



Empresa de Pesquisa Energética

## **Nota Técnica**

*Ampliação da SE Milton Fornasaro para Atendimento à Região  
Metropolitana de São Paulo*

**Março de 2023**

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA



(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso)



GOVERNO FEDERAL  
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

**Ministério de Minas e Energia**  
**Ministro**

Alexandre Silveira de Oliveira

**Secretária-Executiva do MME**  
vago

**Secretário de Planejamento e Transição Energética**  
Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

**Secretário de Energia Elétrica**  
Gentil Nogueira de Sá Junior

**Secretário de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**  
Pietro Adamo Sampaio Mendes

**Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral**  
vago

# ESTUDOS PARA A LICITAÇÃO DA EXPANSÃO DA TRANSMISSÃO

*Ampliação da SE Milton Fornasaro para Atendimento à Região Metropolitana de São Paulo*



Empresa de Pesquisa Energética

*Empresa pública, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, instituída nos termos da Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004, a EPE tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.*

**Presidente**

Angela Regina Livino de Carvalho (interina)

**Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais**

Giovani Vitória Machado

**Diretor de Estudos de Energia Elétrica**

Giovani Vitória Machado (interino)

**Diretor de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustíveis**

Heloisa Borges Bastos Esteves

**Diretor de Gestão Corporativa**

Angela Regina Livino de Carvalho

**Coordenação Geral**

Giovani Vitória Machado

**Coordenação Executiva**

Thiago de Faria Rocha Dourado Martins

**Coordenação Técnica**

Daniel José Tavares de Souza

**Equipe Técnica**

Fabio de Almeida Rocha

Vanessa Stephan Lopes

URL: <http://www.epe.gov.br>

**Sede**

Esplanada dos Ministérios, Bloco U, Sl. 744  
70065-900 – Brasília – DF

**Escritório Central**

Praça Pio X, 54 – Centro  
20091-040 - Rio de Janeiro – RJ

**Nº EPE-DEE-NT-103/2022-rev1**

Data: 07/03/2023

(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso)



Contrato

Data de assinatura

Projeto

**ESTUDOS PARA A LICITAÇÃO DA EXPANSÃO DA TRANSMISSÃO**

Área de estudo

**Estudos do Sistema de Transmissão**

Sub-área de estudo

**Análise Técnico-econômica**

Produto (Nota Técnica ou Relatório)

EPE-DEE-NT-103/2022-  
rev1

**Ampliação da SE Milton Fornasaro para Atendimento à  
Região Metropolitana de São Paulo**

Revisões

Data

Descrição sucinta

rev0

03/12/2022

Emissão original.

rev1

07/03/2023

Alteração do escopo da solução recomendada na emissão original.

(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso)

## APRESENTAÇÃO

Esta nota técnica tem por objetivo definir obras conjunturais para reforço sistêmico na região metropolitana do Estado de São Paulo, a fim de viabilizar o atendimento ao crescimento da demanda de energia elétrica da região, impulsionada, especialmente, com a entrada de novos consumidores do ramo de *Data Centers*.

A presente revisão apresenta uma alteração no escopo da solução anteriormente recomendada para a ampliação da transformação 345/88 kV da SE Milton Fornasaro. Essa alteração, além de reduzir o escopo e a complexidade das obras vinculadas à recomendação original, propicia um incremento na capacidade firme da transformação na situação de contingência, aumentando a longevidade da solução e a confiabilidade no atendimento à carga.

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>SUMÁRIO.....</b>	<b>2</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS.....</b>	<b>4</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>5</b>
1.1 Considerações Iniciais.....	5
1.2 Objetivos Gerais.....	6
<b>2 CONCLUSÕES.....</b>	<b>7</b>
<b>3 RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>9</b>
<b>4 TOPOLOGIA DO SISTEMA.....</b>	<b>10</b>
<b>5 CENÁRIOS DE GERAÇÃO E PATAMAR DE CARGA.....</b>	<b>11</b>
<b>6 DIAGNÓSTICO DO SISTEMA.....</b>	<b>12</b>
6.1 Sobrecarga na Transformação 345/88 kV na SE Milton Fornasaro.....	12
6.2 Corrente de Curto-Circuito.....	13
<b>7 INVESTIMENTOS.....</b>	<b>16</b>
<b>8 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>17</b>
<b>9 EQUIPE TÉCNICA.....</b>	<b>18</b>
<b>10 ANEXOS.....</b>	<b>19</b>
10.1 Fichas de Obras para o PET.....	19
10.2 Resposta Consulta de Expansão ISA CTEEP.....	21



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 – Mapa da região de interesse .....	5
Figura 1-2 – Carregamento Transformação 345/88 kV SE Milton Fornasaro .....	6
Figura 2-1 – Configuração proposta para a transformação 345/88 kV da SE Milton Fornasaro .....	8
Figura 4-1 – Diagrama simplificado da conexão da SE Milton Fornasaro (MFO) ao sistema de transmissão .....	10

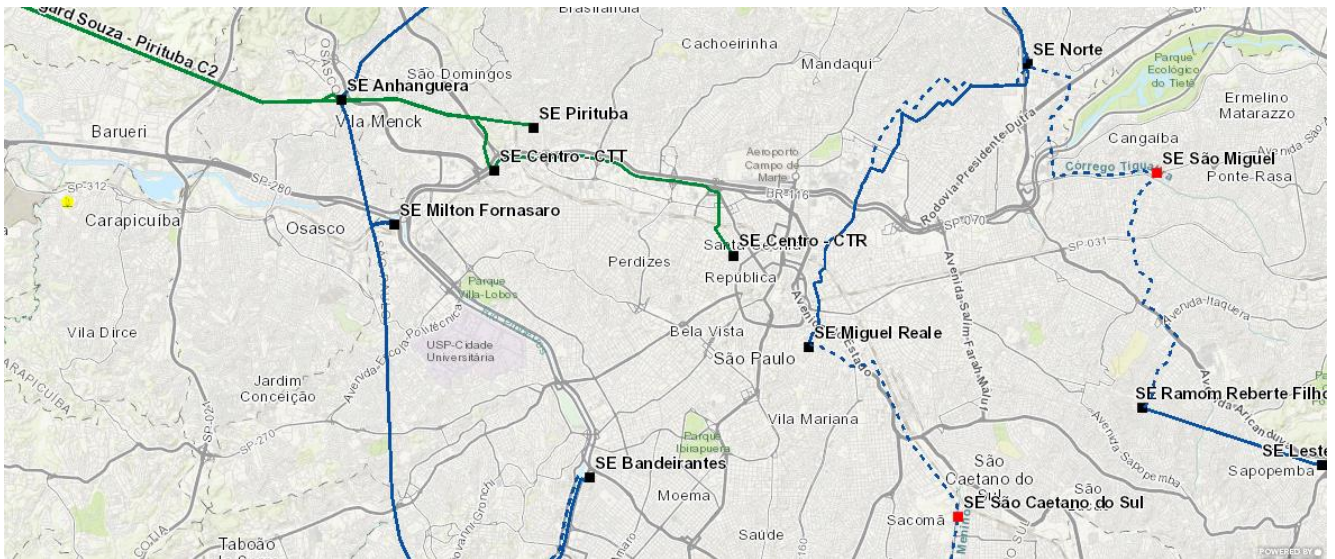
## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2-1 –Plano de obras da alternativa recomendada .....	8
Tabela 3-1 – Programa de obras recomendadas.....	9
Tabela 6-1 – Fluxo de potência na transformação 345/88 kV da SE Milton Fornasaro na contingência de uma unidade .....	12
Tabela 6-2 – Fluxo de potência na transformação 345/88 kV em regime normal e contingência (antes da atuação do SEP) .....	13
Tabela 6-3 – Corrente de curto-circuito no barramento de 88 kV.....	13

