



**METRÔ**  
DE SÃO PAULO

**10ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROVIÁRIA**  
**21 a 24 de setembro de 2004**



# **AUTOMAÇÃO DE SUBESTAÇÕES: PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA SUPERVISÓRIO DE CARGA EM SUBESTAÇÕES RETIFICADORAS DE SISTEMAS DE TRANSPORTE COM TRACÇÃO ELÉTRICA**

**Prof. Dr. José Antonio Jardini – EPUSP/PEA**

**Victor M. A. S. Vasconcelos – GMT/MTC**

# OBJETIVOS



- apresentar uma proposta de alternativa para o problema de restrição operacional imposta a sistemas de transporte de massa metro-ferroviários com uso de tração elétrica quando de contingências em Subestações Retificadoras (SERs).

# OBJETIVOS



- obter um melhor aproveitamento da capacidade de carga instalada nas SERs,
- eliminar restrições operacionais desnecessárias para os trens (que implicam na redução de oferta, comprometendo a capacidade de transporte),
- automatizar o processo de imposição e retirada das restrições operacionais, quando estritamente necessárias (sem necessidade de intervenção do Operador do CCO),
- reduzir os custos de manutenção (devido à possibilidade de retirada de serviço de SERs durante a Operação Comercial sem riscos de degradação do Sistema),
- possibilitar a revisão dos critérios atualmente adotados no dimensionamento de SERs em sistemas de tração elétrica.

# DESCRIÇÃO

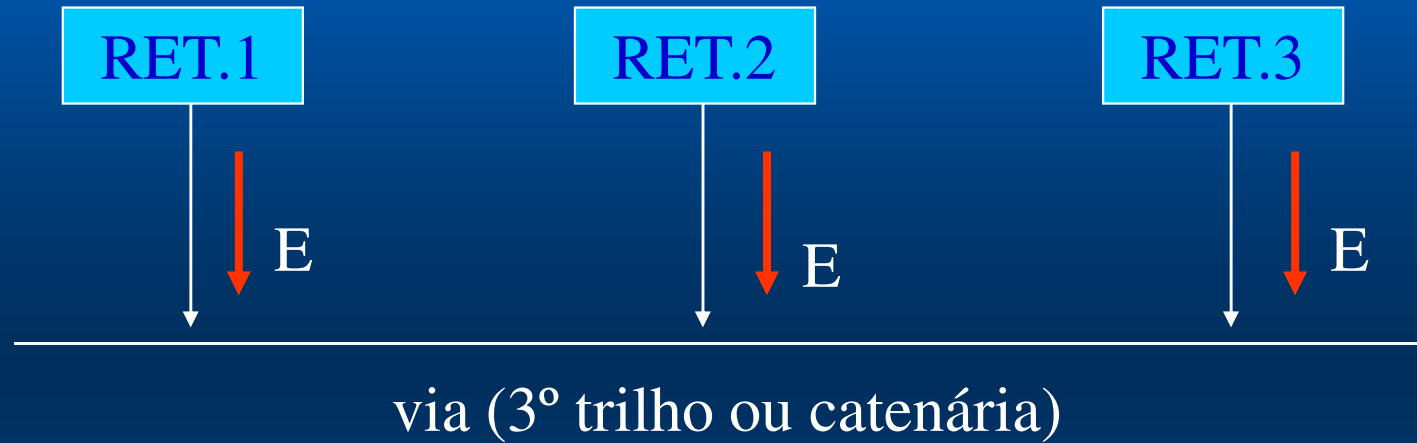


- **problema** - restrição operacional imposta a sistemas de transporte de massa metro-ferroviários com uso de tração elétrica quando de contingências em Subestações Retificadoras (SERs),

# DESCRIÇÃO



- problema:



# DESCRIÇÃO

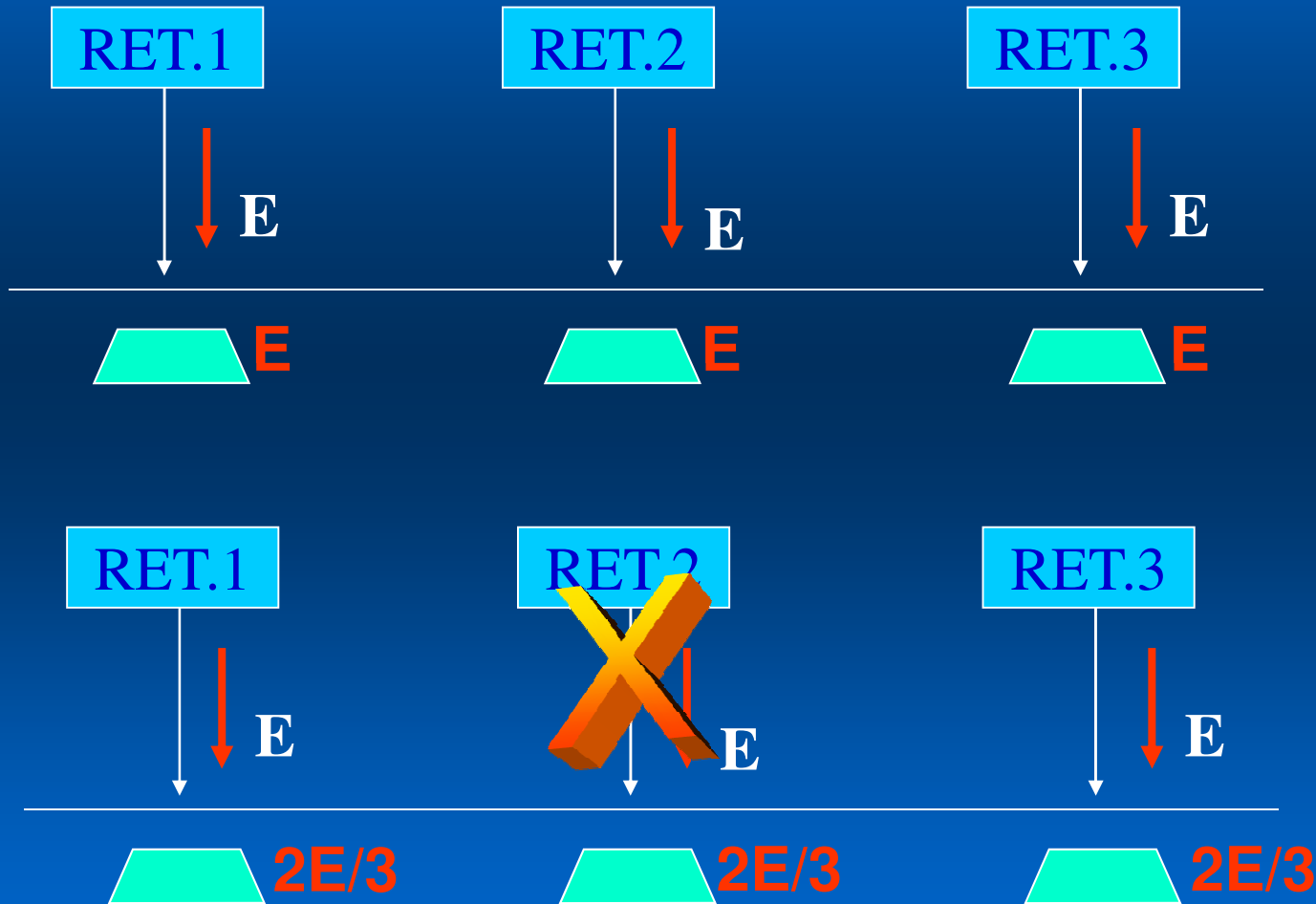


- **estratégia operacional atual** - imposição, pelos operadores do sistema, de restrições de desempenho aos trens no trecho envolvido, em função de estudos preliminares com base em:
  - condições de projeto e operação do sistema, tais como capacidade e localização das SERs, nível de tensão no trilho de retorno, número máximo de trens em operação e seu carregamento teórico,

# DESCRIÇÃO



- estratégia operacional atual :



# DESCRIÇÃO



- **conseqüência** - essa estratégia é extremamente conservativa:
  - não leva em conta a condição real de operação no trecho afetado (quantidade de trens presentes na linha e seu carregamento real),
  - considera basicamente a condição mais crítica de carga, com a finalidade de preservar a integridade dos diodos das SERs, evitando, assim, a solicitação acima da sua capacidade.



# DESCRIÇÃO



- resultados mais significativos decorrentes da aplicação do sistema proposto:
  - Monitoramento da condição real de carga / temperatura dos diodos;
  - Melhor aproveitamento da capacidade de carga instalada nas SERs;
  - Eliminação de restrições operacionais desnecessárias para os trens, que acabam levando a redução de oferta;
  - Imposição e retirada automática das restrições operacionais, sem necessidade de intervenção do Operador do Centro de Controle;

# DESCRIÇÃO



- resultados mais significativos decorrentes da aplicação do sistema proposto:
  - Redução de custos de manutenção devido à possibilidade de retirada de serviço de SERs durante a Operação Comercial, sem restrições operacionais;
  - Aumento da capacidade de solicitação de carga sobre os grupos retificadores, para atender acréscimos de oferta de trens superiores ao dimensionamento preliminar em projeto;
  - Possibilidade de rever os critérios atualmente adotados no dimensionamento de SERs em sistemas de tração elétrica para os novos projetos.

