

CLAUDIO MAMEDE KESTENER
FREDERICO DE CARVALHO BRAGA
MARIO BATISTA ARROMBA

**ESTUDO PARA OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA DE
CONTROLE DE TRENS EM SITUAÇÕES DE IMINENTE
ULTRAPASSAGEM DE DEMANDA ELÉTRICA**

Texto apresentado ao Programa de
Educação Continuada em Engenharia –
PECE, referente ao trabalho de
conclusão do Curso de Especialização
em Tecnologia Metro-Ferroviária

Área de concentração:

Engenharia Elétrica

Orientador:

Prof. Dr. Hernan Prieto Schmidt

São Paulo

2007

ESP/TMF

2007

K489e

DEDALUS - Acervo - EPEL



31500019012

M2007CF

1794252

FICHA CATALOGRÁFICA

**Kestner, Cláudio Mamede
Braga, Frederico de Carvalho
Arromba, Mário Batista**

**/ F. C. Braga, M. B. Arromba, C.M. Kestener. -- São Paulo, 2007.
48 p.**

**Monografia (Especialização em Tecnologia Metro-Ferro-
viária). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
Programa de Educação Continuada em Engenharia.**

**1. Demanda Energia Elétrica
2. Sistema de Controle de Trens 3. Sistema de Controle de
Elétrica I. Arromba, Mário Batista II. Kestener, Cláudio Mamede
III. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Programa de
Educação Continuada em Engenharia IV. t.**

AGRADECIMENTOS

Ao orientador Prof. Dr. Hernan Prieto Schmidt, pelas diretrizes seguras e permanente incentivo.

Ao engenheiro Wilmar Fratini pela oportunidade que nos foi concedida, e pelo apoio e orientação.

A todos aqueles que colaboraram direta ou indiretamente para a elaboração deste trabalho.

RESUMO

A filosofia do sistema de alimentação elétrica do Metrô-SP, associada à forma atual de contratação de energia elétrica podem ocasionar custos adicionais às contas de energia elétrica devido à ultrapassagem das demandas contratadas.

Estas ultrapassagens podem ocorrer de 2 formas: uma pela falta de energia em uma das subestações primárias onde ocorre a interligação do sistema elétrico e outra pela própria condução da Operação Comercial dos trens.

Este trabalho visa estudar os recursos disponíveis e medidas a serem adotadas para o segundo caso, onde a possibilidade de ocorrência é diária.

ABSTRACT

The philosophy of the electrical system of Subway, associated with the current form of act of contract of electric energy can cause incidental costs to the accounts of electric energy due to exceed of the contracted demands. These problems can occur of 2 forms: one for the lack of energy in one of the primary substations where the interconnection of the electrical system occurs and another one for the proper conduction of the Commercial transaction of the trains. This work aims at to study the available resources and measures to be adopted in the second case, where the occurrence possibility is daily.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 2.ABORDAGEM DOS SISTEMAS ENVOLVIDOS	3
2.1 Sistema de Alimentação Elétrica de Metrô	3
2.2 Descrição do Sistema Elétrico da Linha 1 – Azul	4
2.2.1 Setores Elétricos.....	4
2.2.2 Transferência Automática de Setores – TAS	6
2.3 Equipamentos e Recursos para Controle dos Trens.....	6
2.3.1 ATO	7
2.3.2 Nível de Desempenho	8
2.3.3 Limitação de Potência.....	10
2.4 Subsistema de Controle de Tráfego (SCT) – Linha 1 Azul	11
2.4.1 Comando Trem Inclui	11
2.4.2 Comando Trem Sai	11
2.4.3 Comando ND Modifica.....	11
2.4.4 Comando TP Modifica.....	12
2.4.5 Comando Trem Retém	12
2.4.6 Comando Trem Libera	13
2.4.7 Comando Trem Direto	13
2.4.8 Comando Restrição De Velocidade	13
2.4.9 Comando Baixa Aderência - BX.....	13
2.4.10 Comando KW Limitada	14
2.5 Programação de Oferta / Regulação.....	14
2.5.1 Demanda de Passageiro.....	14
2.5.2 Oferta de Lugares.....	15
2.5.3 Headway.....	15
2.5.4 Tempo de Volta.....	16
2.5.5 Regulação.....	17
2.5.6 Estratégias	18
2.6 Comercialização de Energia Elétrica no Brasil.....	19
2.6.1 Histórico.....	22
2.7 Gerenciamento pelo Lado da Demanda	26
CAPÍTULO 3.METODOLOGIA: ANÁLISE E VERIFICAÇÃO DA PROJEÇÃO DA DEMANDA ELÉTRICA	29