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Considerações Iniciais

A região metropolitana de São Paulo (RMSP) apresenta uma crescente demanda de energia elétrica, sendo ainda impactada pelas cargas associadas a empresas de *Data Center*, notadamente, nas proximidades da SE Milton Fornasaro. Por serem densamente ocupadas e com alto custo fundiário, a expansão do sistema em áreas metropolitanas busca priorizar a utilização de subestações já existentes.

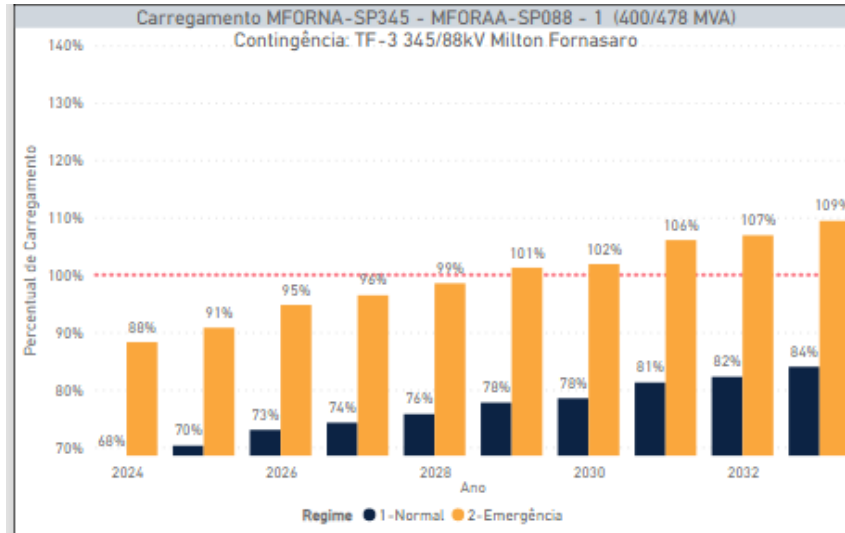


**Figura 1-1 – Mapa da região de interesse**

Em diagnóstico realizado em abril de 2021, a EPE apontou, através do relatório -DEE- EPE RE-034/2021-rev0 [1], que a transformação 345/88 kV da SE Milton Fornasaro apresentaria sobrecarga a partir do ano de 2029 na contingência de um banco de transformadores de 400 MVA.

A transformação 345/88 kV da SE Milton Fornasaro é responsável pelo suprimento a importantes cargas da área de concessão da Enel Distribuição São Paulo, nas quais estão incluídas parte da região norte/sul/oeste da Capital, além do município de Osasco, atendendo a cerca de 620 mil clientes.

A figura 1-2 apresenta o fluxo de potência na transformação 345/88 kV da SE Milton Fornasaro a partir do ano de 2024 conforme o diagnóstico realizado em pela EPE.



**Figura 1-2 – Carregamento Transformação 345/88 kV SE Milton Fornasaro**

Neste contexto, a análise de desempenho do sistema documentada nesta Nota Técnica tem foco numa atualização do mercado da região metropolitana para recomendar a expansão da capacidade de transformação da SE Milton Fornasaro.

### 1.2 Objetivos Gerais

O objetivo desta Nota Técnica é recomendar solução sistêmica e estrutural que promova o atendimento aos consumidores da região metropolitana de São Paulo, evitando sobrecargas na transformação 345/88 kV da SE Milton Fornasaro.

## 2 CONCLUSÕES

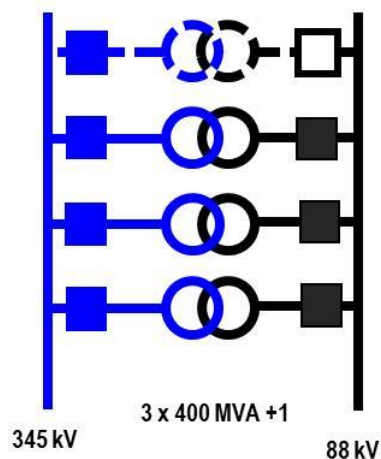
Concluiu-se, através das análises realizadas, que a ampliação da SE Milton Fornasaro se dará por meio da instalação de um quarto banco de transformadores, 345/88 kV e 400/480 MVA de potência, que proporciona um aumento na capacidade sistêmica no atendimento ao crescimento do mercado consumidor da região metropolitana de São Paulo.

Como a instalação de um quarto banco de transformadores eleva a corrente de curto-circuito no setor de 88 kV a níveis não suportados pelos equipamentos e instalações existentes, inicialmente a solução proposta foi segregar o barramento de 88 kV da SE Milton Fornasaro, formando dois barramentos de 88 kV. Contudo, em análise posterior, foi verificado que o desbalanço no fluxo de potência entre os transformadores, provocado pela segregação das barras de 88 kV, ainda que otimizado em termos de distribuição das cargas, provocaria em um horizonte de curto-prazo sobrecargas de curta duração inadmissíveis nos transformadores remanescentes em casos de contingência simples de um dos bancos 345/88 kV.

