

## **Grupo de Estudo de Planejamento de Sistemas Elétricos-GPL**

### **Experiência da Eletropaulo na utilização de Subestação compacta de 145 kV montada sobre plataforma metálica como alternativa de expansão do sistema**

**DANIEL GOMES DA SILVA(1); LAMBERTO MACHADO DE BARROS BEEKUIZEN(2); WHESLEI DE PAULA RIBEIRO(3); ELPA(1);ELPA(2);ELPA(3);**

#### **RESUMO**

O presente trabalho descreve um novo modelo de subestação compacta de 145 kV montado sobre plataforma metálica, implantado pela Enel Distribuição São Paulo, como alternativa de expansão do sistema para suprimento exclusivo de consumidores existentes de média tensão, atendidos em 13,8 kV, com baixa densidade de demanda em regiões de pouca concentração de carga, dificuldades de expansão de linhas de transmissão na tensão de 88 kV e necessidade de melhoria nos indicadores de qualidade de energia.

Apresenta-se como uma solução de baixo investimento através de implantação de conexão de subestação rebaixadora 88/13.8 kV com rápida implantação, adequada composição do IAS – Índice de Aproveitamento de Subestações, incremento da BRR - Base de Remuneração Regulatória corroborando para melhoria dos indicadores de qualidade de energia.

Esse artigo visa também contribuir com a discussão dos fatores de riscos que norteiam as atividades de Planejamento da Expansão das Distribuidoras de Energia Elétrica, propondo alternativas de otimização de investimentos no atendimento dos critérios técnicos estabelecidos pelo órgão regulador, satisfação dos consumidores e garantir o retorno financeiro esperado.

#### **PALAVRAS-CHAVE**

ECD – Estação Compacta de Distribuição, IAS – Índice de Aproveitamento de Subestações; SKID; SDMT – Sistema de Distribuição de Média Tensão

#### **1.0 - INTRODUÇÃO**

O Sistema de Distribuição em Alta Tensão (SDAT) da Enel Distribuição São Paulo (EDSP) é atualmente composto de 156 Subestações de Distribuição (SED) e 1752 km de linhas de subtransmissão aéreas (LTA) e subterrâneas (LTS).

Os padrões vigentes para alimentação de blocos de potência elevados consistem em LTA e LTS com tensões de 88 kV e 138 kV, com um ou mais circuitos.

Na condição normal o sistema é operado radialmente, a partir de subestações de fronteira que alimentam as SED. Para o atendimento de contingências ou em situações transitórias de transferência de carga podem ser formadas malhas.

(\*) Endereço Autor Responsável, n° 000 – sala X 00 - Bloco X – CEP 99.999-999 Cidade, Sigla Estado, – Brasil  
Tel: (+55 XX) XXXX-XXXX – Fax: (+55 XX) XXXX-XXXX – Email: nononono@nonono.non.br

Dadas as características da área de concessão da empresa, com grandes concentrações de carga e áreas altamente urbanizadas, a expansão do SDAT é especialmente dificultada, seja pela necessidade de faixas de passagem para linhas aéreas, seja pelo custo e distúrbios causados no tráfego de ruas e avenidas para a construção de linhas subterrâneas.

Por outro lado, em regiões altamente urbanizadas, a EDSP tem encontrado dificuldades de implantação de novas SED, devido ao alto custo de aquisição de terrenos e limitações físicas para a implantação de derivação de ramal das linhas SDAT passagem de novas linhas de distribuição. Essas dificuldades tornam-se enormes obstáculos no que tange a expansão do sistema, investimentos prudentes, modicidade tarifária e qualidade do fornecimento de energia elétrica.

Nessas regiões altamente urbanizadas as SED e os circuitos primários existentes encontravam-se com elevados níveis de carregamento, não restando alternativa técnica à EDSP a buscar novas soluções construtivas para a expansão do seu sistema elétrico. As áreas técnicas da EDSP buscaram no mercado alternativas viáveis de construção de SED que fosse capaz de aumentar o leque de opções de expansão do sistema elétrico.

Após diversos mapeamentos de fabricantes de equipamentos compactos, encontrou-se a solução de implantação de Subestação compacta de 145 kV montada sobre plataforma metálica, também conhecida como skid.