3.1	Trabalhos Anteriores.....	29
3.2	Sistema de Monitoração e Controle de Demanda Proposto.....	30
3.3	Aquisição dos Dados.....	31
3.3.1	Dados Brutos.....	31
3.3.2	Parâmetros de Gerais do Sistema.....	31
3.3.3	Equações de controle (constantes e entradas envolvidas).....	32
3.3.4	Parâmetros individuais das unidades de aquisição de dados de energia.....	33
3.3.5	Ações do processo de controle de demanda.....	34
3.3.6	Apresentação Gráfica.....	35
3.4	Aplicação da Metodologia Proposta.....	36
3.4.1	Dados para o Estudo.....	36
3.4.2	Ultrapassagem em YSA em 30/01/2007.....	36
3.4.3	Resultados Alcançados.....	40
CAPÍTULO 4.METODOLOGIA: ANÁLISE E VERIFICAÇÃO DO DESEMPENHO DO MATERIAL RODANTE (TREM) NAS SITUAÇÕES DE ULTRAPASSAGENS DE DEMANDA ELÉTRICA.....		42
4.1	Introdução.....	42
4.2	Critérios de seleção dos dados.....	42
4.3	Ferramenta de pesquisa de dados.....	43
4.4	Critérios da pesquisa.....	44
4.5	Resultados esperados com a pesquisa.....	45
4.6	Análise dos dados.....	47
4.6.1	Caso nº. 1 – dia 16/01/2007, das 18h30m as 18h45m no trecho de TUC a BTO (Setor Elétrico de YCE).....	47
4.6.2	Caso nº. 2 – dia 30/01/2007, das 18h00m as 18h15m no trecho de JAB a ANR (Setor Elétrico de YSA).....	51
4.6.3	Caso nº. 3 – dia 17/05/2007, das 18h15m as 18h30m no trecho de TUC a BTO (Setor Elétrico de YCE).....	55
4.6.4	Conclusões Finais dos Casos em Estudo.....	60
CAPÍTULO 5.CONCLUSÃO.....		62
ANEXO I.....		63
1.	Subestação Primária.....	63
1.1	Configuração Operacional.....	64
2.	Subestação Retificadora.....	65
2.1	Trecho WJA a WCD.....	66
2.2	Trecho WZI a TUC.....	67

