



TÍTULO

GERENCIAMENTO TÉCNICO-OPERACIONAL PARA MINIMIZAR O AUMENTO DE DEMANDA NO SISTEMA DE SUPRIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA DE TRAÇÃO

AUTORES

EDSON BARBEIRO ARTIBANI
LUIZ ROGÉRIO PRENDES
OTÁVIO FERREIRA DE ALMEIDA

OBJETIVO

**DESENVOLVER UMA METODOLOGIA PARA
CONHECER E ESTIMAR A DEMANDA ELÉTRICA
EM SUBESTAÇÃO DE TRAÇÃO**



DESENVOLVIMENTO

- MERCADO LIVRE DE ENERGIA (MIGRAÇÃO CPTM)
- METODOLOGIA
- DEFINIÇÕES

- **MERCADO LIVRE DE ENERGIA**

A ENERGIA ELÉTRICA DE TRACÇÃO UTILIZADA É ADQUIRIDA ATRAVÉS DE LEILÃO.

VANTAGEM:

- **CUSTO MÉDIO MEGAWATTHORA
R\$154,20 (LIVRE) X R\$216,11 (CATIVO)**

DESVANTAGEM:

- **DEMANDA INDIVIDUALIZADA, REQUER
CONTROLE DE DEMANDA MAIS EFICAZ.**

FORMA DE COBRANÇA DA DEMANDA

$$\text{Se } DR \leq DC \Leftrightarrow DF = DC \times TR$$

$$\text{Se } DC \leq DR \leq (DC \times 1,05^*) \Leftrightarrow DF = DR \times TR$$

$$\text{Se } DR > (DC \times 1,05^*) \Leftrightarrow DF = (DC \times TR) + [(DR - DC) \times TU]$$

DC = Demanda Contratada

DR = Demanda Registrada

DF = Demanda Faturada

TU = Tarifa de Ultrapassagem (3 vezes TR)

TR = Tarifa Regular

(*) = Tolerância Máxima (5%)

• **METODOLOGIA**

ESTIMAR A DEMANDA ELÉTRICA, ATRAVÉS DE CÁLCULOS DENTRO DOS DOMÍNIOS DAS SUBESTAÇÕES DA CPTM, UTILIZANDO OS SEGUINTE DADOS:

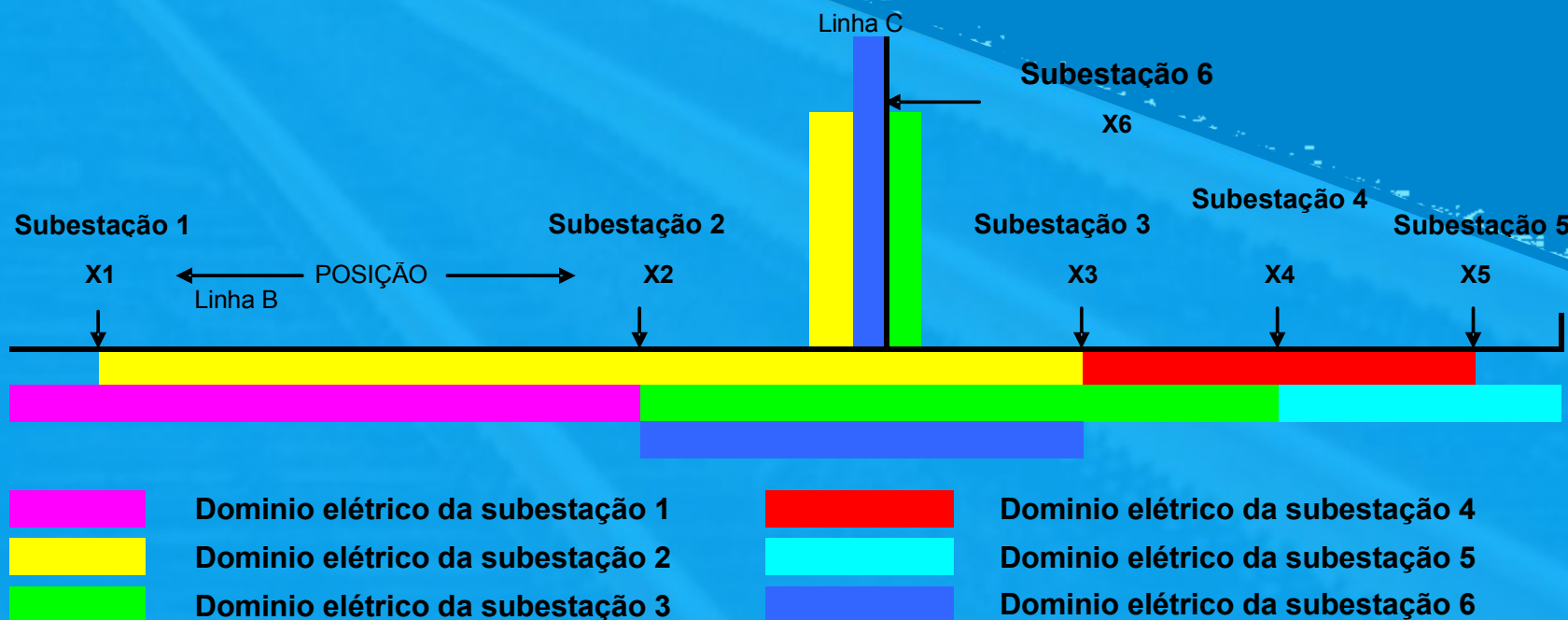
- **REGISTROS DOS TRENS (MEDIÇÕES FÍSICAS E ELÉTRICAS);**
- **GRÁFICO HORÁRIO;**
- **SUBESTAÇÃO, REDE AÉREA E VIA PERMANENTE;**
- **GRÁFICO DE DEMANDA DA CONCESSIONÁRIA.**