Portanto, para aumentar a capacidade firme de transformação na SE Milton Fornasaro com a instalação do quarto banco de transformadores, porém, preservando o nível de curto-circuito no setor de 88 kV da subestação dentro do limite de capacidade dos equipamentos e instalações existentes, será necessário que o fechamento paralelo deste quarto banco seja realizada por meio de SEP, comandado no momento da contingência de um dos três bancos já instalados, operando assim, como reserva quente.

A figura 2-1 apresenta de maneira simplificada a configuração do arranjo da transformação 345/88 kV da SE Milton Fornasaro para que se mantenha o nível da corrente de curto circuito dentro da capacidade dos equipamentos atualmente instalados.

SE Milton Fornasaro



4º banco transformador reserva quente

Figura 2-1 – Configuração proposta para a transformação 345/88 kV da SE Milton Fornasaro

De acordo com os custos estimados apresentados na Tabela 7-1, o investimento necessário para reforçar o sistema com as obras recomendadas é da ordem de R\$ 80 milhões.

Tabela 2-1 –Plano de obras da alternativa recomendada

Descrição	Terminal	Ano	Qtde.	Fator	Custo da Alternativa ( R\$ x 1000 )	
					Custo Unitário (sem fator)	Custo Total
						<b>79.907,68</b>
<b>SE 345 kV MILTON FORNASARO (Ampliação/Adequação)</b>						<b>79.907,68</b>
4º TF 345/88 kV, 3 x 133,3 MVA 1Φ		2026	3,0	1,0	13265,26	39.795,78
CT (Conexão de Transformador) 345 kV, Arranjo BD4 - GIS		2026	1,0	2,0	13000,51	26.001,02
CT (Conexão de Transformador) 88 kV, Arranjo BD4 - GIS		2026	1,0	2,0	7055,44	14.110,88

### 3 RECOMENDAÇÕES

A Tabela 3-1 apresenta a descrição das obras necessárias para que a transformação 345/88 kV da Subestação Milton Fornasaro atenda aos critérios N-1.

**Tabela 3-1 – Programa de obras recomendadas**

Ano	Obra	Tensão	Descrição
2026	SE Milton Fornasaro	345/88 kV	Instalação do 4º banco de transformadores TR 345/88 kV, 400/480 MVA, com a instalação de Sistema Especial de Proteção (SEP) para permitir a operação do 4º banco de transformadores como reserva quente.

Destaca-se que os módulos de manobra a serem instalados serão GIS e que será necessário ampliar o prédio onde atualmente está instalada a GIS de 88 kV para que haja espaço para implantação dos novos módulos citados.

## 4 TOPOLOGIA DO SISTEMA

O esquemático simplificado da Figura 4-1 mostra o sistema de transmissão da região metropolitana.

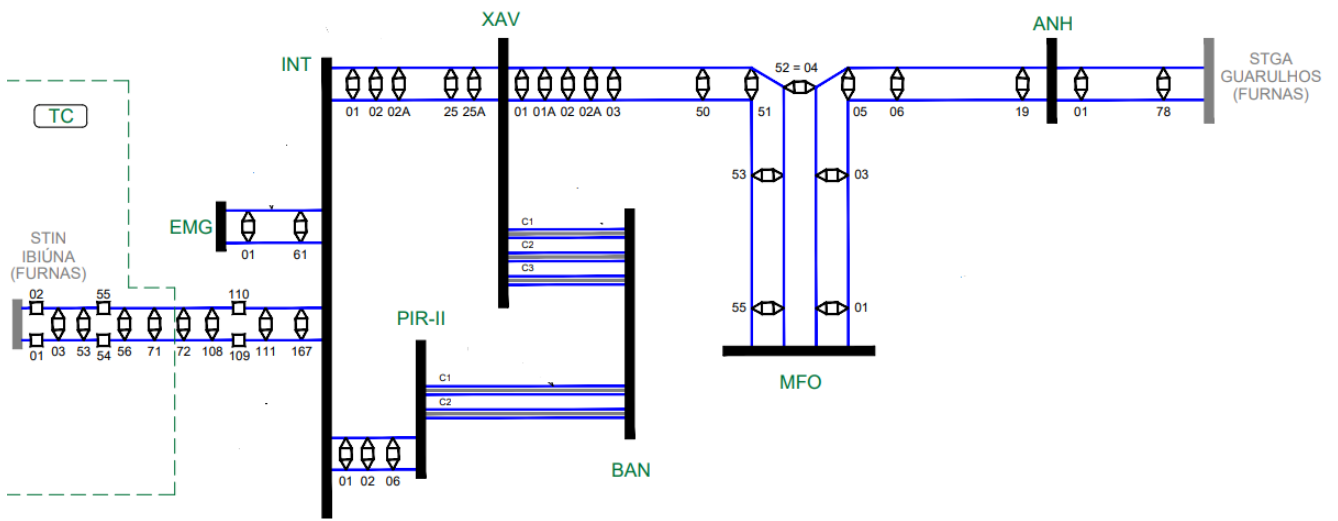


Figura 4-1 – Diagrama simplificado da conexão da SE Milton Fornasaro (MFO) ao sistema de transmissão



## 5 CENÁRIOS DE GERAÇÃO E PATAMAR DE CARGA

Para montagem dos casos de trabalho para análise da transformação de 345/88 kV Milton Fornasaro foi considerado o cenário de geração norte úmido no patamar de carga média do caso base do plano decenal 2031, ao caso base, foi acrescida a projeção de mercado na região metropolitana previsto pela distribuidora ENEL São Paulo.

## 6 DIAGNÓSTICO DO SISTEMA

### 6.1 Sobrecarga na Transformação 345/88 kV na SE Milton Fornasaro

Atualizando o mercado conforme projeção da distribuidora de energia, e utilizando os casos base do plano decenal de 2031, a sobrecarga na transformação em Milton Fornasaro ocorre já a partir do ano 2026.

A tabela 6-1 apresenta a simulação do fluxo de potência nos transformadores 345/88 kV remanescentes da SE Milton Fornasaro na contingência de um banco de transformadores, utilizando os casos do Plano Decenal 2031 com a atualização da carga projetada pela distribuidora.

