

Características do Sistema de Energia Elétrica da Trensurb:

Tração e Auxiliares

Marcelo Bosenbecker

22ª Semana de Tecnologia Metroferroviária



Breve histórico:

1983~85: Construção e inauguração do trecho Porto Alegre -> Sapucaia (27 km), 15 estações, 3 subestações (FR, FT e SL)

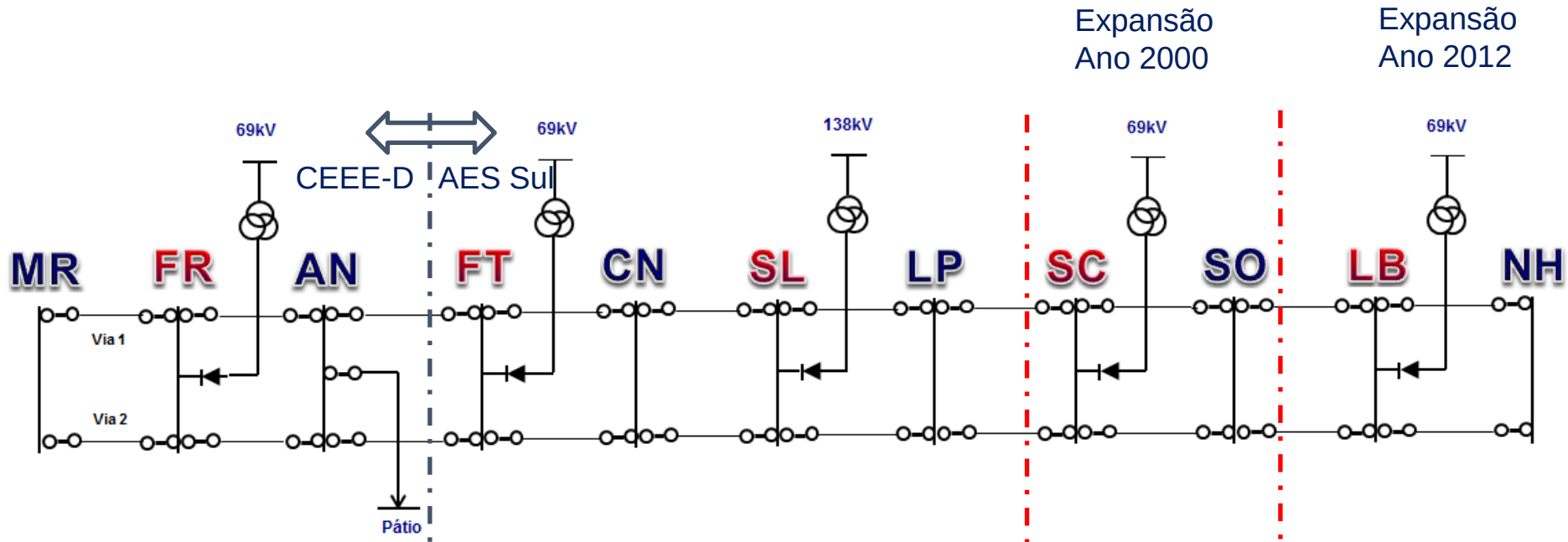
03/1985: Início de operação: 25 trens série 100, sistema de tração reostático com motor CC

1999/2000: Expansão do trecho Sapucaia -> São Leopoldo (34 km), acréscimo de 2 estações, 1 subestação (SC)

2011/2012: Expansão do trecho São Leopoldo -> Novo Hamburgo (43,5 km), acréscimo de 5 estações, 1 subestação (LB)

2014/15: Acréscimo de 15 trens da Série 200, sistema de tração com motor CA, inversor e regenerativo