- **DEFINIÇÕES**

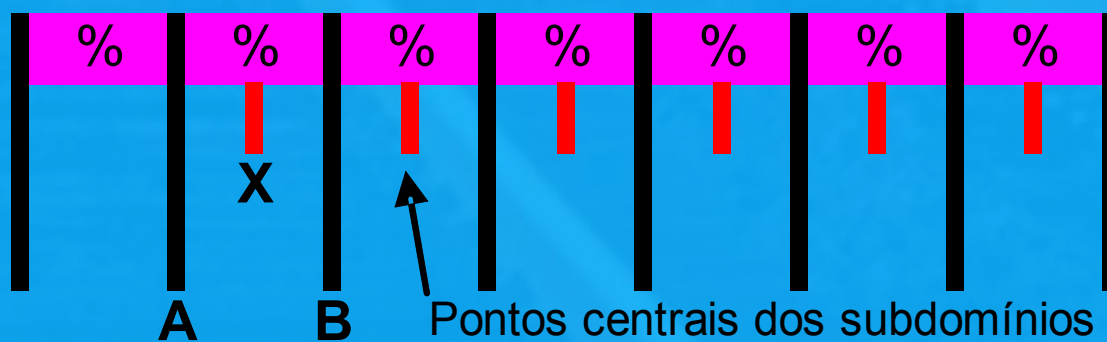
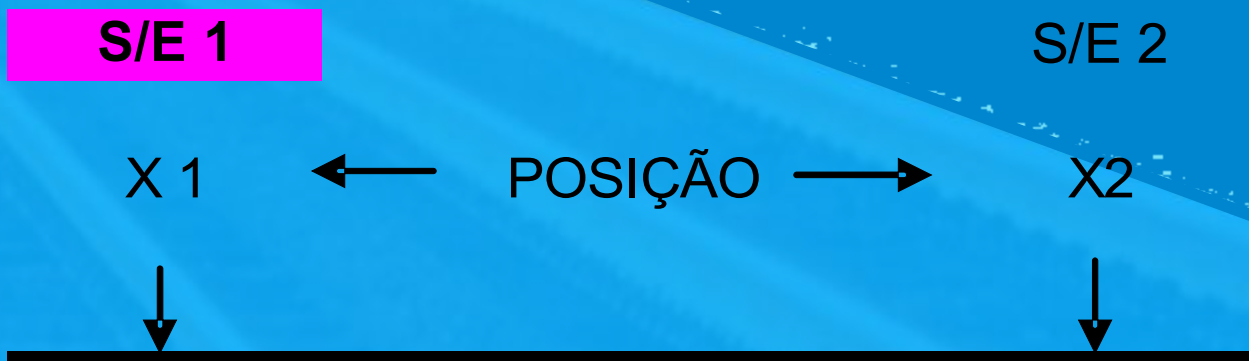
DOMÍNIO ELÉTRICO – É TODO O CIRCUITO ELÉTRICO QUE UMA SUBESTAÇÃO CONTRIBUI PARA O SUPRIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA DE TRACÇÃO.

SUBDOMÍNIO – É A DIVISÃO DO DOMÍNIO DE UMA SUBESTAÇÃO.