# DESCRIÇÃO



- o trabalho proposto irá partir da análise dos registros típicos de solicitação de partidas de trens sobre os grupos retificadores para o caso particular do Metropolitano de São Paulo, sobre o qual será desenvolvido o Sistema de Automação proposto para as SERs, sendo aplicável a outros sistemas de transporte que se utilizem de tração elétrica.

# ESCOPO DO TRABALHO



- os sistemas supervisórios existentes nas SERs fazem a aquisição dos dados relativos a valores de corrente e tensão no grupo retificador e disjuntores alimentadores do terceiro trilho, estado operacional e indicações de alarmes dos seus equipamentos além de informações provenientes dos relés de proteção, enviando-os para o CCO,
- no entanto, não dispõem de recursos que representem as condições reais do estado de solicitação térmica do grupo retificador, para que os controladores do sistema no CCO possam tomar as decisões mais adequadas quando de degradações no sistema de tração.

# ESCOPO DO TRABALHO



- a proposta deste trabalho consiste em se agregar ao sistema existente, um sistema supervisorio inteligente de carga do grupo retificador (SISCARGA) que irá:
  - avaliar o estado real de solicitação térmica dos diodos, através de uma estimativa do percentual de carga a que os diodos estão submetidos, utilizando-se de um sistema dedicado de supervisão das solicitações de corrente sobre o grupo Retificador,
  - atuar automaticamente sobre o sistema de ATO dos trens, liberando o Operador dessa atribuição,
  - disponibilizar essa estimativa de carga ao operador do CCO, possibilitando um melhor aproveitamento da capacidade dos grupos retificadores, sem comprometer a confiabilidade do sistema,
  - dispor de saída para comunicação com um micro para uso da manutenção no local e através de modem (ou interface para a rede corporativa) para os escritórios da área de Engenharia de Manutenção do Metrô-SP.

# ESCOPO DO TRABALHO



- para a realização dos estudos iniciais, deverá ser escolhida uma das Linhas Metroviárias que já disponha de um sistema supervisorio de tração (como a Extensão Oeste da Linha 2-Verde ou Extensão Norte da Linha 1), de modo a viabilizar a sua implantação inicial, porém a solução proposta poderá ser aplicada a qualquer uma das Linhas Metroviárias em operação, ou que venham a ser implantadas,
- para tanto deverá ser feita a adequação aos equipamentos empregados em cada uma das Linha consideradas, bastando para isso especificar as interfaces de aquisição de dados e as saídas de comunicação, compatibilizando a proposta apresentada, com as tecnologias e recursos disponíveis em cada Linha.

# CONTEÚDO DO TRABALHO PROPOSTO



- O trabalho proposto, que será objeto de dissertação de mestrado a ser apresentada no próximo trimestre na Escola Politécnica da USP, estará organizado em 7 capítulos e 2 anexos:
- primeiro Capítulo - Preâmbulo:
  - avaliação do Estado da Arte dos sistemas de tração elétrica Metro-Ferroviária e suas classificações,
  - descrição do sistema do Metrô-SP em particular,
  - apresentação do escopo e seqüência de organização do trabalho.
- capítulo 2 - Descrição do Sistema de Alimentação Elétrica do Metrô-SP:
  - apresentação do Sistema de Alimentação Elétrica do Metrô-SP, desde as entradas de alimentação da concessionária até os consumidores finais, com os três tipos de S/Es: Primária Auxiliar e Retificadora.

# CONTEÚDO DO TRABALHO PROPOSTO



- capítulo 3 - Caracterização das SERs do Metrô-SP:
  - caracterização das SERs do Metrô-SP e do grupo retificador
  - proposta de trabalho
  - características de solicitação típica de carga de um trem, com a projeção da carga sobre o grupo retificador.
  - análise do Sistema Digital de Controle de Tração utilizado para supervisionar localmente a SER.
- capítulo 4 - Descrição do Sistema Supervisório das S/Es:
  - descrição do Sistema Supervisório e de Controle e Aquisição de Dados das S/Es para o CCO, envolvendo os conceitos de Operação Centralizada e Níveis Hierárquicos de comando.
- capítulo 5 -, Descrição do Sistema Proposto:
  - apresentação do sistema proposto de Supervisão de Carga de Grupos Retificadores das SERs (SISCARGA),
  - análise do processamento das informações de medição,
  - descrição das interligações do SISCARGA,
  - detalhamento do seu funcionamento.