**Tabela 6-1 – Fluxo de potência na transformação 345/88 kV da SE Milton Fornasaro na contingência de uma unidade**

CONTINGÊNCIA	LINHAS E TRAFOS	NC/LIM	2025		2026		2027		2028		2029		2030		2031		2032		2033		2034		2035		2036	
		NC LIM.	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar
Transformador 345/88 kV M.Fornasaro	MFORNA-SP345	2	403	127	463	182	470	188	477	194	484	184	490	189	497	194	503	191	510	193	517	186	524	188	531	175
	MFORAA-SP088	478	88%		104%		105%		108%		108%		109%		111%		111%		112%		113%		114%		113%	
	MFORNA-SP345	3	405	127	465	183	472	189	480	195	486	185	493	190	499	195	506	192	513	194	520	187	526	189	533	175
	MFORAA-SP088	478	88%		104%		106%		108%		108%		110%		111%		112%		113%		113%		114%		114%	

A solução para a sobrecarga verificada é a ampliação da transformação na SE Milton Fornasaro, através da instalação do quarto banco de transformadores 345/88 kV de 400/480 MVA.

Cabe ressaltar que foi avaliada a alternativa de substituição dos três transformadores existentes 345/88 kV, 400/480 MVA, por três novas unidades 345/88 kV de 600/720 MVA cada. No entanto, após consulta de viabilidade física realizada junto à ISA-CTEEP, essa alternativa foi descartada em decorrência das informações atestadas por esta transmissora quanto à elevada complexidade de execução das adequações necessárias para viabilizar a alternativa (Anexo 10.2).

Em virtude da limitação imposta pelo nível de curto-circuito, a operação deste quarto banco de transformadores deverá ser como uma unidade reserva quente, entrando em operação, através de SEP, no momento de falha de uma das três unidades em operação.

Assim, a avaliação do carregamento dos transformadores 345/88 kV considerou a instalação do quarto banco de transformadores como reserva quente. Neste caso, para a simulação da operação em emergência, foi considerado o limite de carregamento instantâneo de até 40% acima da capacidade nominal no intervalo de tempo necessário para a atuação do SEP e a entrada em operação da unidade reserva, evitando que a proteção dos transformadores remanescentes atue e provoque o desligamento completo das cargas supridas por essa transformação.

A tabela 6-2 apresenta a simulação do fluxo de potência nos transformadores da SE Milton Fornasaro considerando o regime normal e o de contingência de uma das unidades, sendo este último considerando o momento imediatamente anterior à atuação do SEP para fechamento da unidade reserva, ou seja, temporariamente com apenas duas unidades em paralelo.

**Tabela 6-2 – Fluxo de potência na transformação 345/88 kV em regime normal e contingência (antes da atuação do SEP)**

CONTINGÊNCIA	LINHAS E TRAFOS	NC/LIM	2026		2027		2028		2029		2030		2031		2032		2033		2034		2035		2036	
		NC LIM.	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar
Condição Normal	MFORNA-SP345	3	310	64	314	67	319	70	324	73	328	75	332	78	337	75	341	87	346	82	350	82	355	85
	MFORAA-SP088	400	79%		80%		82%		83%		84%		85%		86%		87%		88%		89%		90%	
Transformador 345/88 kV M.Fornasaro	MFORNA-SP345	3	464	136	471	142	478	148	485	153	491	158	498	163	504	160	511	180	518	173	525	174	532	180
	MFORAA-SP088	560	86%		88%		90%		91%	93%	94%	95%	96%	97%	97%	99%								

Desta forma, considerando que o limite de sobrecarga instantânea dos transformadores remanescentes não supera o limite estabelecido de 40% acima da capacidade normal (560 MVA), a implantação de um novo transformador 345/88 kV como reserva quente atende ao sistema até o fim do horizonte e com capacidade para atendimento do crescimento previsto da carga até o ano de 2036.

## 6.2 Corrente de Curto-Circuito

Foi verificado o impacto da instalação do quarto banco de transformadores 345/88 kV na corrente de curto-circuito no barramento de 88 kV da SE Milton Fornasaro.

Para a realização da análise de curto-circuito, foi utilizado o caso base do PAR/PEL, BR2612PF.ana, para o ano de 2026, disponibilizado pelo ONS no portal Sintegre no arquivo "Casos de Referência de Planejamento para Estudos de Curto-Circuito\_PARPEL 2022\_Ciclo 2023-2027\_V0.zip".

Considerando a operação do quarto transformador 345/88 kV na SE Milton Fornasaro, com a configuração dos quatro bancos operando em paralelo e reatância compatível com a dos demais transformadores da subestação, a variação do nível de curto-circuito no barramento de 88 kV é representada pela tabela abaixo, apontando a superação do limite de 31,5 kA para faltas trifásicas.

**Tabela 6-3 – Corrente de curto-circuito no barramento de 88 kV**

Curto-Circuito		3 Transformadores				4 Transformadores				Disjuntor(kA)
Subestação	Tensão	3Φ (kA)	X/R	1Φ (kA)	X/R	3Φ (kA)	X/R	1Φ (kA)	X/R	
Milton Fornasaro	88 kV	28.75	28.51	13.85	87.36	32.61	6.92	14.43	23.54	31.5

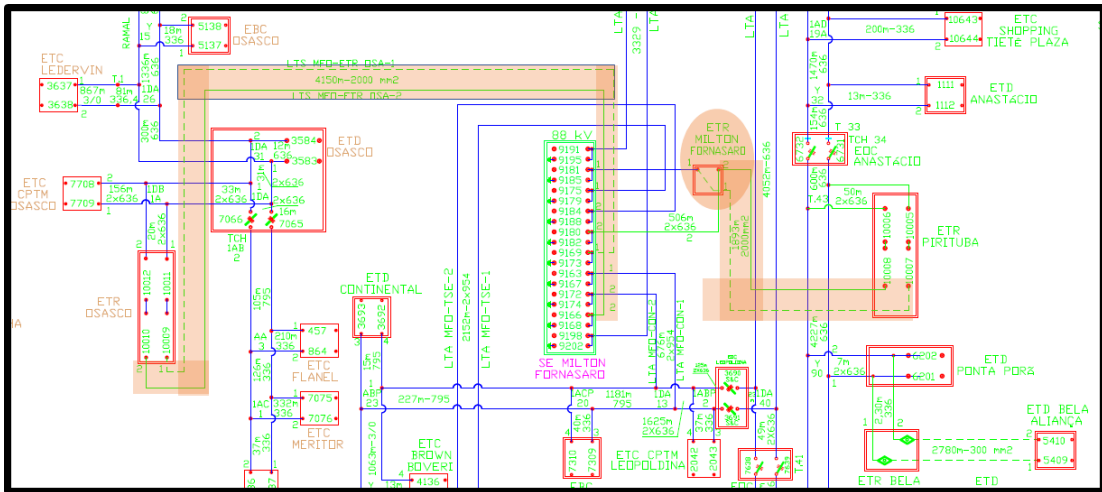
Como solução para manter o nível de corrente de curto-circuito no mesmo valor da operação com três transformadores, dentro do limite de capacidade de 31,5 kA, será necessário a implantação de um SEP com a finalidade de inserir o quarto banco de transformadores no sistema somente no momento de falta de algum dos três bancos de transformadores, operando como reserva quente.