DOMÍNIO ELÉTRICO



SUBDOMÍNIO ELÉTRICO



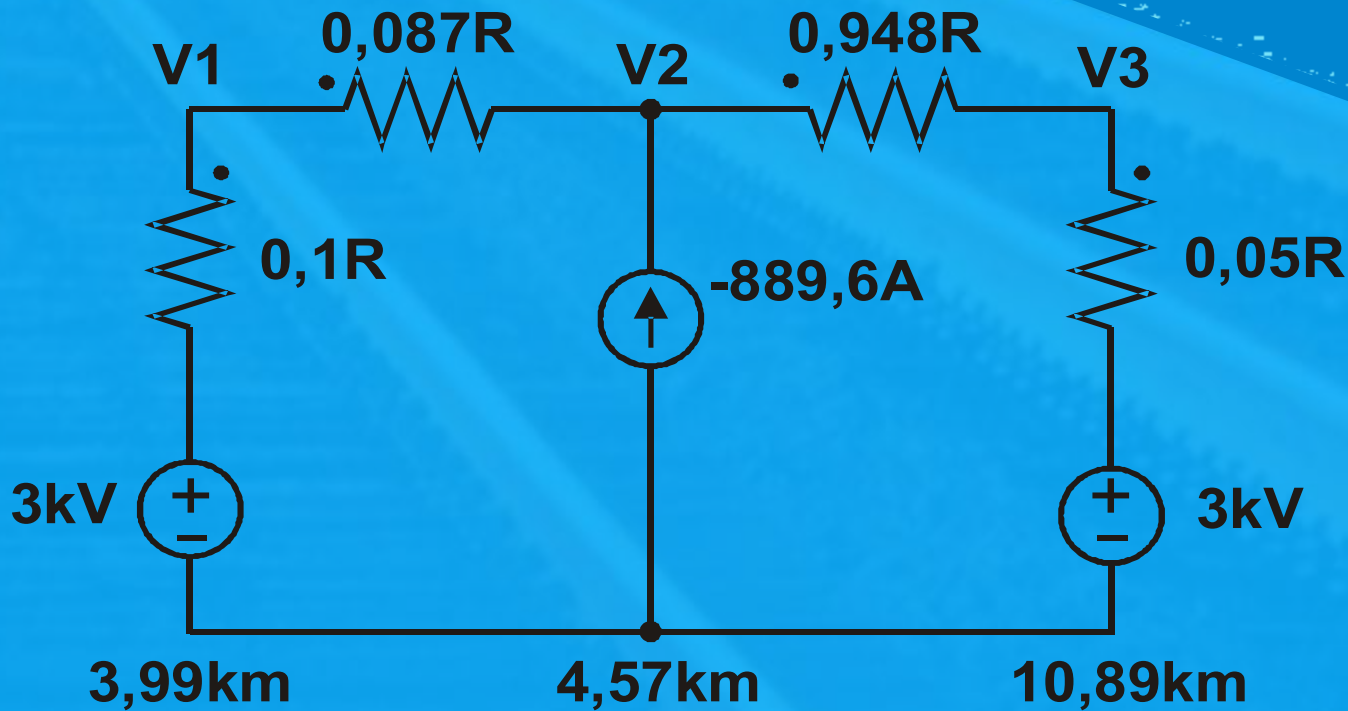
CÁLCULO DA PORCENTAGEM

- CORRENTE ELÉTRICA MÉDIA DO TREM;
- TENSÃO DE SÁIDA DAS SUBESTAÇÕES E SUAS RESISTÊNCIAS INTERNAS;
- RESISTIVIDADE - CATENÁRIA E TRILHO.

CIRCUITO ELÉTRICO EQUIVALENTE

S/E
(Barra Funda)

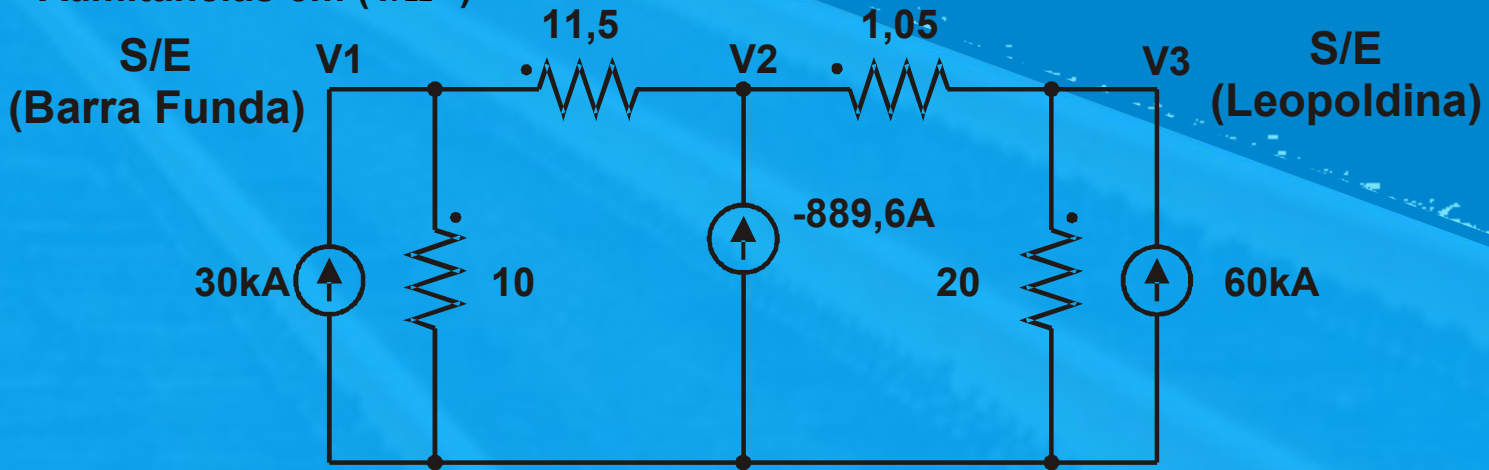
S/E
(Leopoldina)