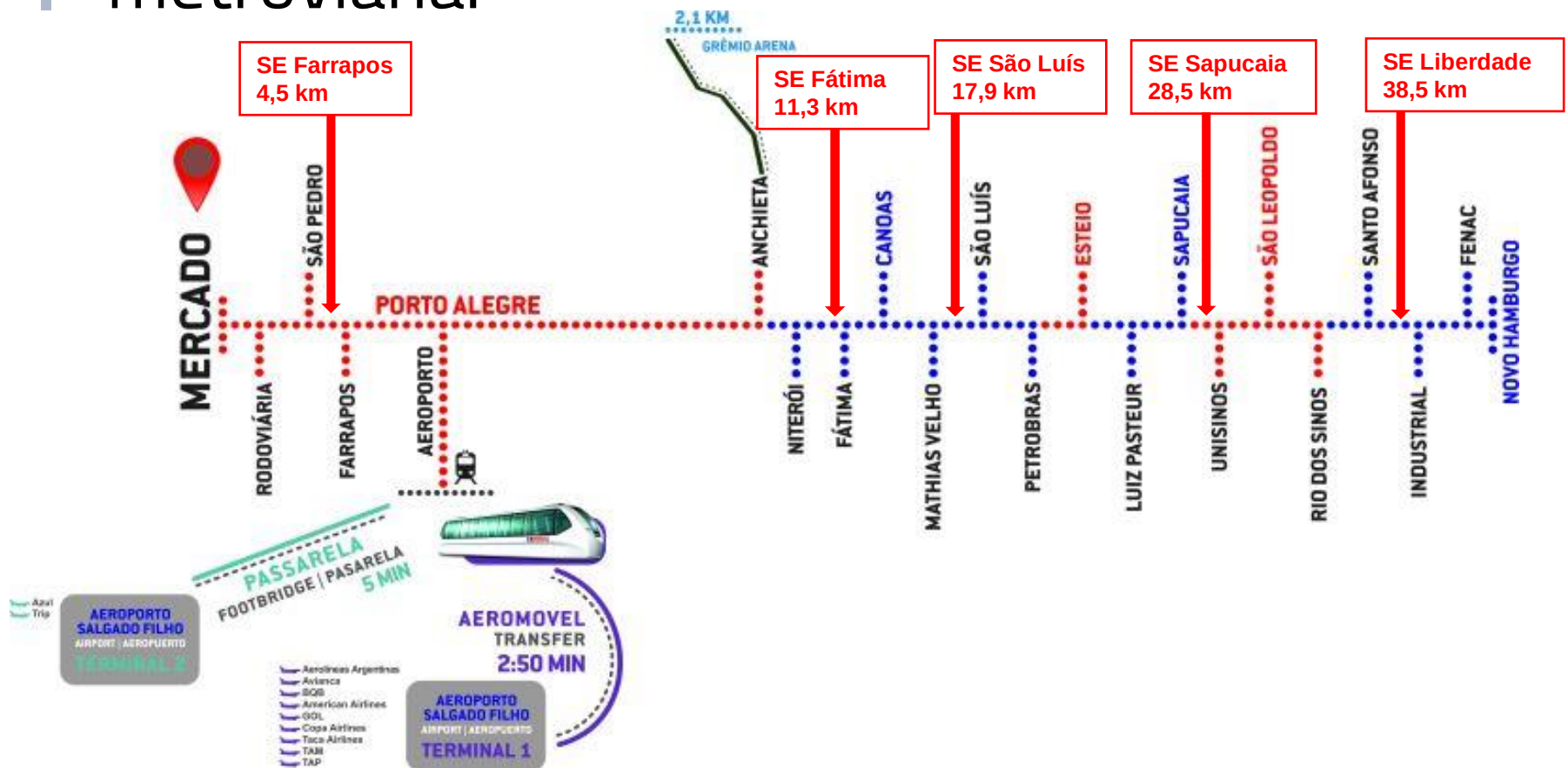
Configuração simplificada do sistema de energia elétrica de tração:



Subestações: Quantidade e localização física

- Número de subestações de tração em operação: 05
- Localização quilométrica em relação à estação MR:
 - Farrapos: 4,5 km (1985)
 - Fátima: 11,3 km (1985)
 - São Luiz: 17,9 km (1985)
 - Sapucaia: 28,5 km (2000)
 - Liberdade: 38,5 km (2012)

Posição relativa das subestações à via metroviária:



Principais características elétricas

- Potência instalada:
 - 3 grupos transformador/retificador de 3,3 MVA cada
 - Potência por subestação: 9,9 MVA
 - Potência total de tração: 49,5 MVA
- Tensões de entrada em AT:
 - 69 kV (nas subestações Farrapos, Fátima, Sapucaia e Liberdade)
 - 138 kV (na subestação São Luis)
- Tensão nominal para tração elétrica:
 - $3.360 V_{DC}$, pulsada em 12 fases (dodecafásica)

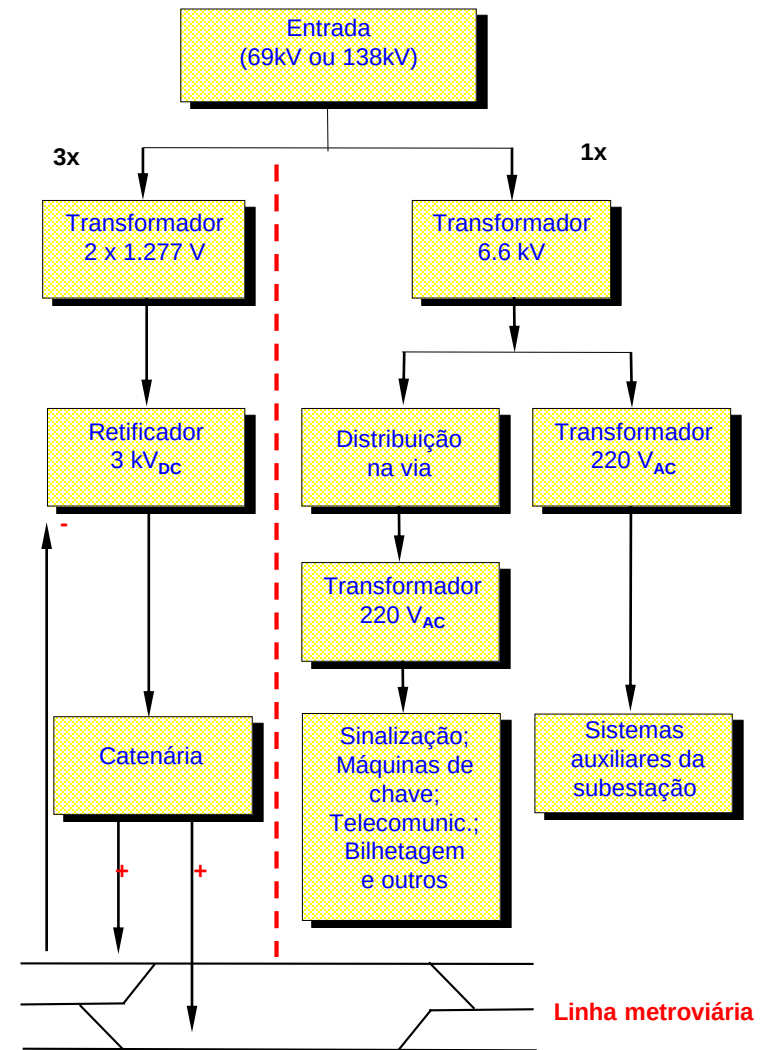
Principais características elétricas

- Transformadores rebaixadores:
Primário: 3ϕ em Δ 69/138 kV
Secundário: 2 enrolamentos $\Delta + Y$ (1.277 V + 1.277 V)
138.000 V $\rightarrow$ 1.277 V (108:1)
69.000 V $\rightarrow$ 1.277 V (54:1)
Potência: 1.650 kVA + 1.650 kVA = 3.300 kVA
- Retificadores:
2 conjuntos (um para cada enrolamento secundário)
Total de diodos: 48 (24 + 24)
Configuração N_{p+1} (3 + 1)
Potência: 3.000 kW

Dados operacionais

- Esquema de operação do sistema de energia de tração
 - Subestações desassistidas
 - Operação em condição normal (Telecontrole pelo CCO)
 - Operação em caso de falha do equipamento (Operação local com deslocamento de equipe técnica até a subestação)
- Esquema de operação dos grupos Transformador/retificador em cada subestação
 - 2 (ativo) + 1 (stand-by)

Diagrama de blocos do sistema de energia da subestação de tração



Vista geral da subestação São Luis (início de operação: 1985)