Foi realizada uma consulta, por meio do ofício nº 1476/2022/DEE/EPE, à ISA-CTEEP, concessionária da SE Milton Fornasaro, para avaliar a viabilidade de instalação do 4º banco 345/88 kV, além de avaliar a alternativa de segregar o barramento de 88 kV da subestação para que o nível da corrente de curto-circuito não exceda 31,5 kA.

Através da carta CT/EP/1825/2022, a Transmissora ISA CTEEP indicou a viabilidade da implantação do 4º banco de transformador 345/88 kV, 400/480 MVA, assim como a segregação do barramento 88 kV. Cabe destacar que a alternativa de segregação do barramento 88 kV foi descartada na presente revisão da NT.

Adicionalmente, de modo a verificar os impactos na rede de distribuição quanto à eventual instalação do 4º TR, sem a segregação do barramento 88 kV, a ENEL-SP apresentou as seguintes avaliações expeditas:

- Atualmente, a Enel SP possui 10 LT' de 88 kV conectadas nessa barra: Osasco C1, Osasco C2, Pirituba C1, Pirituba C2, Continental C1, Continental C2, Taboão C1, Taboão C2, Remédios C1 e Remédios C2;
- Até o final do ano de 2022 serão conectadas as novas LT's de 88 kV: Jaguaré C3 e Jaguaré C4;
- Desse total de 12 LT's, são seis conectadas em pórticos externos ao prédio da GIS, onde as conexões dos respectivos bays de EL na GIS são através de cabos da ISA CTEEP que percorrem galeria subterrânea a qual possui sistemas de ventilação para que esses cabos não sejam "gargalos" para a capacidade plena dos condutores aéreos da Enel que se conectam nos pórticos externos. Esses cabos da galeria carecem de avaliação dado que o nível de curto-circuito apurado com 4 TR's em paralelo na SE Milton Fornasaro atinge o valor de aproximadamente 33 kA trifásico (Tabela 6-3);
- Uma avaliação prévia dos níveis de curto-circuito na saída dessas dessas 12 LT's da Enel SP apontam violação dos limites de 31,5 kA trifásico em cinco instalações, sendo uma SE AT/AT (32 kA) e 4 LT's subterrâneas com de cabos isolados a óleo (2 LT's com 32 KA e as outras 2 LT's com 35 kA): SE ETR Milton Fornasaro, LTS Milton Fornasaro-Pirituba C1, LTS Milton Fornasaro-Pirituba C2, LTS Milton Fornasaro-Osasco C1 e LTS Milton Fornasaro-Osasco C2.
- A figura a seguir identifica essas cinco (5) instalações na cor laranja.



- Considerando a substituição total dos equipamentos dessas cinco instalações, estima-se um investimento da ordem de R\$ 160 milhões (com base no banco de preços da Enel utilizado nas obras recentes), o que aumentaria sobremaneira os investimentos imediatos associados à solução do 4º TR 345/88 kV da SE Milton Fornasaro;
- Essa avaliação expedita não considerou as demais instalações (torres metálicas, postes, condutores, chaves interruptoras, etc) das outras 8 LT's aéreas da Enel.

## 7 INVESTIMENTOS

Foi realizada uma estimativa de investimentos de aproximadamente R\$ 80 milhões para a implementação das obras recomendadas como solução sistêmica.

O banco de preços da Aneel, base março 2022[2] foi utilizado para o levantamento dos custos das obras com data de necessidade de 2026.

Por não constar no banco de preços da Aneel, os custos relacionados à instalação do SEP e demais adequações na Subestação Milton Fornasaro para viabilizar a operação do quarto banco de transformadores como reserva quente não estão contemplados nesta estimativa de investimentos.

## 8 REFERÊNCIAS

- [1]. EPE, “EPE-DEE-RE-034/2021 – Diagnóstico Regional da Rede Elétrica – Volume V – GET São Paulo”, Abril de 2021.
- [2]. ANEEL, “Base de Preços”, Março de 2022.

## 9 EQUIPE TÉCNICA

### **EPE**

- Daniel Jose Tavares De Souza
- Fábio de Almeida Rocha
- Paulo Fernando de Matos Araujo
- Vanessa Stephan Lopes

### **ISA CTEEP**

- Adriano Ramos Campos
- Victor Makida Nakashima
- Felipe Melo Rodrigues
- Felipe Ramalho Ferreira da Silva
- Renato Guimarães Ribeiro
- Rodrigo Rozenblit Tiferes
- Thaisa Bull Patriani

### **ENEL SP**

- Daniel Gomes da Silva
- Acácio Ribeiro de Oliviera
- Giovani Zaparoli
- Diego Mazza
- Wheslei de Paula Ribeiro



## **10 ANEXOS**

### **10.1 Fichas de Obras para o PET**

**Sistema Interligado da Região SUDESTE**

**EMPREENDIMENTO:**

**SE 345/88 kV Milton Fornasaro (Ampliação/Adequação)**

UF: **SP**

DATA DE NECESSIDADE: **JAN/2026**

PRAZO DE EXECUÇÃO: **36 MESES**

**JUSTIFICATIVA:**

IMPLANTAÇÃO DO QUARTO BANCO DE TRANSFORMADOR

**Obras e Investimentos Previstos: (R\$ x 1.000)**

4° TF 345/88 kV, 3 x 133,33 MVA 1Φ	39.795,78
1 CT (Conexão de Transformador) 345 kV, Arranjo BD4 (GIS)	26.001,02
1 CT (Conexão de Transformador) 88 kV, Arranjo BD4 (GIS)	14.110,88