## 2.0 - DESENVOLVIMENTO

Os estudos de planejamento que embasaram o projeto de subestação compacta de 145 kV montada sobre plataforma metálica apresentaram 3 localidades potenciais para sua implantação.

A primeira localidade é no município de Santana do Parnaíba. A Segunda localidade é no município de Itapevi. Já a terceira localidade é na zona Sul do município de São Paulo.

### 2.1 Processo de Planejamento

O processo de planejamento do sistema elétrico numa concessionária de distribuição de energia elétrica inicia-se na elaboração do diagnóstico das instalações com base em critérios técnicos da companhia e legislação vigente do até a elaboração do Plano de Obras. Os marcos desse processo devem seguir as condicionantes estabelecidas na legislação vigente, dentre as quais podemos destacar os Procedimentos de rede de distribuição (PRODIST) e Procedimentos de Rede do ONS.

O diagnóstico dos carregamentos verificados nos circuitos primários e nas transformações AT/MT das Subestações de Distribuição do ano de 2017 da EDSP encontram-se nas figuras 1 e 2.

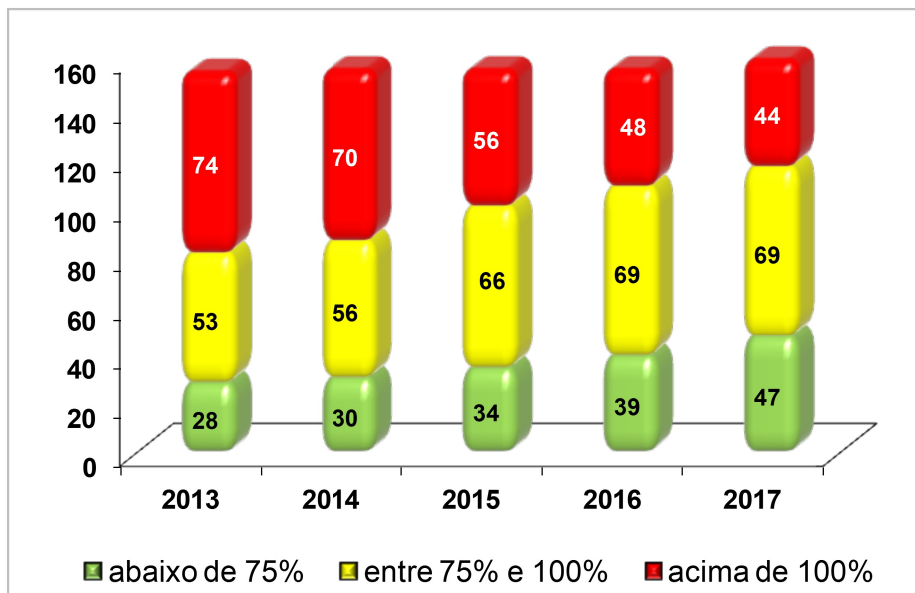


Figura 1 – Carregamento das Transformações AT/MT das Subestações de Distribuição

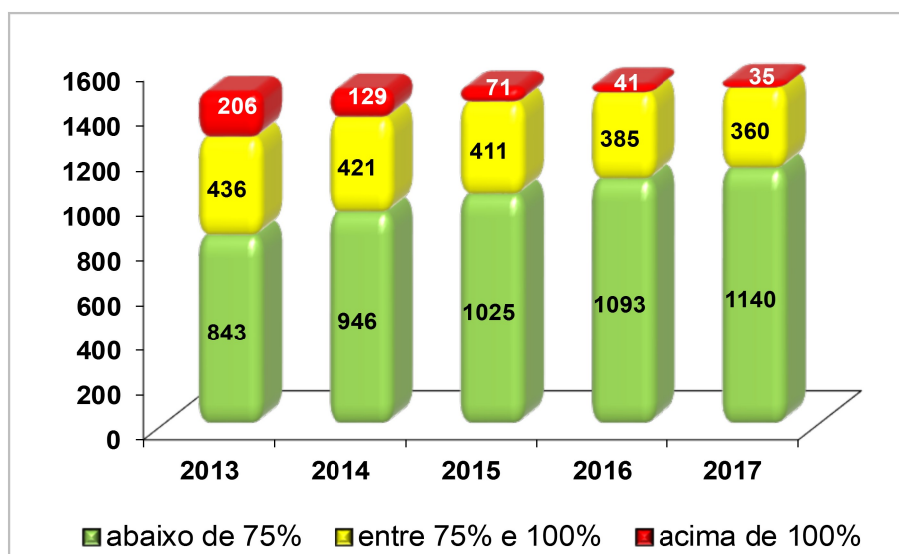


Figura 2 – Carregamento dos Circuitos Primários de Distribuição

O Planejamento buscar a otimizar a capacidade de seu sistema, sem comprometer a segurança do mesmo e assegurar a qualidade do fornecimento de energia, observando-se a melhor relação custo x benefício.

Um dos desafios observados no Processo de Planejamento destacamos a busca pela melhor configuração de redes MT pois contribui-se para a redução de investimentos adicionais, adequada composição do IAS – Índice de Aproveitamento de Subestações, incremento da BRR - Base de Remuneração Regulatória, corroborando para melhoria dos indicadores de qualidade de energia.

## 2.2 Objetivos do Trabalho

Esse trabalho está relacionado com as análises de otimização dos indicadores de confiabilidade de fornecimento de energia elétrica com a implantação de soluções de obras inovadoras dentro do ciclo de planejamento 2019-2023, mensurando o ganho de redução do FEC – Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora proporcionados por essas soluções de obras.

Serão apresentados os resultados das análises de redução de FEC com a implantação de obras com o emprego de subestação compacta de 145 kV montada sobre plataforma metálica, também conhecidas como SKIDs do conjunto ANEEL Varginha, integrante da área de concessão da EDSP.