2.3	Proteção dos Feeders.....	67
2.3.1	Sistema de Teste de Linha (ou Via) e Religamento Automático	67
2.4	Características Técnicas dos Equipamentos.....	68
2.4.1	Transformador de 22/0,641kV	68
2.4.2	Retificadores de Silício	68
2.4.3	Feeder.....	69
2.4.4	Dispositivo de Teste de Via dos Feeders	69
3.	Subestação Auxiliar	69
3.1	Quadro de Distribuição Principal - H01.....	70
3.2	Quadro de Distribuição de Força Auxiliar – QDFA	70
3.3	Quadro Geral de Distribuição 208/120Vca – QGD	70
3.4	Quadro de Distribuição de Escadas Rolantes – QDER.....	71
3.5	Quadro de Distribuição de Força Diesel – QDFD	71
4.	Subsistema de Controle de Energia (SEA) – Linha 1 Azul	71
4.1	Descrição.....	72
4.2	Execução de Comandos Simples	72
4.3	Execução de Comandos de Terceiro Trilho	72
4.4	Descrição da Simbologia da IHM.....	73
4.5	Disjuntores, Seccionadoras e Contatores	74
4.6	Tramos	74
4.7	Barramento e Linhas de 22 kV.....	75
4.8	Visores	75
4.9	Gráficos de Demanda.....	75
4.9.1	Período Atual	75
4.9.2	Histórico da Demanda.....	76
	ANEXO II.....	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Sistema de 22 kV da Linha 1 - Azul	5
Figura 2.	Curvas características com ND 01	9
Figura 3.	Curvas características com ND 06	10
Figura 4.	Gráficos de demandas da Linha 1- Azul - dia típico	24
Figura 5.	Gráficos de demandas da Linha 1- Azul - dia atípico	25
Figura 6.	Alterações básicas nas curvas de carga, atendendo a programas de GLD	27
Figura 7.	Gráfico com os parâmetros de controle	32
Figura 8.	Representação gráfica para controle de demanda	35
Figura 9.	Gráfico dos intervalos de integração de YSA do dia 30/01/2007.....	37
Figura 10.	Gráfico do intervalo de integração com Ultrapassagem – Amostragem de 10 pulsos.....	38
Figura 11.	Gráfico do intervalo de integração com Ultrapassagem – Amostragem de 5 pulsos	39
Figura 12.	Gráfico do intervalo de integração com Ultrapassagem – Amostragem de 6 pulsos	40
Figura 13.	Interface de consulta do sistema SAS para geração de relatórios	43
Figura 14.	Levantamento das condições de operação dos trens no dia 17/05/2007, das 18h15m as 18h30m no trecho de TUC a BTO (Setor Elétrico de YCE)	45
Figura 15.	Exemplo de uma distribuição de trens ao longo dos Setores Elétricos de uma linha metرويária.....	46
Figura 16.	Esquema Unifilar da S/E Primária.....	63
Figura 17.	Esquema Unifilar de uma Retificadora do Trecho WJA - WCD	66
Figura 18.	Esquema Unifilar de uma Retificadora do Trecho WZI-TUC.....	67
Figura 19.	Diagrama de blocos da baixa tensão.....	70
Figura 20.	Representação Elétrica dos Equipamentos Presentes na S/E - PIG.....	74
Figura 21.	IHM de Gráficos de Demanda	76

ÍNDICE DE TABELAS

<i>Tabela 1. Níveis de Desempenho</i>	<i>8</i>
<i>Tabela 2. Níveis de conforto admitidos.....</i>	<i>15</i>
<i>Tabela 3. Evolução das tarifas de energia elétrica até 1987.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabela 4. Distribuição dos ND dos trens na ocorrência de 16/01/2007</i>	<i>48</i>
<i>Tabela 5. Distribuição dos trens e a forma de sua concentração na ocorrência de 16/01/2007</i>	<i>48</i>
<i>Tabela 6. Integral das distribuições de Trens em Aceleração (T_Acel), Trens em Movimento (T_Mov), Trens em Frenagem (T_Fren), Trens em Plataforma (T_Plata) e Trens com Sobreposição ATP (T_ATP) – ocorrência de 16/01/2007</i>	<i>49</i>
<i>Tabela 7. Distribuição dos trens e a forma de sua concentração no mesmo horário da ocorrência de 16/01/2007 em dias distintos.</i>	<i>50</i>
<i>Tabela 8. Distribuição dos ND dos trens na ocorrência de 30/01/2007</i>	<i>52</i>
<i>Tabela 9. Distribuição dos trens e a forma de sua concentração na ocorrência de 30/01/2007</i>	<i>53</i>
<i>Tabela 10. Integral das distribuições de Trens em Aceleração (T_Acel), Trens em Movimento (T_Mov), Trens em Frenagem (T_Fren), Trens em Plataforma (T_Plata) e Trens com Sobreposição ATP (T_ATP) – ocorrência de 30/01/2007.</i>	<i>53</i>
<i>Tabela 11. Distribuição dos trens e a forma de sua concentração no mesmo horário da ocorrência de 30/01/2007 em dias distintos.</i>	<i>54</i>
<i>Tabela 12. Distribuição dos ND dos trens na ocorrência de 17/05/2007</i>	<i>56</i>
<i>Tabela 13. Distribuição dos trens e a forma de sua concentração na ocorrência de 17/05/2007</i>	<i>57</i>
<i>Tabela 14. Integral das distribuições de Trens em Aceleração (T_Acel), Trens em Movimento (T_Mov), Trens em Frenagem (T_Fren), Trens em Plataforma (T_Plata) e Trens com Sobreposição ATP (T_ATP) – ocorrência de 17/05/2007</i>	<i>58</i>
<i>Tabela 15. Distribuição dos trens e a forma de sua concentração no mesmo horário da ocorrência de 17/05/2007 em dias distintos</i>	<i>58</i>