**TOTAL DE INVESTIMENTOS PREVISTOS:**

**79.907,68**

**SITUAÇÃO ATUAL:**

**OBSERVAÇÕES:** POR NÃO CONSTAR NO BANCO DE PREÇOS DA ANEEL, OS CUSTOS RELACIONADOS À INSTALAÇÃO DO SEP PARA A SUA OPERAÇÃO COMO RESERVA QUENTE NÃO ESTÃO CONTEMPLADOS NESTA ESTIMATIVA DE INVESTIMENTOS

- Documentos de referência: Custos Modulares da ANEEL – Março de 2021

## 10.2 Resposta Consulta de Expansão ISA CTEEP

São Paulo, 10 de outubro de 2022

CT/EP/1825/2022

Ao Ilmo. Sr.  
Thiago de Faria R.Dourado Martins  
Superintendente de Transmissão de Energia  
Empresa de Pesquisa Energética – EPE  
Rio de Janeiro - RJ

**Assunto: Consulta sobre viabilidade de expansão da SE Milton Fornasaro através da substituição dos transformadores 345/88kV ou instalação do quarto banco de transformadores com segregação dos barramentos de 88 kV.**

Senhor Superintendente,

Em atenção ao Ofício n.º 1476/2022/DEE/EPE de 21 de setembro de 2022, foram estudadas as alternativas de solução para substituição dos transformadores 345/88 kV ou instalação do 4.º banco de transformadores com segregação dos barramentos de 88 kV, sendo viável ambas as alternativas considerando o espaço físico disponível.

Apresentamos nos formulários de consulta sobre a viabilidade de Expansão de Subestações, as considerações preliminares para as ampliações consultadas.

Face aos impactos causados pela substituição dos bancos de transformadores existentes, recomendamos a implantação do 4º banco de transformador 345/88 kV, 400 MVA, com seccionamento do barramento 88 kV, conforme apresentado no respectivo formulário.

Importante destacar que não estão contemplados nas análises, os impactos operativos da implantação no que se refere ao fluxo de potência, níveis de curto circuito e flexibilidade operativa.

Para maiores esclarecimentos permanecemos à disposição a medida que reforçamos nossos votos de estima e consideração.

Atenciosamente,



Yeewan Joshi Otero  
Gerente de Estruturação e Controle de Projetos



## Formulário de Consulta sobre a Viabilidade de Expansão de Subestações

Data: 21/09/2022

Revisão:

Página: 1 - 4





### INFORMAÇÕES SOLICITADAS (PREENCHIDAS PELA EPE)

**ESTUDO:** Ampliação da SE Milton Fornasaro

#### ALTERNATIVA DE PLANEJAMENTO

**Subestação:** SE 345/ 88 kV Milton Fornasaro    **Proprietária:** ISA - CTEEP

##### 1. Módulos de Manobra

	CT	Quantidade: <b>3</b>	Tensão (kV): <b>345</b>	Arranjo: <b>BD4</b>	
	CT	Quantidade: <b>3</b>	Tensão (kV): <b>88</b>	Arranjo: <b>BD4</b>	

##### 2. Módulos de Equipamentos

	Transformadores	Quantidade: <b>10</b>	Potência (MVA): 200	Tensão (kV): <b>345/88</b>	Fase: 1Ø
---	-----------------	-----------------------	---------------------	----------------------------	----------

##### 3. Diagrama unifilar

Em anexo ao final deste formulário.

##### 3. Observações:

1 – Considerar a substituição imediata de três bancos transformadores existentes de 400/480 MVA (TR1, TR2 e TR3), por três novos bancos de 600/720 MVA.

2 – Para limitar o nível de curto-circuito, as novas unidades de transformação deverão possuir impedância especial de, no mínimo, 30% na própria base.

3 – Avaliar a necessidade de substituição dos CTs e IBs de 345 kV e 88 kV existentes já que os transformadores serão substituídos por unidades de maior capacidade.

**Legenda:** **MM:** entrada de linha (EL), conexão de transformador ou autotransformador (CT), interligação de barramentos (IB), conexão de banco de capacitores paralelo (CCP) ou série (CCS), conexão de reatores de linha (CRL) ou de barra (CRB), conexão de transformador de aterramento (CTA), conexão de compensador (CC).    **ARRANJO:** Barra Simples (BS), Barra Principal e Transferência (BPT), Barra Dupla 4 Chaves (BD4), ANEL (AN), Disjuntor e Meio (DJM).



## Formulário de Consulta sobre a Viabilidade de Expansão de Subestações

Data: 21/09/2022

Revisão:

Página: 2 - 4

### RESPOSTA ÀS INFORMAÇÕES SOLICITADAS (PREENCHIDA PELA PROPRIETÁRIA DA INSTALAÇÃO)

(X) Assinalar os itens que podem ser implementados na subestação de acordo com o arranjo e espaço disponíveis.

#### 1. Módulos de Manobra

<input checked="" type="checkbox"/>	CT	Quantidade: <input type="text" value="0"/>	Tensão (kV): <input type="text" value="345kV"/>	Arranjo: <input type="text" value="BD2"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	CT	Quantidade: <input type="text" value="3"/>	Tensão (kV): <input type="text" value="88kV"/>	Arranjo: <input type="text" value="BD3"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	IB	Quantidade: <input type="text" value="1"/>	Tensão (kV): <input type="text" value="88kV"/>	Arranjo: <input type="text" value="BD3"/>

Em decorrência da elevação da potência dos trafos, deverão ser substituídos:

Módulos de conexão de trafo - CT e;  
Interligadora de Barra - IB

#### 2. Módulos de Equipamentos

<input checked="" type="checkbox"/>	Transformadores	Quantidade: <input type="text" value="9+1R"/>	Potência (MVA): <input type="text" value="200 MVA"/>	Tensão (kV): <input type="text" value="345/88 kV"/>	Fase: <input type="text" value="1F"/>
-------------------------------------	-----------------	---	--	---	---------------------------------------

#### 3. Módulo de Infraestrutura Geral

Há necessidade de aquisição de terreno?  Sim Área Prevista: \_\_\_\_\_  
 Não

#### 4. Outros

Há necessidade de adequação do arranjo?  Sim  
 Não

##### Necessidades:

O aumento da impedância dos trafos de 22% para 30% implicará na elevação considerável dos custos de fabricação, além da inserção de um equipamento de utilização específica para instalação;

O aumento da potência dos transformadores, implicará na necessidade de substituição da GIS de 88 kV, visto que hoje a barra suporta 3150 A, além dos respectivos equipamentos que compõem o vão. Adicionalmente é provável a instalação de uma GIS de 500 kV, para atender o novo valor de corrente nominal (5,5 kA);

O aumento da potência do transformador, implicará em adequações civis e eletromecânicas em suas respectivas posições, bem como reconstrução das edificações existentes para suportar a nova GIS.