## 2.3 Conjunto ANEEL Varginha

O conjunto ANEEL Varginha está localizado na zona Sul de São Paulo é uma região caracterizada por uma enorme concentração de clientes residenciais. Nessa região encontra-se a Estação Transformadora de Distribuição (ETD) Varginha que possui dois transformadores de potência de 60 MVA cada, 88-13.8 KV e 14 circuitos primários de 13.8 Kv que atendem a cerca de 111.304 clientes.

Esse conjunto apresenta o indicador FEC de 14,04 no ano de 2018. Valor bastante superior ao limite regulatório de 7,00.

Essa ETD possui carregamento de cerca de 100 MVA, ou seja, apresenta uma carga superior a sua capacidade firme em 1º contingência, ou seja, se um dos 2 transformadores falhar, o remanescente poderá não suportar toda a carga da subestação e haverá corte de carga até ser sanado o defeito. Essa cenário agrava ainda mais a situação do indicador FEC desse conjunto.

No fechamento do Plano de Obras – Ciclo 2018-2022 no 4º trimestre do ano de 2017, a área de Planejamento do Sistema previa uma nova fonte de distribuição para o ano de 2022, a nova ETD Parque dos Lagos, com 2 transformadores de 40 MVA, 88-13.8kV, 7 circuitos primários de 13.8 kV para alívio do carregamento da ETD Varginha, cerca de 30 MVA.

No entanto, a necessidade de se antecipar uma solução para implantação estrutural no ano de 2018 para buscar atingir a meta regulatória do conjunto ANEEL Varginha motivou a área de Planejamento do Sistema a fomentar uma discussão interna com as demais áreas para se buscar uma solução rápida, eficiente e capaz de conciliar o viés de qualidade (FEC) com o viés de planejamento (solução de obra de expansão).

### 2.3.1 Concepção da solução técnica de Subestações Compactas em plataforma metálica (Skid)

A Planejamento do Sistema em conjunto com outras áreas internas, Projetos de Subtransmissão, Manutenção da Subtransmissão, Proteção, Operação, Patrimônio, Normas/Padrões/Métodos e Meio Ambiente se reuniram com o intuito de se buscar uma solução técnica de Subestações Compactas em plataforma metálica (Skid) para implantar em determinadas regiões da área de concessão da EDSP de forma a antecipar soluções estruturais de longo prazo do Planejamento e reduzir os indicadores FEC de alguns conjuntos ANEEL, sinalizados no Plano de Resultados da ANEEL – 2º ciclo.