Vista geral da subestação Liberdade (início de operação: 2012)



SE SL: Vista do transformador de tração de 138 kV (OTE)



SE LB: Vista do transformador de tração de 69 kV (ABB)



SE SL: Vista do retificador (Secheron)



SE LB: Vista do retificador (Secheron)



Cabines de seccionamento e paralelismo

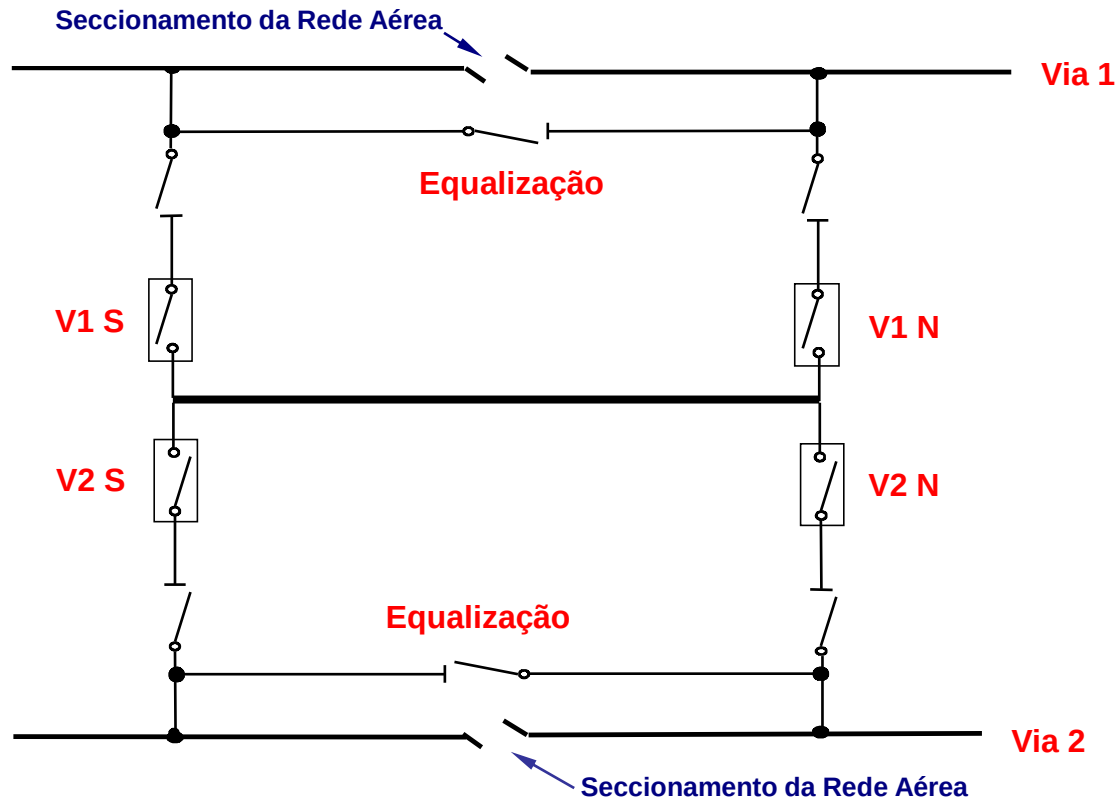
Funções

- Paralelismo das catenárias
 - Redução da resistência equivalente do fio de contato
 - Melhor distribuição da circulação de corrente de tração
- Seccionamento da rede aérea
 - Redução dos trechos desenergizados para atuação das equipes de manutenção