Mesmo sendo viável tecnicamente, não recomendamos essa alternativa em decorrência da alta complexidade de execução das adequações necessárias:

Substituição de blindada  
Reforços de equipamentos  
Obras civis



# Formulário de Consulta sobre a Viabilidade de Expansão de Subestações

Data:21/09/2022

Revisão:

Página: 3 – 4

## INFORMAÇÕES ADICIONAIS

### 5. Observações

Visão geral SE MFO



GIS 345 KV



GIS 88 KV



21/09/2022

Data da Solicitação

THIAGO DE FARIA ROCHA DOURADO  
Assinado de forma digital por  
THIAGO DE FARIA ROCHA  
DOURADO  
Dados: 2022.09.22 10:12:05 -03'00'

Thiago de Faria R. Dourado Martins  
Superintendente de Transmissão de Energia  
STE/DEE/EPE

06/10/2022

Data da Entrega do Formulário

*Adriano Ramos Campos*

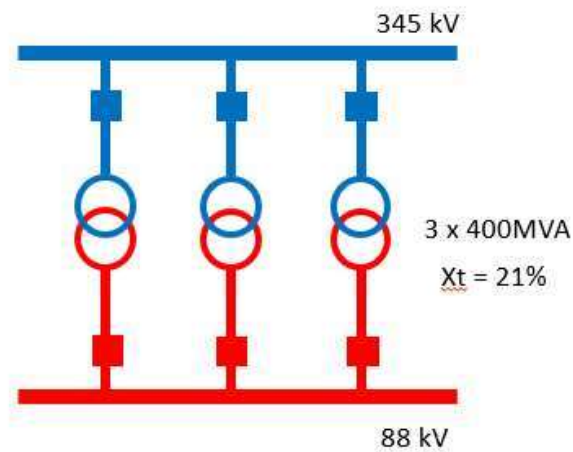
Assinatura do Responsável pelas Informações Solicitadas  
Nome: Adriano Ramos Campos  
cargo: Engenheiro Estudos e Expansão



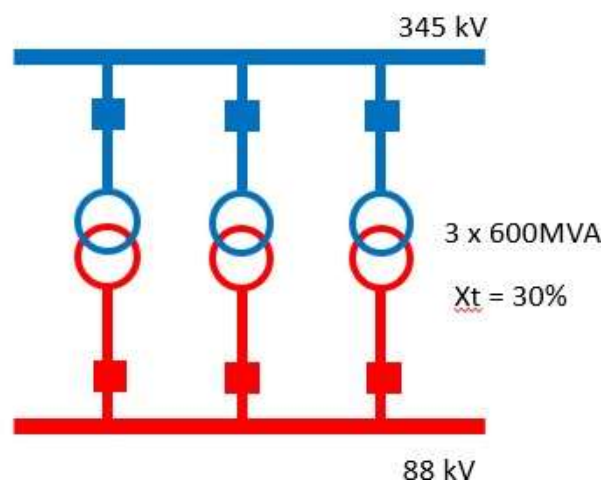


ANEXO → DIAGRAMA UNIFILAR A SER INFORMADO PELA TRANSMISSORA

SE Milton Fornasaro 345/88 kV - Modulação Atual



SE Milton Fornasaro 345/88 kV - Modulação Prevista





## Formulário de Consulta sobre a Viabilidade de Expansão de Subestações

Data: 21/09/2022

Revisão:

Página: 1 - 4

### INFORMAÇÕES SOLICITADAS (PREENCHIDAS PELA EPE)

**ESTUDO:** SE Milton Fornasaro – Ampliação da SE através da Instalação do 4º banco de Transformadores 345/88 kV e Segregação dos Barramentos de 88 kV

#### ALTERNATIVA DE PLANEJAMENTO

**Subestação:** SE 345/ 88 kV Milton Fornasaro    **Proprietária:** ISA - CTEEP

##### 1. Módulos de Manobra

■	CT	Quantidade: 1	Tensão (kV): 345	Arranjo: <b>BD4</b>	
■	CT	Quantidade: 1	Tensão (kV): 88	Arranjo: <b>BD4</b>	
■	IB	Quantidade: 3	Tensão (kV): 88	Arranjo: <b>BD4</b>	

##### 2. Módulos de Equipamentos

■	Transformadores	Quantidade: 3	Potência (MVA): 133,3	Tensão (kV): 345/88	Fase: 1Ø
---	-----------------	---------------	-----------------------	---------------------	----------

##### 3. Diagrama unifilar

Em anexo ao final deste formulário.

##### 3. Observações:

1 – Consulta referente à viabilidade da instalação de um quarto banco de transformadores monofásicos 345/88 kV com 3 x 133,3 MVA de capacidade.

2 – Para limitar o nível de curto-circuito trifásico no setor de 88 kV, ao instalar o quarto banco de transformadores, será necessário segregar os barramentos de 88 kV. Uma sugestão de configuração dos barramentos após a segregação é indicada no diagrama em anexo.

**Legenda:** **MM:** entrada de linha (EL), conexão de transformador ou autotransformador (CT), interligação de barramentos (IB), conexão de banco de capacitores paralelo (CCP) ou série (CCS), conexão de reatores de linha (CRL) ou de barra (CRB), conexão de transformador de aterramento (CTA), conexão de compensador (CC).    **ARRANJO:** Barra Simples (BS), Barra Principal e Transferência (BPT), Barra Dupla 4 Chaves (BD4), ANEL (AN), Disjuntor e Meio (DJM).

## RESPOSTA ÀS INFORMAÇÕES SOLICITADAS (PREENCHIDA PELA PROPRIETÁRIA DA INSTALAÇÃO)

(X) Assinalar os itens que podem ser implementados na subestação de acordo com o arranjo e espaço disponíveis.