Além disso, essa nova solução tinha como objetivo:

- ✓ Agilidade na execução com previsão de obras em 12 meses;
- ✓ Redução dos indicadores de qualidade DEC/FEC;
- ✓ Aumento da flexibilidade operativa;
- ✓ Redução de clientes por circuito;
- ✓ Alívio de carregamento em circuitos;
- ✓ Atendimento ao crescimento da região com maior confiabilidade

10 a 13 de novembro de 2019  
Belo Horizonte - MG

As áreas técnicas foram ao mercado em busca de soluções de subestações compactadas, adequadas aos padrões construtivos, operativos e de manutenção capaz de atender a companhia, de fácil implantação e de baixo custo.

Com base em soluções encontradas no mercado nacional e internacional, foi desenvolvido o padrão de subestação compacta com potência de até 25 MVA, conhecido como Estações Compactas de Distribuição (ECD). Esse padrão está registrado no documento interno NTE-M-039-1 Subestação compacta de 145 kV montada sobre plataforma metálica (skid).

A seguir apresentamos o arranjo dos equipamentos desse solução na figura 3:

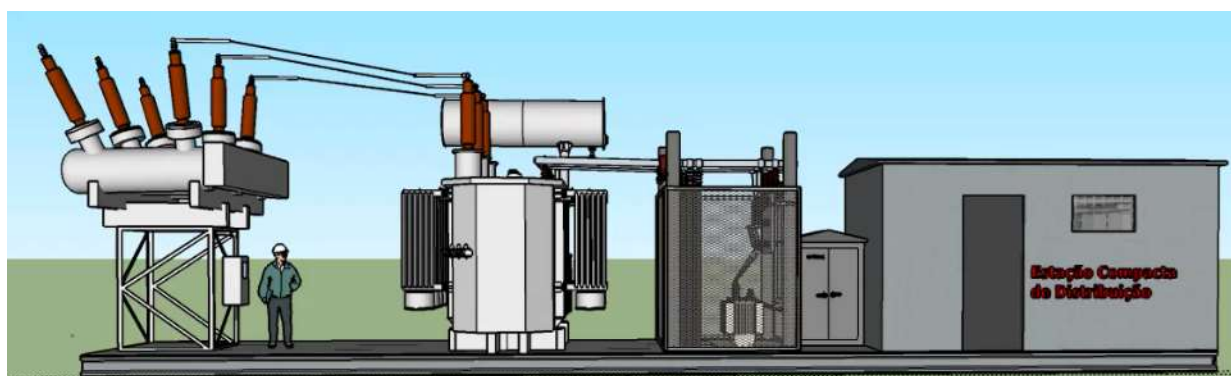


Figura 3 – Arranjo básico dos equipamentos da subestação compacta skid

Nesse arranjo verifica-se que na plataforma metálica (cor bege) encontra-se praticamente todos os equipamentos da subestação (chave seccionadora, TP, TC, Transformador de potência, sala elétrica com os bays de 13.8 kV, conjunto de baterias, etc). Essa plataforma é instalada numa base civil que também contém bacia coletora de água e óleo. Conectado a seccionadora de entrada encontra-se um poste de concreto que interliga o pórtico da subestação a linha de transmissão de 88 kV.

### 2.3.2 Estudo de Planejamento com a utilização da solução Skid e mensuração dos ganhos

Inicialmente foram avaliados os carregamentos dos circuitos primários supridos pela ETD Varginha. Foram constatadas violações de critérios de planejamentos nos circuitos VAR-102, VAR-103 e VAR-113.

A tabela 1 apresenta a situação atual e futura dos circuitos primários da ETD VAR e da futura ECD PLA (Parque dos Lagos).