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Gerais

ACL - Ambiente de Contratação Livre

ACR - Ambiente de Contratação Regulada

AMV – Aparelho de Mudança de Via

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

ATP – Sistema de Proteção Automática do Trem

ATO – Automatic Train Operation

CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica

CCO – Centro de Controle Operacional

CEA – Console de Controle de Eletrificação e Equipamentos Auxiliares

CTP – Console de Controle de Trens e Fluxo de Passageiros

DNAEE – Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica

GLD – Gerenciamento pelo lado da Demanda

ICMS – Imposto Sobre Comercialização de Mercadoria e Serviços

IGP-M – Índice Geral de Preços do Mercado

IHM - Interface Homem-Máquina

ND – Nível de Desempenho

OE – Operador de Estação

OP-CC - Operador de Console do CCO

OT – Operador de Trens

SAS – Subsistema de Administração e Serviços

SC – Supervisor do CCO

SCT – Subsistema de Controle de Tráfego

S/E – Subestação Elétrica

SEA– Subsistema de Controle de Energia e Auxiliares

SIN – Sistema Interligado Nacional

SSCC – Sistema de Sinalização e Controle Centralizado

UTR – Unidade Terminal Remota

Nomenclatura de Estações e Subestações da Linha 1 – Azul (sentido geográfico)

YCE – Subestação Primária CANINDE

YSA – Subestação Primária SAÚDE

YCI – Subestação Primária CAMBUCI

TUC – Estação Tucuruvi

PIG – Estação Parada Inglesa

JPA – Estação Jardim São Paulo

SAN – Estação Santana

CDU – Estação Carandiru

TTE – Estação Portuguesa Tiete

PPQ – Estação Armênia

TRD – Estação Tiradentes

LUZ – Estação Luz

BTO – Estação São Bento

PSE – Estação Praça da Sé

LIB – Estação Liberdade

JQM – Estação São Joaquim

VGO – Estação Vergueiro

PSO – Estação Paraíso

ANR – Estação Ana Rosa

VMN – Estação Vila Mariana

SCZ – Estação Santa Cruz

ARV – Estação Praça da Arvore

SAU – Estação Saúde

JUD – Estação São Judas

CON – Estação Conceição

JAB – Estação Jabaquara

PAT – Pátio Jabaquara

Nomenclatura de componentes da Subestação Primária

Amn – Disjuntores de 88 kV

BI e BII – Barramentos de 88 kV

Bmn – Seccionadoras de 88kV

Cmn – Disjuntores de 22 kV

CI – Barramento de 22 kV

Nomenclatura de componentes da Subestação Retificadora – 22 kV

Emn – Disjuntores de 22 kV

CII ou CIII – Barramentos de 22 kV na SE Retificadora

Gmn – Seccionadoras de Escolha de Barra

Fmn – Disjuntor de 750 Vcc (Feeder)

Hmn – Seccionadora positiva de Feeder de 750 Vcc

Jmn e Rmn – Seccionadoras positiva e negativa de saída do Grupo Retificador

+ - Barramento positivo de 750 Vcc

+R - Barramento positivo reserva de 750 Vcc

- - Barramento negativo de 750 Vcc

Nomenclatura de componentes da Subestação Auxiliar

CIV – Barramento de 22 kV da Subestação Auxiliar

Lmn – Disjuntor de 22 kV

Mmn – Disjuntores de 480 Vca (H01)