Composição

Análise Nodal : $[Y] \times [V] = [I]$

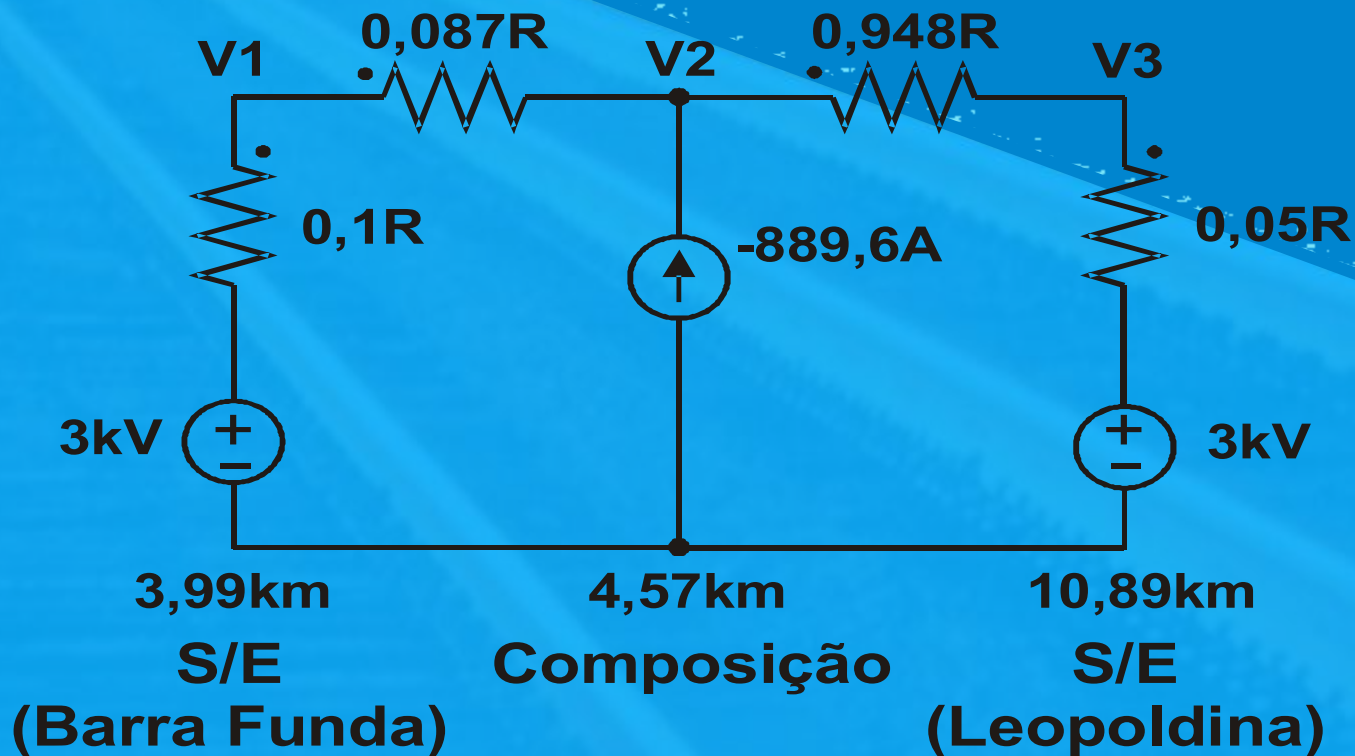
Admitâncias em $(1/\Omega)$



$$[Y] = \begin{bmatrix} 21,5 & -11,5 & 0 \\ -11,5 & 12,55 & -1,05 \\ 0 & -1,05 & 21,05 \end{bmatrix} \quad [V] = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{bmatrix} \quad [I] = \begin{bmatrix} 30kA \\ -889 \\ 60kA \end{bmatrix}$$

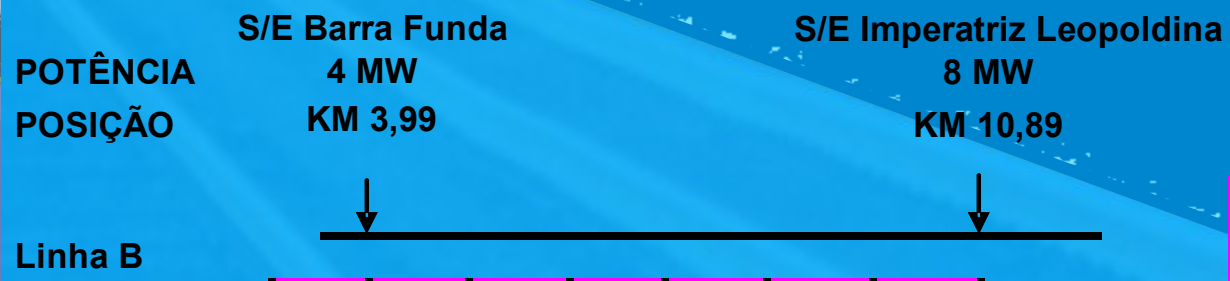
$$[V] = [Y]^{-1} \times [I]$$

$$V1 = 2925,02 \text{ V} \quad V2 = 2859,83 \text{ V} \quad V3 = 2993,01 \text{ V}$$