Tabela 1 – Situação antes e após a ECD PLA

Análise do Conjunto ANEEL Varginha – Número de consumidores e km de rede										
Situação Atual						Situação Futura				
Circuito	Extensão (km)	Cabo 240 (km)	Consumidores	Capacidade (A)	Carregamento (A) 2017	Extensão (km)	Cabo 240 (km)	Consumidores	Capacidade (A)	Carregamento (A) 2017
VAR-102	25,8	1,38	12.434	500	397	15,89	1,38	8.971	500	288
VAR-103	29,32	2,48	14.773	500	536	17,13	2,48	5.736	500	277
VAR-104	20,33	2,57	12.892	500	374	9,69	2,57	4.131	500	114
PLA-102						10,79		7.321	400	237
PLA-103						12,04		7.516	400	215



PLA-104						9,91		6.424	400	200
---------	--	--	--	--	--	------	--	-------	-----	-----

A seguir apresentamos os blocos de carga dos circuitos de VAR para os circuitos de PLA:



Figura 4 – Blocos de carga da nova ECD PLA

Desta forma, foi realizada visita técnica em campo para verificar a viabilidade de um local na faixa de servidão da LT 88 Kv Piratininga – Henry Borden 1-2 da EDSP para implantação da solução skid de forma que fosse possível conectar esse empreendimento nesses 3 circuitos sobrecarregados e consequentemente, aliviá-los e aliviar o carregamento da ETD Varginha.

Nessa visita técnica participaram representantes das área de Planejamento do Sistema, Patrimônio, Projetos de Subtransmissão, Manutenção da Subtransmissão e Meio Ambiente. Foram localizados dois terrenos viáveis para a implantação da subestação compacta. Porém, como essa faixa de servidão corre em paralelo a faixa de servidão da LT 230 kv Piratininga – Henry Borden da ISA CTEEP, foi agendado outra visita no local em conjunto com a transmissora. Nessa segunda visita verificou-se a necessidade de aquisição de parte de uma área da transmissora para implantação da subestação compacta na faixa de servidão da LT 88 KV Piratininga – Henry Borden 1-2.

A figura 5 apresenta o local de implantação da ECD PLA



Figura 5 – Local de implantação da ECD PLA.

### 2.3.3 Implantação da ECD PLA

Após a definição do local, foram obtidos as autorizações e licenças ambientais necessárias para implantação do empreendimento.

Foi contratado projeto básico, projeto executivo, equipamentos, obras civis e montagem eletromecânica de maneira separada. O único equipamento que não foi adquirido foi o transformador de potência de 20 MVA, 88-13.8kV proveniente da reserva técnica. Essa estratégia permitiu reduzir o prazo de obras para meses.

O empreendimento iniciou as obras em março/2018 e foi energizado em comissionado em dezembro/2018. A ECD PLA localiza-se no endereço: Rua Canário Belga, s/ no. - Jardim Parque Residencial dos Lagos – São Paulo – SP – CEP 04851-440.

Paralelamente foram executadas as obras de ampliações e reforços na rede de média tensão. Os remanejamentos de carga dos circuitos da ETD VAR para os circuitos da ECD PLA iniciaram em dezembro/2018 e tem previsão de término para junho/2019.

A seguir são apresentados algumas fotos da obra:



Figura 6 – Montagem da plataforma skid na base civil.



Figura 7 – Instalação da caixa separadora de água e óleo.





Figura 8 – Montagem da parede corta fogo.



Figura 9 – Vista do Pátio e edificações.



Figura 10 – Execução do sistema de drenagem.



Figura 11 – Vista do portão de entrada.

A seguir apresentamos o diagrama unifilar da ECD PLA já em operação, extraído do sistema supervisório SCADA.