Cabines de seccionamento e paralelismo: Quantidade e localização física

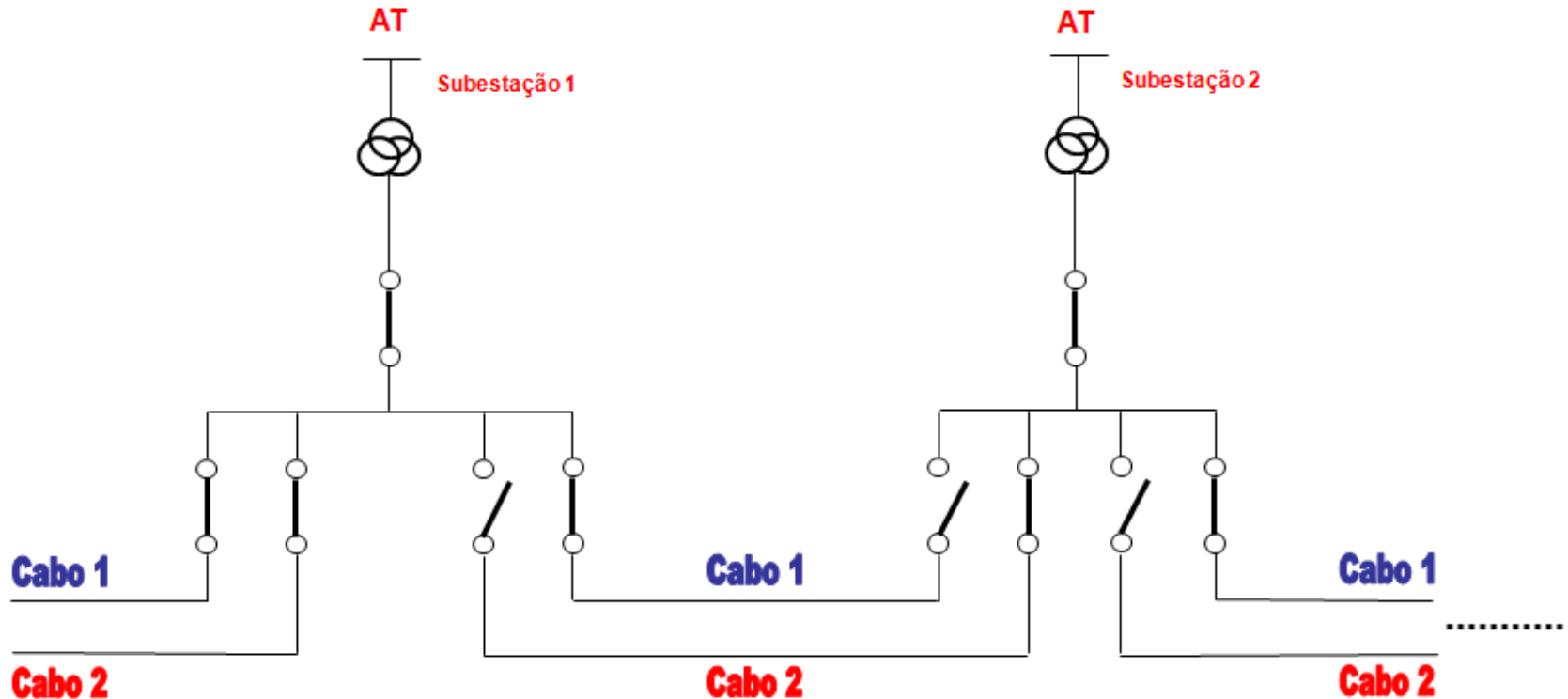
- **Cabines de paralelismo: 02** (extremidades)
 - Mercado: 0,10 km (1985)
 - Novo Hamburgo: 43,50 km (2012)
- **Cabines de seccionamento e paralelismo: 04** (entre duas subestações de tração)
 - Anchieta: 7,90 km (1985)
 - Canoas: 14,65 km (1985)
 - Luiz Pasteur: 24,30 km (2000)
 - São Leopoldo: 34,00 km (2000, readequada 2012)