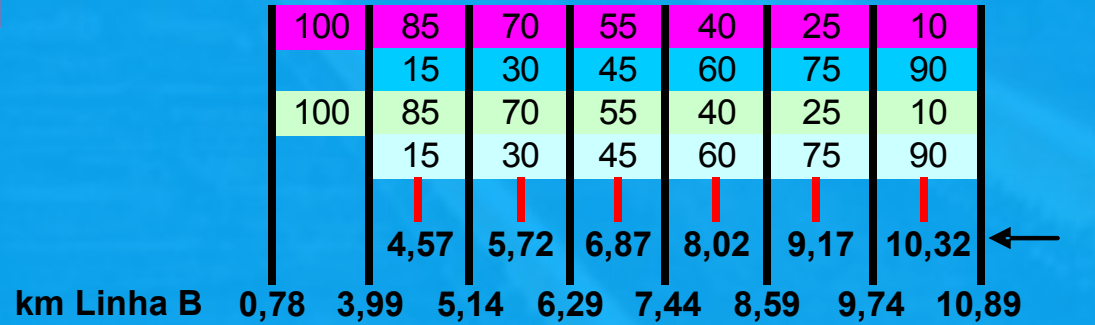
$$I_{BFU} = (2925,02 - 2859,83) / 0,087 = 749,31 \text{ A} \Rightarrow 0,842 \cong 85\%$$

$$I_{ILE} = (2993,01 - 2859,83) / 0,948 = 140,49 \text{ A} \Rightarrow 0,158 \cong 15\%$$



$I_{BFU} = 85\%$

$I_{ILE} = 15\%$



← Pontos centrais dos subdomínios

Legenda			
%	sentido Itapevi	DOMÍNIO DA S/E Barra Funda	KM 0,781 ao KM 10,89
%	sentido Julio Prestes	DOMÍNIO DA S/E Barra Funda	KM 10,89 ao KM 0,781
%	sentido Itapevi	DOMÍNIO DA S/E Imp Leopoldina	KM 3,99 ao KM 10,89
%	sentido Julio Prestes	DOMÍNIO DA S/E Imp Leopoldina	KM 10,89 ao KM 3,99