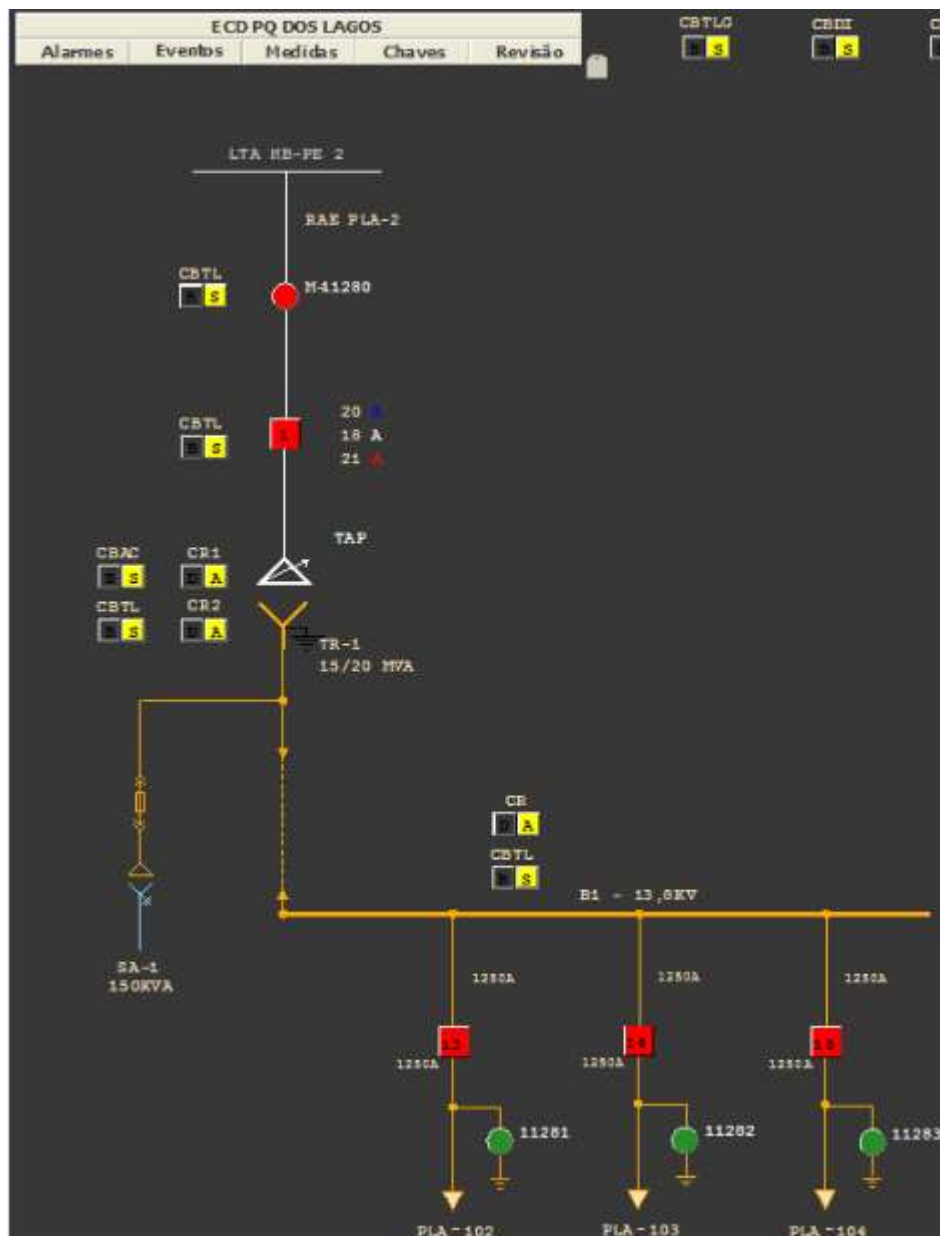


Figura 12 – Diagrama Unifilar da ECD PLA

### 3.0 - CONCLUSÃO

O objetivo desse estudo foi compartilhar uma das iniciativas da EDSP na busca de novas alternativas de fornecimento de energia elétrica para unidades consumidoras localizadas em regiões de alta densidade de carga, dificuldades de compra de terrenos e implantação de SED convencional com soluções flexíveis para otimização dos recursos em cenários adversos que impactam as atividades de Planejamento do Sistema e igualmente atrativas para o mercado consumidor.

Desta forma o projeto se caracteriza por estabelecer novas abordagens para o problema da expansão do sistema elétrico, com o enriquecimento de alternativas a serem consideradas no planejamento, além de aplicabilidade compatível com a regulação atual e integração com os demais níveis da distribuição.

Esse novo padrão de SED na área de concessão da EDSP em foi aplicado em 3 projetos pilotos: ECD Parque dos Lagos, ECD Roselândia e ECD Aldeia da Serra, no ano de 2018.

#### 4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST – Módulo 2 – Planejamento da Expansão do Sistema de Distribuição.

(2) Nota Técnica Enel Distribuição São Paulo – NTE-M-039-1 Subestação compacta de 145 kV montada sobre plataforma metálica.

#### 5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



FOTO DO AUTOR PRINCIPAL OBRIGATÓRIA

Lamberto Machado de Barros Beekhuizen  
Coordenador de Planejamento do Sistema Elétrico  
Enel Distribuição São Paulo