Diagrama interno da cabine de seccionamento e paralelismo



Sistema auxiliar de abastecimento de energia elétrica em 6.6kV

- Configuração simplificada do sistema de 6.6 kV

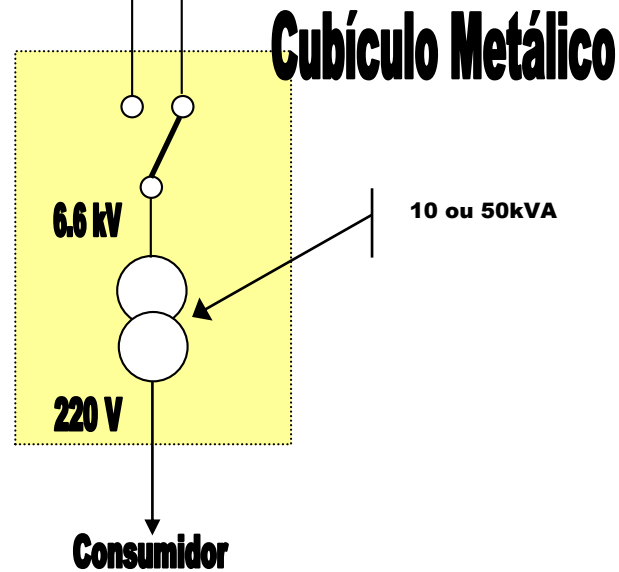


Sistema auxiliar de abastecimento de energia elétrica em 6.6kV

- Alimentação típica do cubículo de via

Cabo 1

Cabo 2



Grandes desafios

- **Técnicos**

1. Modernização, reforma, substituição dos equipamentos das subestações de tração.
2. Adequação das rotinas de manutenção frente à terceirização completa das manutenções preventivas e corretivas.

- **Administrativos**

1. Dimensionamento das equipes de manutenção (empregados próprios x empregados contratados).
2. Orçamento (volume de investimento disponível x volume de investimento necessário).

Condições do fornecimento: Enquadramento tarifário

- Tarifa Horosazonal Azul (*)

A tarifa azul: compulsória para fornecimento em tensão igual ou superior a 69 kV.

- Dividida por tensão de fornecimento:

Grupo A3: tensão de 69kV;

Grupo A2: tensões de 88 a 138kV.

- Subdividida em 2 horários

Horário de Ponta: das 18:00 às 21:00 (tarifa mais cara)

Horário Fora de Ponta: restante do horário

Enquadramento tarifário

- Tipo de Consumidor

- Cativo:

- Compra energia da concessionária de distribuição às quais estão ligados.
 - Paga apenas uma fatura de energia por mês, incluindo o serviço de geração, distribuição, transmissão da energia.
 - Tarifas reguladas pelo Governo.

- Reajuste Tarifário Anual

- Revisão Tarifária Periódica

- Revisão Extraordinária

Cronologia contratual / Situação do fornecimento: histórica x atual

Anterior a 1998: tarifa para energia de tração subsidiada, retirada gradativa do subsídio, privatização do setor elétrico

1998~2014: demanda coincidente mantida em razão de contrato entre as partes

2000: entra em vigor a Resolução Normativa 456/2000 – “Estabelece, de forma atualizada e consolidada, as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica.”

2010: entra em vigor a Resolução Normativa 414/2010 – “Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada”

Art. 20:...

II – somente podem operar de forma interligada as unidades consumidoras que possuam mesma natureza e **contratação individualizada**, assim como sejam **instalados medidores nos pontos de entrega e interligações que permitam o faturamento correspondente à contratação de cada unidade consumidora**