H01 – Quadro de Distribuição Principal

QDFA – Quadro de Distribuição de Força Auxiliar

QGD – Quadro Geral de Distribuição 208/120VCA

QDER – Quadro de Distribuição de Escadas Rolantes

QDFD – Quadro de Distribuição de Força Diesel

CCM – Centro de Controle de Motores

PL – PaineL de Luz

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO

O objetivo principal desse trabalho é apresentar o problema existente atualmente, de possível ultrapassagem de valor de demanda de energia elétrica contratada junto à concessionária de distribuição e estudar as possíveis ações no sistema de controle de trens que permitam controlar a demanda máxima em cada SE da rede do Metrô de forma que ela não ultrapasse esse valor contratado.

O mercado atual de energia elétrica, permite que consumidores com potência elétrica da ordem do Metrô de São Paulo, possam escolher o tipo de contrato a ser adotado no fornecimento de energia. Os tipos de contratos possíveis são: como consumidor cativo ou como consumidor livre. O Metrô a partir de janeiro de 2005, adotou o contrato de fornecimento de energia elétrica, como consumidor livre, pois existia a possibilidade de redução significativa dos gastos com energia elétrica.

A redução dos custos operacionais é uma preocupação constante do Metrô de São Paulo, porém, a flexibilidade operacional do sistema elétrico, não pode ser utilizada sem ocorram aumentos nas contas de energia, referentes as despesas com demanda de energia elétrica. A atual forma de contratação de energia penaliza fortemente os operadores que ultrapassam as demandas contratadas, por outro lado a celebração dos contratos com elevada demanda de energia elétrica, podem acarretar custos adicionais pela demanda disponível que não é utilizada.

A energia elétrica é um dos principais custos da Operação dos sistemas eletrificados e somando-se à possíveis multas originadas por ultrapassagem de demanda elétrica, que elevam ainda mais estes custos. Portanto, tornam-se imprescindíveis atuações que minimizem gastos adicionais. Este trabalho visa propor soluções para estes gastos principalmente durante a Operação Comercial, com todas as subestações primárias em funcionamento.

Verificaremos a possibilidade de segmentar o período de medição da demanda, que é de 15 minutos, com a seleção e a adoção de formas possíveis de controle do desempenho do material rodante, aliando dois compromissos conflitantes: prestar um serviço regulado e de boa qualidade com a restrição da demanda elétrica. Nesta segmentação, serão verificadas quais as melhores ações que possam ser adotadas em estágios de controle, buscando como resultado prático a adoção destes critérios com vistas a implementá-los no atual sistema de controle.

O trabalho foi segmentado em cinco capítulos e dois anexos:

Este capítulo I de Introdução. O capítulo II apresenta a evolução da contratação de energia elétrica, a descrição do sistema elétrico, a descrição do sistema de controle de trens e também uma introdução teórica sobre o gerenciamento pelo lado da demanda. O capítulo III descreve a metodologia de estudo para evitar as ultrapassagens de demanda contratada, sobre o aspecto de controle da energia elétrica. No capítulo IV descreve a metodologia de estudo para evitar as ultrapassagens de demanda contratada, sobre o aspecto de controle dos trens. No capítulo V estão as conclusões oriundas dos estudos realizados em dias de ultrapassagem, agregadas de ponto de vista dos autores. O Anexo I contém a descrição do sistema elétrico. No anexo II estão os gráficos utilizados o desenvolvimento das ferramentas de controle.

CAPÍTULO 2. ABORDAGEM DOS SISTEMAS ENVOLVIDOS

Faremos neste capítulo, uma descrição dos sistemas metroviários associados ao processo de controle de demanda.

Será apresentada a evolução da comercialização de energia no Brasil e a Gestão pelo Lado da Demanda.

2.1 Sistema de Alimentação Elétrica de Metrô

A finalidade primeira do sistema de alimentação elétrica num sistema de Metrô é fornecer a energia necessária para a tração dos trens de maneira confiável e segura. Por outro lado, deve garantir a alimentação elétrica dos equipamentos auxiliares das estações e da via e, em especial, a iluminação, também de maneira confiável e segura.