# CONTEÚDO DO TRABALHO PROPOSTO



- capítulo 6 - Conclusões Finais:
  - conclusão do trabalho,
  - avaliação crítica, inclusive, com propostas para continuidade dos estudos sobre o assunto.
- capítulo 7:
  - Referências Bibliográficas utilizadas.
- anexos I e II complementarão informações sobre o trabalho:
  - Estudo da Temperatura Virtual de Diodos Retificadores,
  - Protocolos de Comunicação Utilizados nos sistemas envolvidos.

# CONCLUSÕES FINAIS



- considerando:
  - a tendência e a necessidade de se adotar tecnologia de processamento digital em S/Es,
  - a necessidade de se aumentar a oferta de trens da Linhas Metroviárias, sem implicações em acréscimo de capacidade de SERs,
  - a disponibilidade de potência reserva dos grupos retificadores (exigências das normas aplicadas, na época do seu dimensionamento, quando a tecnologia de monitoração não permitia uma avaliação segura da situação de carga dos grupos retificadores),

# CONCLUSÕES FINAIS



- considerando:
  - as necessidades de redução de custos das equipes de manutenção, aliada a uma melhor condição de trabalho, reduzindo-se a sua atuação em horários noturnos,
  - a facilidade de imposição e retirada automática das restrições operacionais, sem necessidade de intervenção do Operador do Centro de Controle,
  - a existência de tecnologia adequada ao desenvolvimento de um sistema inteligente de medição e supervisão de carga dos grupos retificadores,

# CONCLUSÕES FINAIS



- pretende-se demonstrar que:
  - a proposta, viável técnica e economicamente, deve ter seus estudos e projeto do sistema proposto complementados para possibilitar uma avaliação do desempenho e funcionalidade do novo sistema e da possibilidade de sua posterior implantação em todas as linhas metroviárias,
- a necessidade de aumento da oferta de capacidade de transporte do METRÔ-SP e de remodelação de algumas das linhas de Trens da CPTM, passando a ter características de METRÔ, poderá levar à necessidade de aumento da potência disponível das SERs existentes para atender essa condição: a aplicação desta proposta pode permitir o atendimento da nova situação sem necessidade de um acréscimo imediato da quantidade/capacidade das SERs.

# CONCLUSÕES FINAIS



- o sistema proposto não leva em consideração a questão da tensão de retorno nos trilhos de rolamento (negativo da SER), para o que existem sistemas de proteção com essa finalidade: a implementação desse tipo de análise poderá vir a ser objeto de um estudo mais aprofundado no futuro.

# CONCLUSÕES FINAIS



- o sistema busca dar uma contribuição da engenharia para a viabilização da ampliação da rede metro-ferroviária e de sua capacidade de transporte, racionalizando os recursos utilizados na alimentação elétrica dos trens,
- com as devidas adequações, o sistema pode ser aplicado em outros sistemas de transporte utilizando tração elétrica (tróleibus, VLTs, aerotrens, etc).

# AUTORES



- **PROF. DR. JOSÉ ANTONIO JARDINI** – [jardini@pea.usp.br](mailto:jardini@pea.usp.br)
  - Engenheiro Eletricista pela Escola Politécnica da USP,
  - Mestre, Doutor, Livre Docente e Titular pela Escola Politécnica da USP,
  - Professor do Departamento de Energia e Automação Elétricas da Escola Politécnica da USP (área de estudos de sistemas de potência e de automação de sistemas elétricos),
  - Atua na área de consultoria a concessionárias de energia elétrica.
  - Av. Prof. Luciano Gualberto, trav. 3, nº 158 - Prédio de Engenharia Elétrica – Cidade Universitária – CEP 05508-900 – São Paulo/SP – Tel.: (011) 3091-5768.
- **VICTOR M. A. S. VASCONCELOS** – [victor.vasconcelos@poli.usp.br](mailto:victor.vasconcelos@poli.usp.br)
  - Engenheiro Eletricista pela Escola Politécnica da USP,
  - Mestrando em Engenharia Elétrica na Escola Politécnica da USP,
  - Engenheiro de Desenvolvimento de Manutenção no Departamento Técnico de Manutenção na Gerência de Manutenção – METRÔ-SP,
  - Diretor do Departamento de Engenharia Elétrica, Eletrônica e de Telecomunicações do Instituto de Engenharia de S. Paulo,
  - Vice-presidente da ABEE-SP, Associação Brasileira de Engenheiros Eletricistas – Seção S. Paulo.
  - Rua Francisco de Paula Quintanilha Ribeiro, nº 134 – Jabaquara – CEP 04330-020 – São Paulo/SP – Tel.: (011) 3444-1485/1460.