Cronologia contratual / Situação do fornecimento: histórica x atual

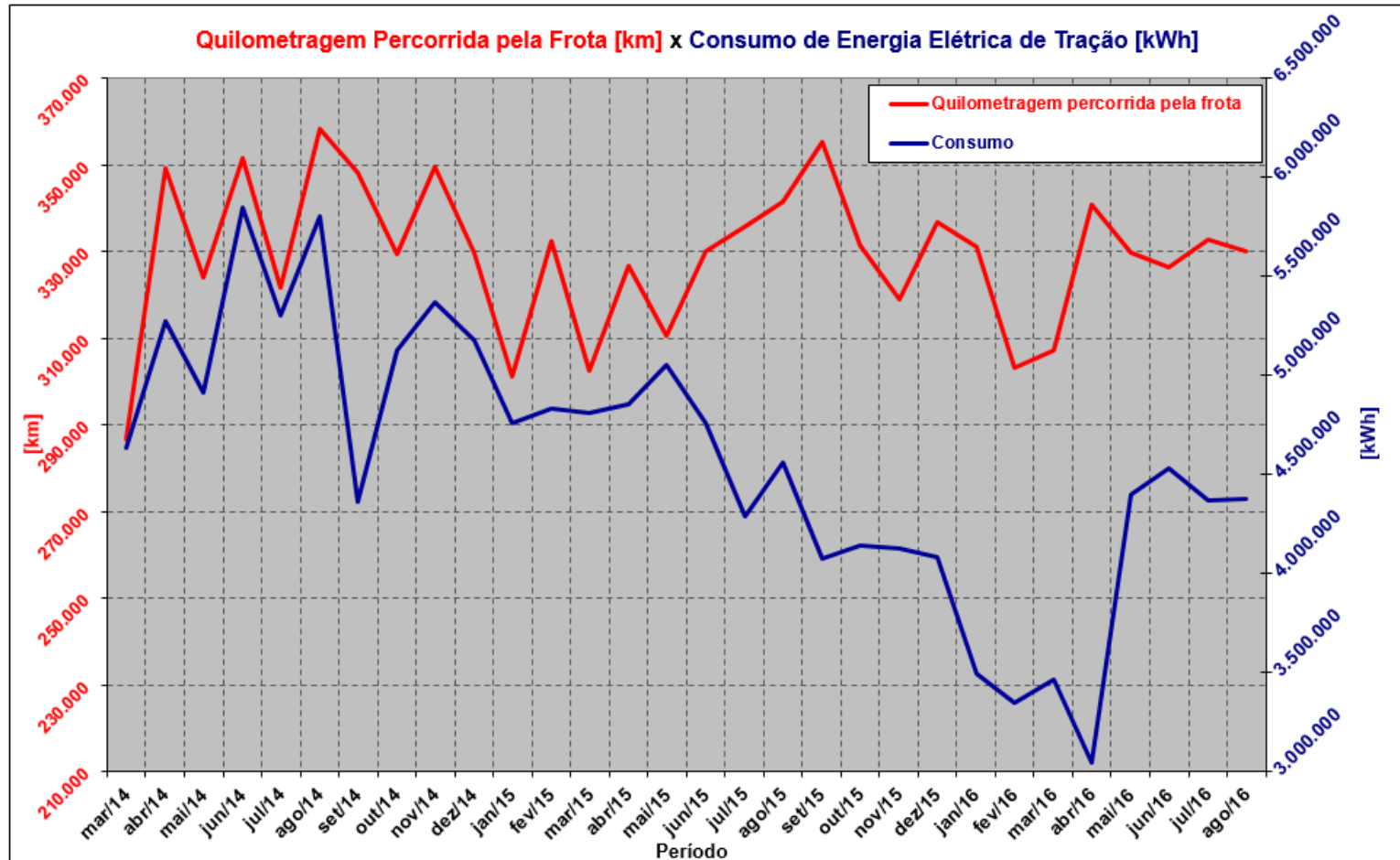
2012/2013: distribuidoras pressionam o consumidor para a substituição contratual, adequado à REN 414/2010, consumidor notificado que o contrato será extinguido

Abril/2014: substituição dos contratos: não vale mais a regra da Demanda Integralizada

2015/2016: constituição de um grupo interno para estudar a viabilidade e as etapas a serem cumpridas para migração do mercado cativo para o mercado livre