2007



13ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

Gráfico horário de Trens realizado Linha B

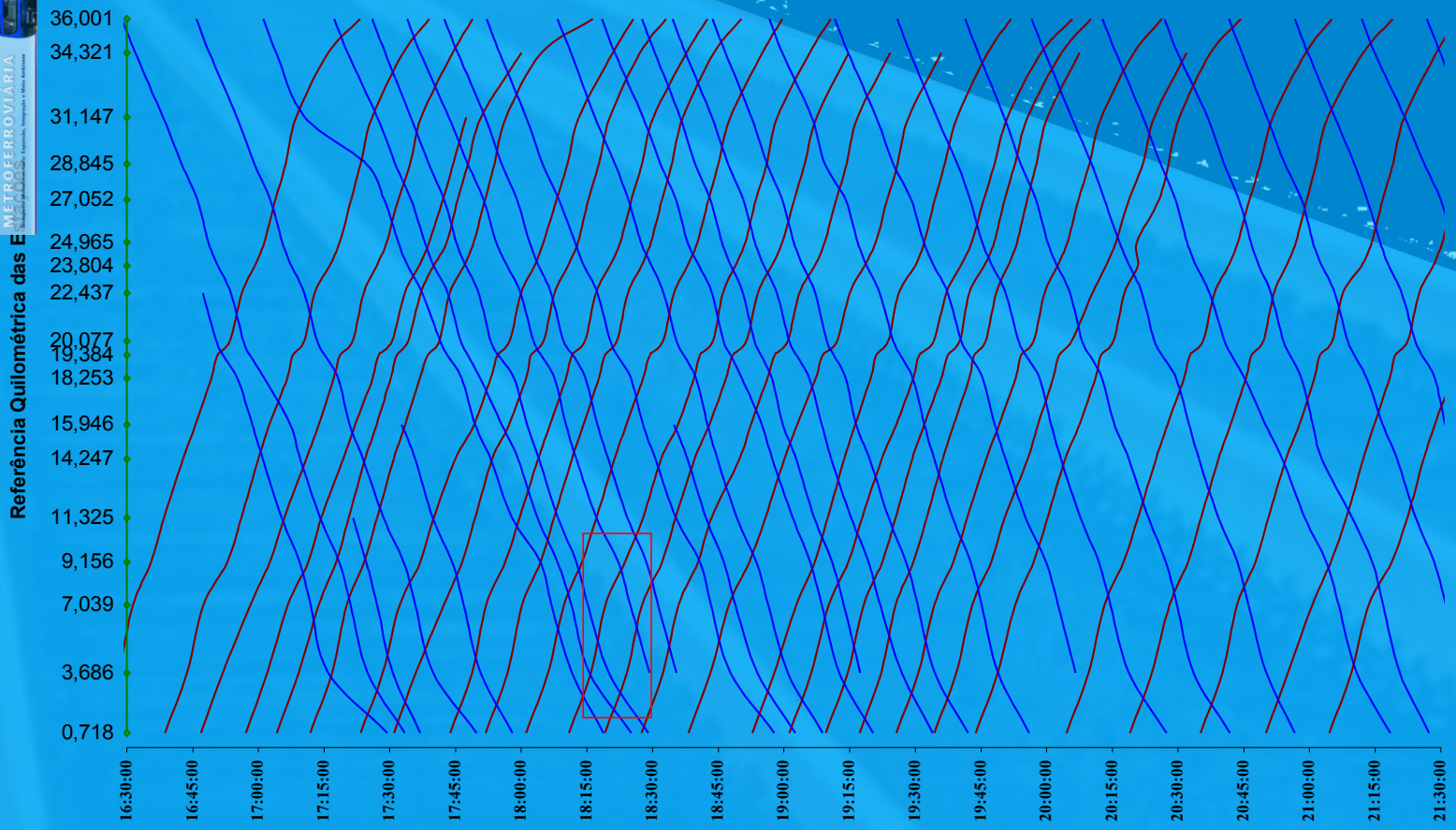
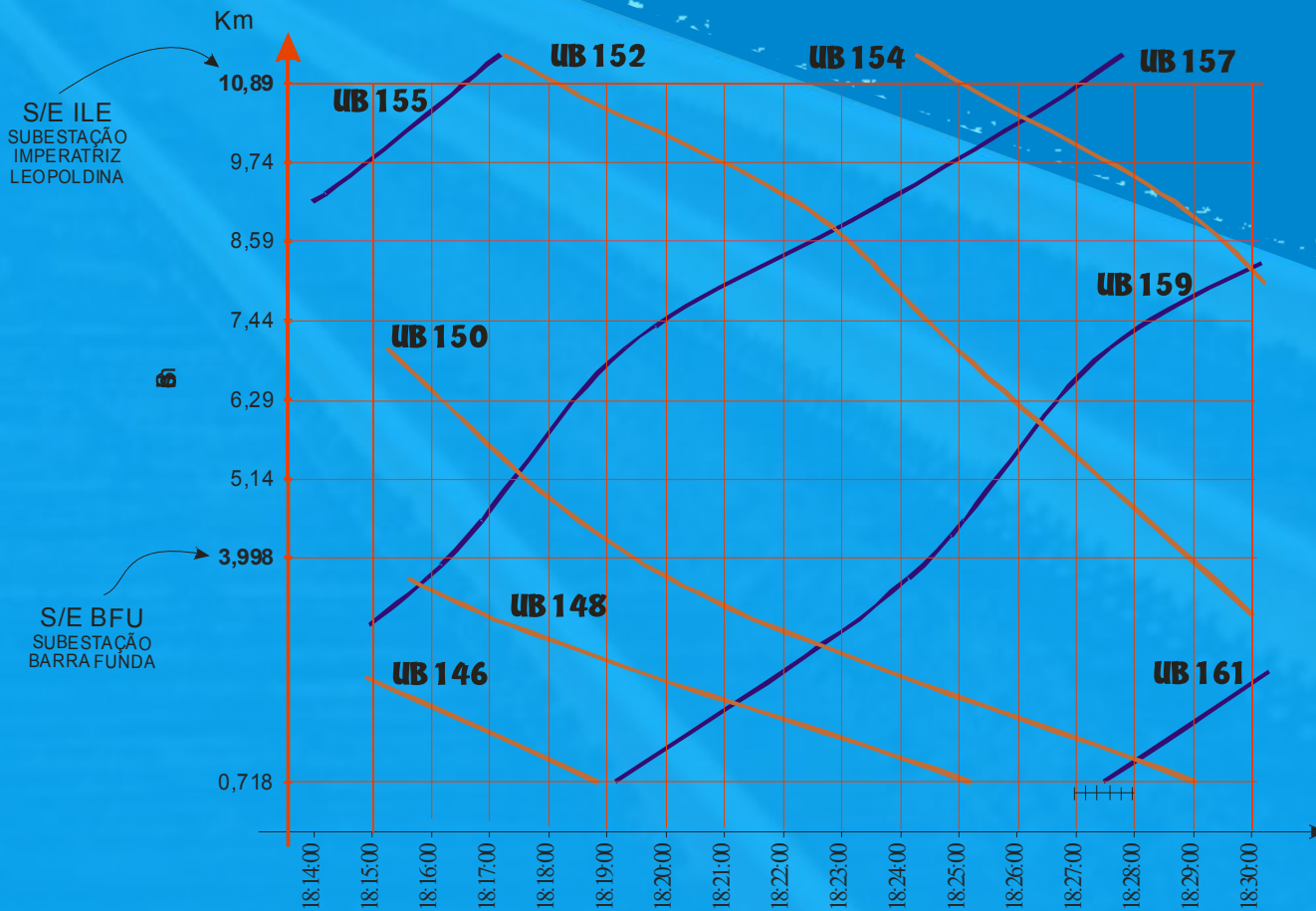