A confiabilidade do sistema subentende uma garantia de continuidade e um nível de serviço dentro de limites toleráveis. Continuidade de serviço pressupõe o restabelecimento rápido em caso de falha, para possibilitar a manutenção das partes sem afetar o sistema global além de uma redundância de circuitos e uma capacidade de reserva nos mesmos. Para garantir o nível de serviço, o sistema deve prever a potência necessária para a demanda e fornecer uma tensão constante dentro das tolerâncias de variação admitidas pelo material rodante, sistema de controle de trens, motores dos equipamentos auxiliares, etc.

A demanda de energia elétrica para a alimentação elétrica das instalações do Metro não é constante. Existe uma demanda máxima durante as horas de pico de tráfego e uma demanda pequena nas horas da madrugada quando o Metro está parado. Por outro lado, ela não está concentrada num único ponto, mas distribuída através de toda a rede.

Uma demanda de energia tão variável assim como a vasta distribuição da energia elétrica e as elevadas exigências quanto à segurança de serviço, requerem um sistema de energia elétrica que seja seguro contra falhas, flexível e de elevada potência.

A rede elétrica de um Metrô (equipamento fixo) consiste em pontos de suprimento de energia retirada da rede pública em alta tensão, por ser mais confiável. A transformação dessa tensão, para a distribuição é feita em subestações primárias, que

através da rede de distribuição da energia em media tensão leva a energia das subestações primarias até as subestações retificadoras e auxiliares.

2.2 Descrição do Sistema Elétrico da Linha 1 – Azul

A energia elétrica necessária para a tração e para os equipamentos auxiliares das estações é fornecida em 88 kV, em três subestações primarias (Canindé, Cambuci e Saúde).

A subestação primaria transforma a tensão de 88 kV em 22 KV, regulada e alimentam a rede de 22 kV constituindo 3 setores separados. A rede de 22 kV alimenta as subestações retificadoras e auxiliares. As subestações retificadoras energizam no valor de 750 Vdc, o 3º trilho do qual os trens recebem energia através de suas sapatas coletoras.

As subestações auxiliares, transformam a tensão em 480 V e alimentam todos os equipamentos auxiliares e a iluminação das estações e túnel, do pátio de manobras e do Centro de Controle Operacional (CCO).

Embora os 3 setores operem independentemente, há possibilidade de interligação entre eles, utilizada no caso de uma operação de emergência quando da queda de uma das subestações primarias.

O sistema de corrente contínua de tração (3º trilho e via permanente) é eletricamente contínuo.

2.2.1 Setores Elétricos

A rede de 22kV é subdividida em 3 setores autônomos e independentes, cada qual alimentado pela sua própria subestação primaria. Cada setor de 22kV é formado por duas redes de distribuição, sendo uma radial, para as S/E retificadoras e outra em anel para as S/E auxiliares.

O subsistema S/E retificadoras alimenta a carga consumida pelos trens. O subsistema S/E auxiliares alimenta o restante do consumo de energia elétrica do Metrô, ou seja, os serviços auxiliares de cada estação e as subestações auxiliares.

Em cada um dos setores existe uma S/E tronco, que recebe alimentação em 22kV da S/E primária e distribui para as demais S/E do setor. Estes setores, embora independentes, podem ser interligados, permitindo a alimentação de todo o sistema quando ocorrer a falta de alimentação elétrica para a S/E primária.