Curva característica

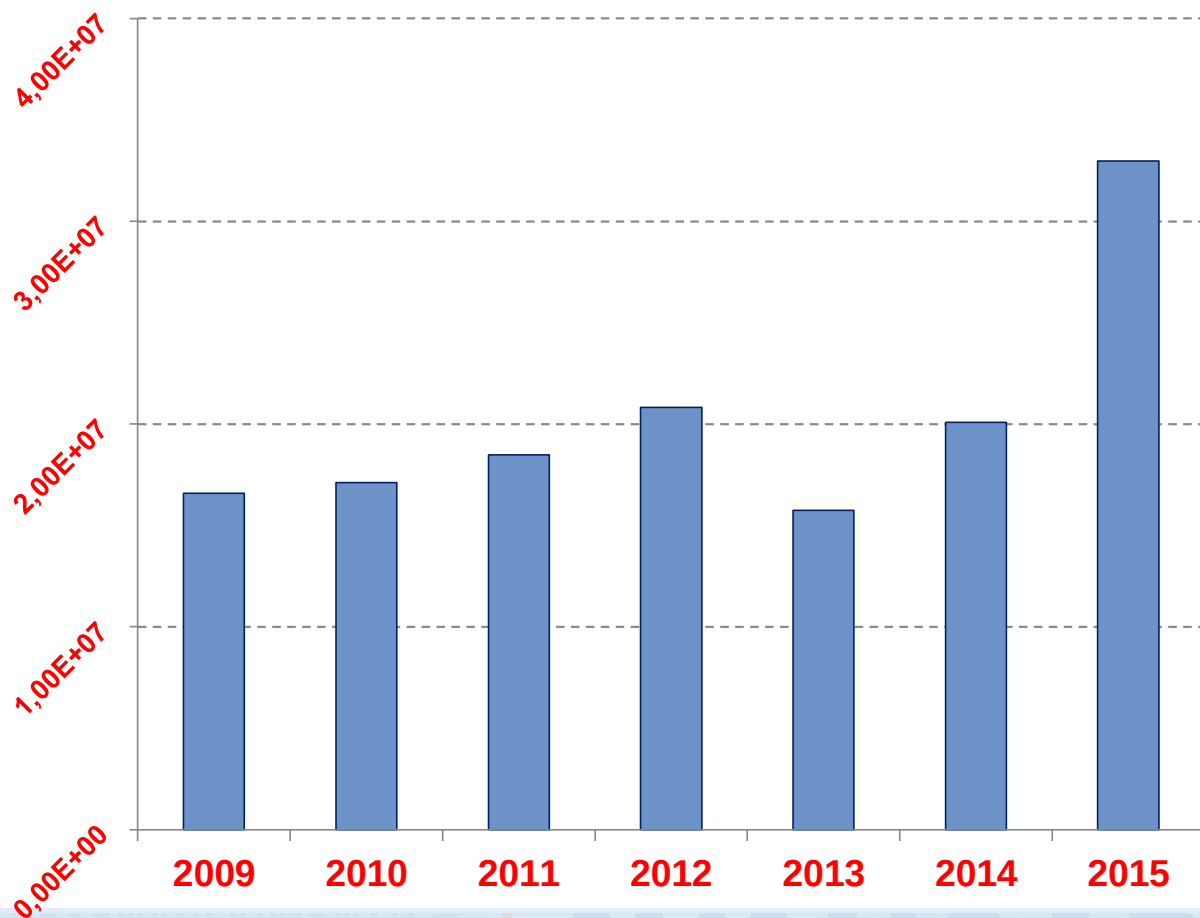
Consumo x Quilometragem da frota



Custos: últimos 7 anos

Custos

Ano	Custo anual
2009	R\$ 16.576.309,16
2010	R\$ 17.115.132,11
2011	R\$ 18.476.994,45
2012	R\$ 20.833.066,56
2013	R\$ 15.750.491,85
2014	R\$ 20.075.510,31
2015	R\$ 32.976.461,01



Perspectivas: Uma rápida reflexão

TUE's Série 100 x 200: necessidade de melhor conhecimento técnico

TUE's Série 100: modernização do sistema de tração? Reostático x Chopper x Inverter

TUE's Série 200: acompanhamento constante, melhorando sua performance x necessidade, melhorar a eficiência do sistema regenerativo

Grade horária: modernizar o sistema sinalização com implantação de ATO, para melhorar o aproveitamento do sistema regenerativo?

Demanda integralizada: retorno da sistemática via pleitos junto aos órgãos federais

Tarifa subsidiada: encaminhamento do pleito junto a agência reguladora e órgãos federais

Consumidor Cativo x Consumidor Livre: o momento adequado? Decisão estratégica? Custo da energia elétrica no momento da migração?

Energias renováveis: Fotovoltáica x Eólico x outras?

CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE ENERGIA ELÉTRICA DE TRACÇÃO DA TRENSURB

Marcelo Bosenbecker

marcelo.bosenbecker@trensurb.gov.br

Colaboração:

Ricardo Souza Hessel

rhessel@trensurb.gov.br

22ª Semana de Tecnologia Metroferroviária