### 1. Módulos de Manobra

CT      Quantidade:       Tensão (kV):       Arranjo:

CT      Quantidade:       Tensão (kV):       Arranjo:

IB      Quantidade:       Tensão (kV):       Arranjo:

### 2. Módulos de Equipamentos

Transformadores      Quantidade:       Potência (MVA):       Tensão (kV):       Fase:

### 3. Módulo de Infraestrutura Geral

Há necessidade de aquisição de terreno?       Sim      Área Prevista:   
 Não

### 4. Outros

Há necessidade de adequação do arranjo?       Sim      Equipamentos Necessários: \_\_\_\_\_

Não

#### Necessidades:

Implantação Módulo de Manobra (Disjuntores, seccionadoras, TPs, TCs e, Para-Raios);

Instalação de Trafos de Aterramento - TRAT nas extremidades do barramento 88 kV;

Prolongamento dos barramentos em ambas extremidades 88 kV;

Desativação da Interligadora de barras (IB) existente;

Instalação do IB nas extremidades do barramento 88 kV;

Instalação de disjuntores de seccionamento de barras 88 kV;

Instalação de cabos isolados para interligações previstas;

Adequação no Sistema de Proteção, Controle e Supervisão - SPCS;

Recomendamos a implantação dessa alternativa em decorrência do menor impacto das adequações necessárias de execução.

## INFORMAÇÕES ADICIONAIS

### 5. Observações

Visão geral SE MFO



GIS 345 KV



GIS 88 KV



21/09/2022

Data da Solicitação

THIAGO DE FÁRIA ROCHA DOURADO Assinado de forma digital por THIAGO DE FÁRIA ROCHA DOURADO  
Dados: 2022.09.22 10:11:43 -03'00'

**Thiago de Faria R. Dourado Martins**  
Superintendente de Transmissão de Energia  
STE/DEE/EPE

06/10/2022

Data da Entrega do Formulário

*Adriano Ramos Campos*

Assinatura do Responsável pelas Informações Solicitadas  
Nome: Adriano Ramos Campos  
Cargo: Engenheiro Estudos e Expansão



# Formulário de Consulta sobre a Viabilidade de Expansão de Subestações

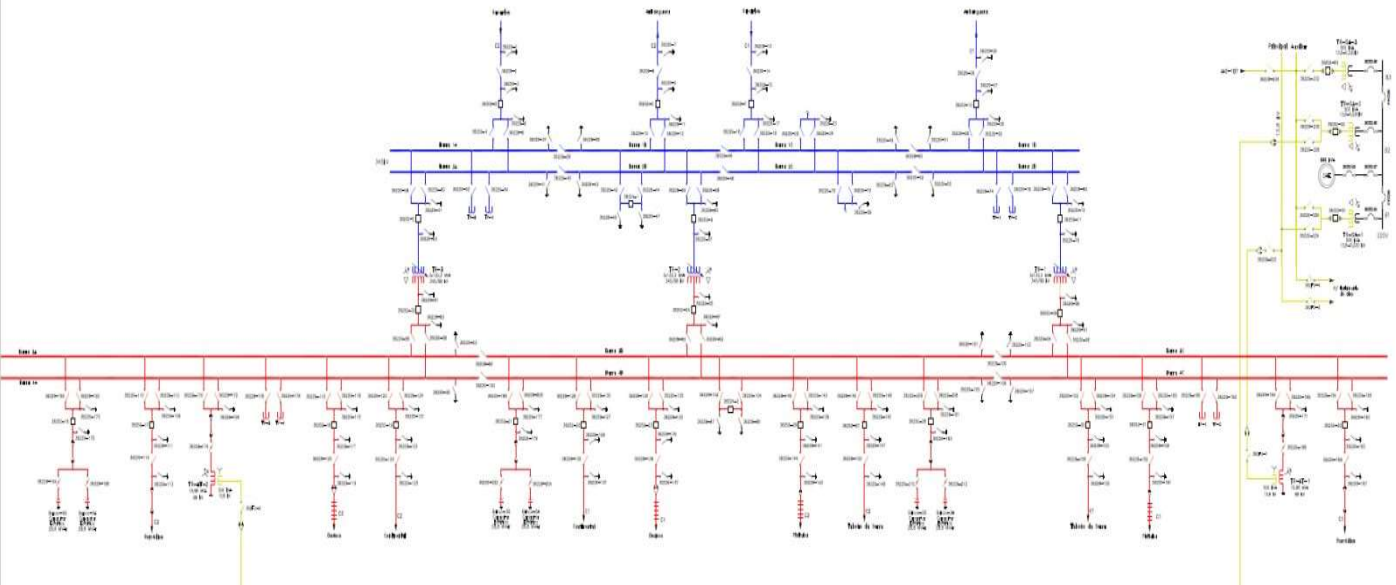
Data: 21/09/2022

Revisão:

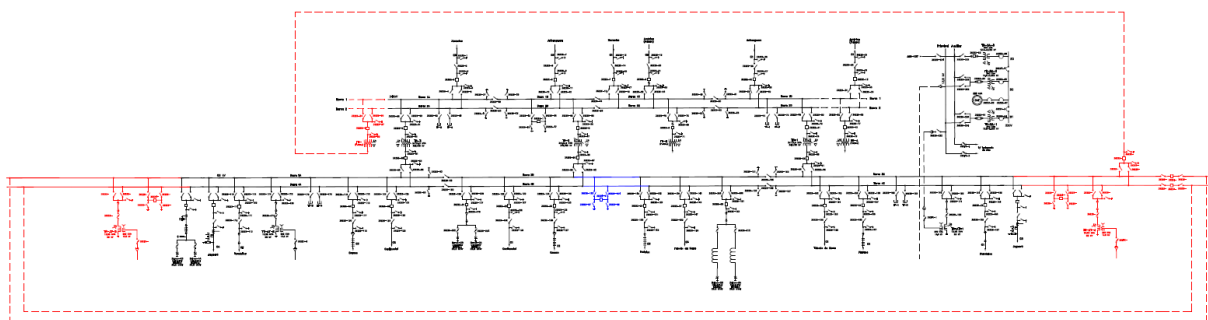
Página: 4 - 4

## ANEXO → DIAGRAMA UNIFILAR A SER INFORMADO PELA TRANSMISSORA

### SE Milton Fornasaro 345/88 kV - Configuração Atual



### SE Milton Fornasaro 345/88 kV - Configuração Prevista Final



#### LEGENDA

- EXISTENTE
- INSTALAÇÃO
- DESATIVAÇÃO