Gráfico horário de Trem realizado das 18h15 às 18h30



$$E_s = Pot_M \times t_s \times \%_s$$

Onde:

Pot_M é a potência média do trem no subdomínio,

t_s é o tempo de permanência do trem no subdomínio,

$\%_s$ é a porcentagem de energia do subdomínio.

$$D_{15} = \left(\sum_{nT=0}^{nT=n} E_{TOTALnT} \right) / 15$$

Onde:

nT é o número de trens presentes no domínio da subestação dentro do intervalo de 15 minutos analisado.

$E_{TOTALnT}$ é a energia elétrica fornecida pela subestação para um trem dentro do intervalo de 15 minutos analisado.

Sub-domínios	10,89 a 9,74		9,74 a 8,59		8,54 a 7,44		7,44 a 6,29		6,29 a 5,14		5,14 a 3,99		3,99 a 0,718		Energia por Trem (kWmin.)
Pot. Média (kW)	1622		1011		911		1274		1671		243		641		
Sub-domínio (%)	0,1		0,25		0,4		0,55		0,7		0,85		1		
Prefixos pares	tempo (min.)	Energia (kWmin.)	tempo (min.)	Energia (kWmin.)	tempo (min.)	Energia (kWmin.)	tempo (min.)	Energia (kWmin.)	tempo (min.)	Energia (kWmin.)	tempo (min.)	Energia (kWmin.)	tempo (min.)	Energia (kWmin.)	
UB 146		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	3,8	2435,8	2435,8
UB 148		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	10	6410,0	6410,0
UB 150		0,0		0,0		0,0	1,2	840,8	1,4	1637,6	1,9	392,4	9,5	6089,5	8960,4
UB 152	2,8	454,2	2,1	530,8	1,4	510,2	1,4	981,0	1,4	1637,6	1,4	289,2	1	641,0	5043,8
UB 154	2,5	405,5	1,4	353,9	0,4	145,8		0,0		0,0		0,0			905,1
Total de energia dos trens pares (kWmin.)															23755,1

Valor calculado da Demanda dia 26/02/2007 das 18:15h às 18:30h 2.590,1 (kW)

