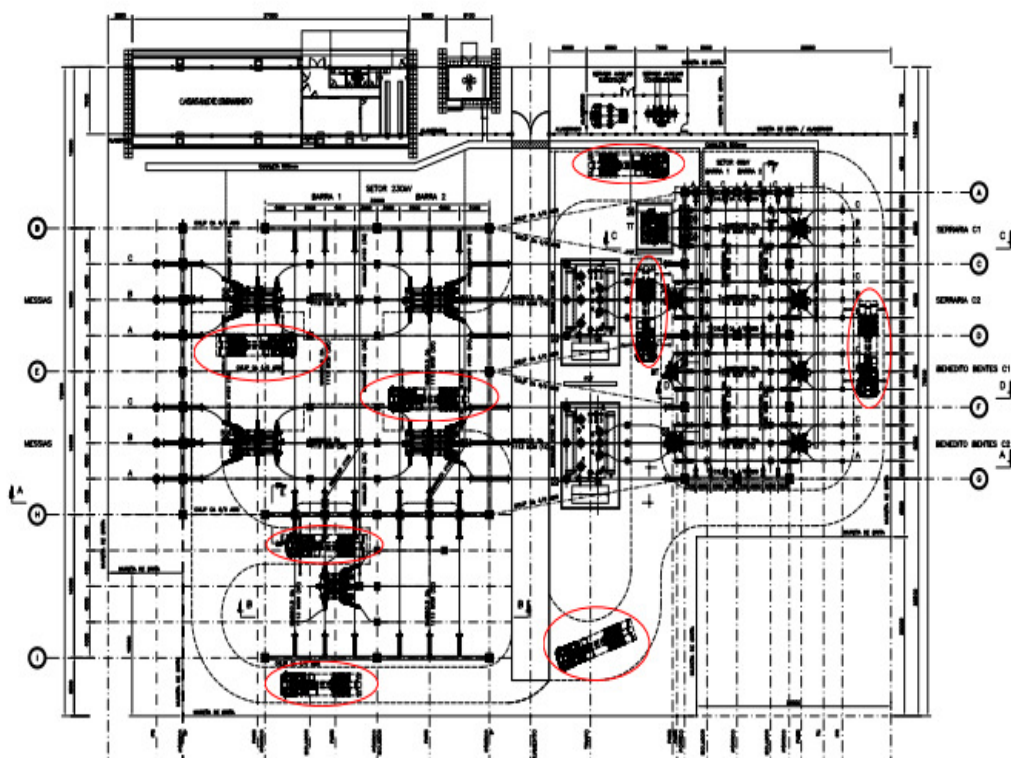


Figura 6 – Estudo de acesso dos veículos de transporte dos módulos PASS (Projeto Básico)

Adicionalmente aos aspectos aqui abordados, outras características do projeto, contribuem para a concepção compacta dos módulos híbridos, são elas:

- Instalação dos para-raios das conexões dos transformadores em suportes sob os transformadores, proporcionando uma melhor coordenação de isolamento, dentro da concepção compacta da tecnologia MTS;
- Definição de cabos termorresistentes nos barramentos e circuitos das conexões e entradas de linha, atendendo aos requisitos de ampacidade dos estudos de fluxo de carga, edital do leilão e procedimento de rede, sem submeter maiores esforços aos pórticos;
- Utilização de canaletas apenas na região próxima às edificações, no interior do pátio são utilizados eletrodutos PEAD enterrados, proporcionando uma concepção mais limpa e com menor custo.

4.0 - CONCLUSÃO

O projeto da subestação de Maceió II caracteriza-se por ser uma nova subestação localizada na área rural, em fronteira com áreas urbanas, e pelo seu propósito de atender a cargas da região metropolitana de uma grande capital da região metropolitana do Nordeste.

As principais vantagens da aplicação da solução com tecnologia híbrida na subestação Maceió II, aqui apresentadas, coincidem com as que são definidas como razões para inovação, pela brochura 389 do Cigré [6].

Adicionalmente foi constatado que o custo não é necessariamente o limitador para implantação de soluções que venham a beneficiar a segurança dos trabalhadores, disponibilidade do sistema, e causar menores impactos ao meio ambiente.

A engenharia da Chesf considera que a oportunidade de implementar novas tecnologias em projeto de subestações é um caminho de transição na busca por melhorias. Portanto, espera-se dos órgãos regulamentadores uma separação dos lotes dos editais do leilão pelo tipo da instalação, dentro de uma visão futura da sua importância e papel no SIN.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ANEEL, Edital de leilão Nº 6/2011 Anexo 6B lote B, LT 230 KV MESSIAS – MACEIÓ II CD; LT 230 KV JARDIM – NOSSA SENHORA DO SOCORRO; SE 230/69 MACEIÓ II; SE 230/69 KV NOSSA SENHORA DO SOCORRO; SE 230/138 KV POÇÕES II – Características e requisitos básicos das instalações da transmissão, 2011;
- [2] ABB, Chesf – Lote B 006/2011 Estudo de confiabilidade, SE Poções II, Maceió II e N. S. Socorro, 2012;
- [3] Catálogo ABB – Família PASS;
- [4] Chesf, RT- 02-14-03/12, Relatório técnico, Projeto Básico – Estudos de transitórios eletromagnéticos, 2012;
- [5] Chesf, RT- 04-02-02/2012, Relatório técnico, Projeto Básico – Análise em regime permanente e dinâmico, 2012;
- [6] CIGRÉ, Work group B3.11 - 389, Combining Innovation with Standardisation, August 2009;
- [7] CIGRÉ, Work group B3.20 - 390, Evaluation of Different Switchgear Technologies for Rated Voltages of 52 kV and above, August 2009;
- [8] DEGEN, W.; KOCH, H., IEEE, Applications of Mixed Technology Switchgear (MTS), 2008;
- [9] IEC 62271-205, High-voltage switchgear and controlgear - Compact switchgear assemblies for rated voltages above 52kV, 2008;
- [10] KOCH, H.; OTTEHENNING, G.; ZOCHLING, E., IEEE, Applications of Mixed Technology Switchgear (MTS), 2005.