A figura 1 representa o sistema de 22kV da Linha 1 – Azul

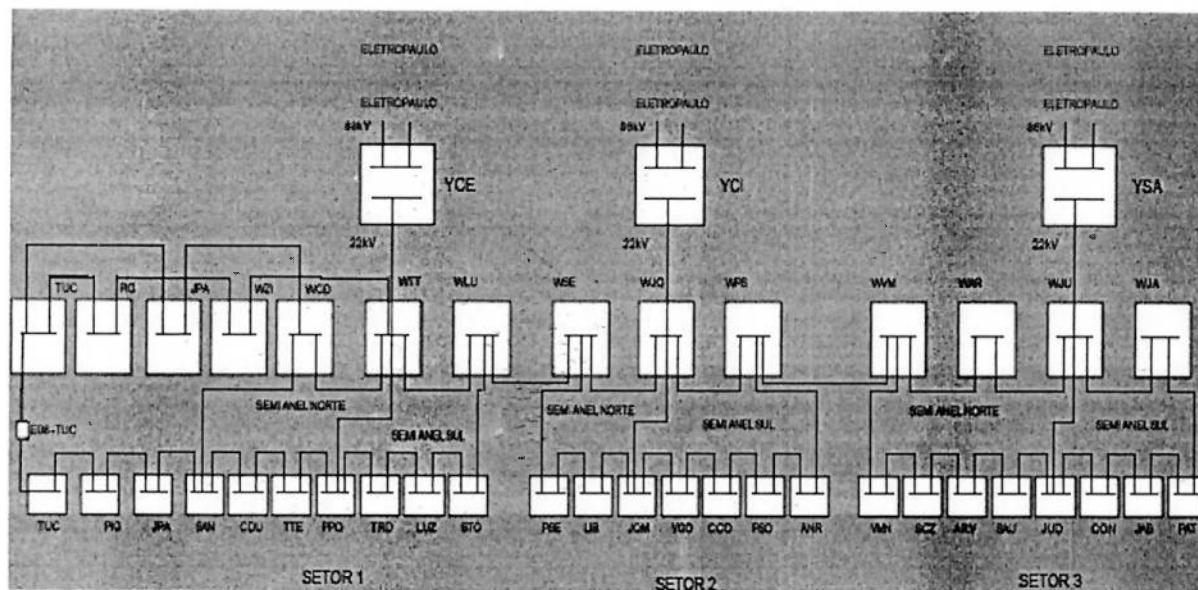


Figura 1. Sistema de 22 kV da Linha 1 - Azul

2.2.1.1 Composição de Cada Setor Elétrico

Setor Saúde (JAB a VMN)

S/E primária: YSA

S/E retificadoras: WJA, WJU (tronco), WAR e WVM

S/E auxiliares: PAT, JAB, CON, JUD, SAU, ARV e VMN

Setor Cambucí (ANR a PSE)

S/E primária: YCI

S/E retificadoras: WPS, WJQ (tronco) e WSE

S/E auxiliares: ANR, PSO, CCO, VGO, JQM, LIB e PSE

Setor Canindé (BTO à TUC)

S/E primária: YCE

S/E retificadoras: WLU, WTT, WCD, WZI, JPA, PIG E TUC

S/E auxiliares: BTO, LUZ, TRD, PPQ, TTE, CDU, SAN, JPA, PIG e TUC

2.2.2 Transferência Automática de Setores – TAS

A TAS é uma seqüência de manobras no sistema de 22kV, que tem como finalidade a transferência da alimentação elétrica normal de um setor elétrico, em caso de falha ou subtensão em uma primária, para as outras que permanecem no sistema. Além disso, esta transferência deve evitar a condição de duas primárias ficarem em paralelo..

Caso ocorra falta de alimentação elétrica em uma S/E primária, faltará tensão nas linhas 1 e 2 de interligação com a S/E tronco correspondente. Tal evento provoca o início da TAS, que dividirá o setor Cambuci em duas partes e as interligará aos outros dois setores, ficando cada uma das primárias restantes alimentando metade do sistema.

A divisão do setor 2 ocorre em WJQ, cujos barramentos de 22kV são separados em duas partes, conectadas por disjuntores de acoplamento longitudinal.

2.2.2.1 Configuração de Início da TAS

Ocorrendo falta simultânea de tensão nas linhas P-R e P-A e chave de Transferência Automática de Setor ligada, inicia-se a TAS. Na TAS, os disjuntores de entrada da retificadora - tronco são abertos na subestação que ficaram sem alimentação. Na seqüência, o sistema é dividido em duas partes em WJQ e as primárias que permaneceram no sistema alimentam os três setores (50%) cada.