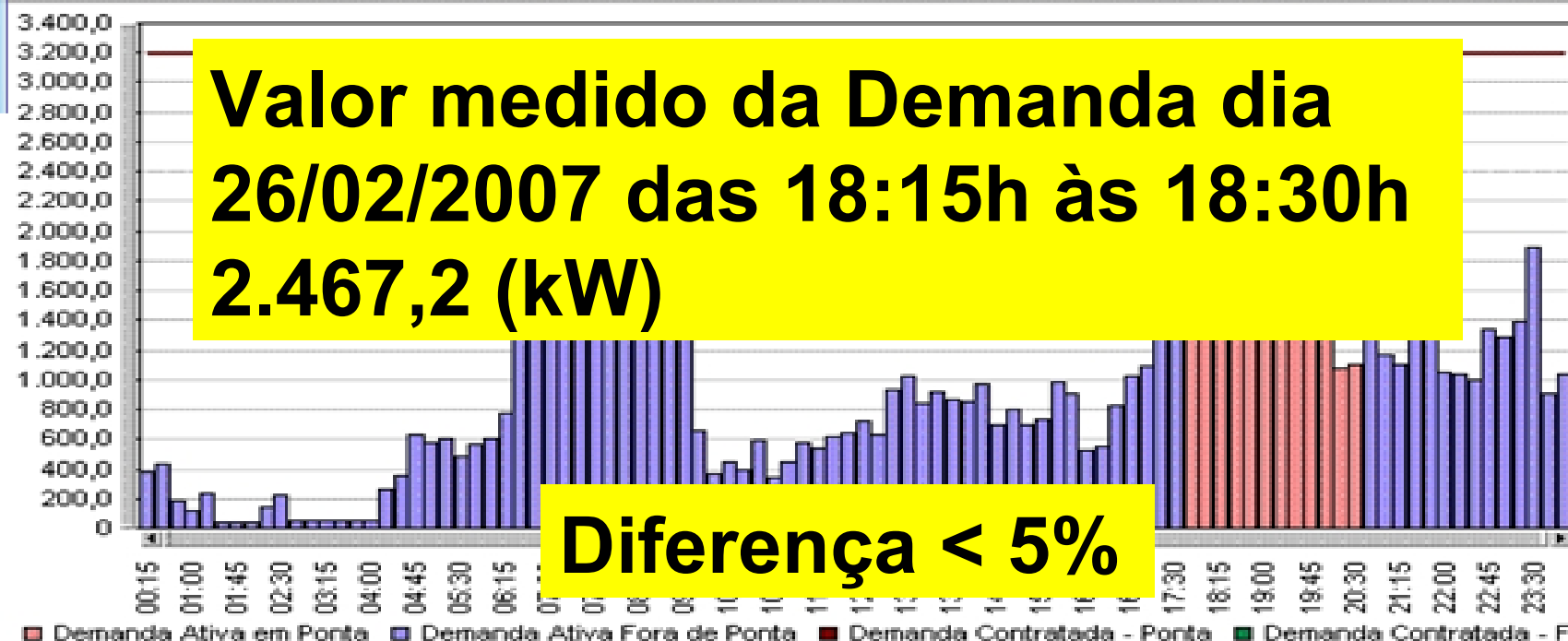
Sub-domínios	10,89 a 9,74		9,74 a 8,59		8,54 a 7,44		7,44 a 6,29		6,29 a 5,14		5,14 a 3,99		3,99 a 0,718		Energia por Trem (kWmin.)
Pot. Média (kW)	1622		1011		911		1274		1671		243		641		
Sub-domínio (%)	0,1		0,25		0,4		0,55		0,7		0,85		1		
Prefixos ímpares	tempo (min.)	Energia (kWmin.)	tempo (min.)	Energia (kWmin.)	tempo (min.)	Energia (kWmin.)	tempo (min.)	Energia (kWmin.)	tempo (min.)	Energia (kWmin.)	tempo (min.)	Energia (kWmin.)	tempo (min.)	Energia (kWmin.)	
UB 155		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0
UB 157	1,4	775,9	1,1	2554,4	1	567,0	1,6	726,9	2,4	800,6	2,6	321,1	2	352,4	6098,4
UB 159	5,3	2937,4	1,1	2554,4	1	567,0	1,6	726,9	1,8	600,5		0,0		0,0	7386,2
UB 161	2,4	1330,2		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	1330,2
UB 163		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0
Total de energia dos trens ímpares (kWmin.)															15096,6

Demanda dia 26/02/2007 das 18:15h às 18:30h (kW) 2590,1

Cliente: ETC CPTM - BARRA FUNDA
Ponto de Medição: 015312T_L2_P
Número de Série: 9148612
Última Alteração: 03/05/2007

26/02/2007 00:15 a 27/02/2007 00:00

Pesquisar Período



CONCLUSÃO:

ATRAVÉS DA METODOLOGIA APRESENTADA É POSSÍVEL:

- **ESTIMAR A DEMANDA ELÉTRICA DE QUALQUER SUBESTAÇÃO DE TRAÇÃO DE UM SISTEMA METROFERROVIÁRIO;**
- **ANTECIPAR SITUAÇÕES DE ULTRAPASSAGEM DE DEMANDA ELÉTRICA (ATRAVÉS DE SIMULAÇÕES NO GRÁFICO HORÁRIO).**



ÓPICOS PARA DESENVOLVIMENTO FUTURO

- SISTEMA COMPUTACIONAL
- SUBDOMÍNIOS MENORES
- AJUSTE OPERACIONAL



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Toledo, E. D. et alii, (1987). Tração elétrica. 1.ed. São Paulo: Nobel
- Courtois, C. et alii, (1998). Traction électrique ferroviaire. 1. ed. Paris: Techniques de l'ingénieur
- Pires, C.L.(2006). Simulação do sistema de tração elétrica metro-ferroviária, Dissertação (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Kargan, Nelson et alii (2005). Introdução aos Sistemas de Energia Elétrica. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher
- Nabeta, Silvio, (2005), Apostila do Módulo MF 007 – Simulação de Marcha e Sistema Elétrico de Alimentação – curso de especialização em Tecnologia Metro-Ferroviária, PECE-POLI-USP; São Paulo.
- AL1759-2 – MARCO ZERO – Procedimento de Operação emitido pela CPTM para padronização dos marcos quilométricos.
- Catálogo do transdutor de corrente LT 2000 – fabricante LEM
- Catálogo do registrador de eventos modelo DL750 – fabricante YOKOGAWA
- INTERNET
 - ELETROPAULO www.eletropaulo.com.br
 - CPTM www.cptm.sp.gov.br
 - ANEEL www.aneel.gov.br

TÍTULO

GERENCIAMENTO TÉCNICO-OPERACIONAL PARA MINIMIZAR O AUMENTO DE DEMANDA NO SISTEMA DE SUPRIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA DE TRAÇÃO

AUTORES

EDSON BARBEIRO ARTIBANI
LUIZ ROGÉRIO PRENDES
OTÁVIO FERREIRA DE ALMEIDA