2.3 Equipamentos e Recursos para Controle dos Trens

O Subsistema de Controle de Tráfego – SCT é responsável pela regulação, ou seja, pela aplicação de estratégias que utilizem de maneira coerente os recursos oferecidos de forma a manter os trens circulando dentro de intervalos planejados.

O principal objetivo do sistema de controle é cumprir a oferta de transporte estimada, em sintonia com a demanda nos locais e horários programados, de forma automática, com a menor interferência do operador. Para isso é necessário:

- a) Programar uma oferta de serviços adequada à demanda,
- b) Cumprir essa oferta programada,
- c) Quando houver desvios da operação em relação à programação deve reduzir os efeitos dos desvios, corrigir os desvios e reconduzir a operação para a oferta programada.

Para conseguir realizar a regulação são utilizados horários de referência chamados Programa de Oferta de Trens (POT). Esse Programa de Oferta de Trens é gerado baseado na demanda de passageiros, no nível de conforto, no tempo de viagem e na quantidade de trens.

Apresentamos abaixo, equipamentos e recursos envolvidos no processo de controle dos trens.

2.3.1 ATO

O ATO é o equipamento responsável pela função de regulação do sistema de controle de trens, subordinando-se ao SSCC e ao Sistema de Proteção Automática do Trem (ATP) para aquisição de informações.

O ATO de Estação realiza as seguintes funções:

- a) Leitura de Identificação dos Trens;
- b) Controle de Abertura de Portas;
- c) Controle do Tempo de Parada na Estação;
- d) Controle da Sinalização aos Passageiros;
- e) Controle de Parada Programada;
- f) Controle da Sinalização de Chegada e Partida de Trens;
- g) Controle de Nível de Desempenho;
- h) Carregamento de Destino em Zonas Terminais e de Transferência.

2.3.2 Nível de Desempenho

Nível de desempenho (ND) é um parâmetro de regulação que atua como uma ação de controle do CCO, fornecendo ao sistema ATO novas taxas de aceleração e velocidade limite ao trem, modificando o comportamento das curvas de desempenho, sempre restringido pelo sistema vital de controle de trens ATP.

Na Linha 1 – Azul do Metrô-SP existe uma tabela prévia de 6 valores de ND que podem ser armazenados no chip de memória da CPU no trem. Modificando a velocidade máxima possível no trecho com a restrição e a taxa de aceleração, variando de total a meia carga.

O ND é enviado pelo ATO ao trem no instante em que ele estiver parado nas plataformas de embarque. A transmissão dos parâmetros ND se dá por meio de antenas transmissoras instaladas ao longo das plataformas de embarque, as quais transmitem a informação que corresponde ao novo ND.

São utilizados 2 níveis de controle de aceleração: $1,12 \text{ m/s}^2$ e $0,55 \text{ m/s}^2$.

Os níveis de velocidade máxima adotados são: próximo ao código recebido, 68,0 km/h, 55,0 km/h, 44,0 km/h.

ND	VELOCIDADE MÁXIMA	ACELERAÇÃO
01	Próxima ao código recebido	Máxima – $1,12 \text{ m/s}^2$
02	68,0 km/h	Máxima – $1,12 \text{ m/s}^2$
03	68,0 km/h	Meia aceleração – $0,55 \text{ m/s}^2$
04	55,0 km/h	Máxima – $1,12 \text{ m/s}^2$
05	55,0 km/h	Meia aceleração – $0,55 \text{ m/s}^2$
06	44,0 km/h	Meia aceleração – $0,55 \text{ m/s}^2$

Tabela 1. Níveis de Desempenho

A curva de demanda das subestações depende da somatória das correntes de linha dos trens em movimento no trecho correspondente. O nível de desempenho imposto aos trens influi diretamente na corrente de linha de cada trem. Assim, podemos interferir nas curvas características de partida dos trens, e conseqüentemente restringir a demanda elétrica.

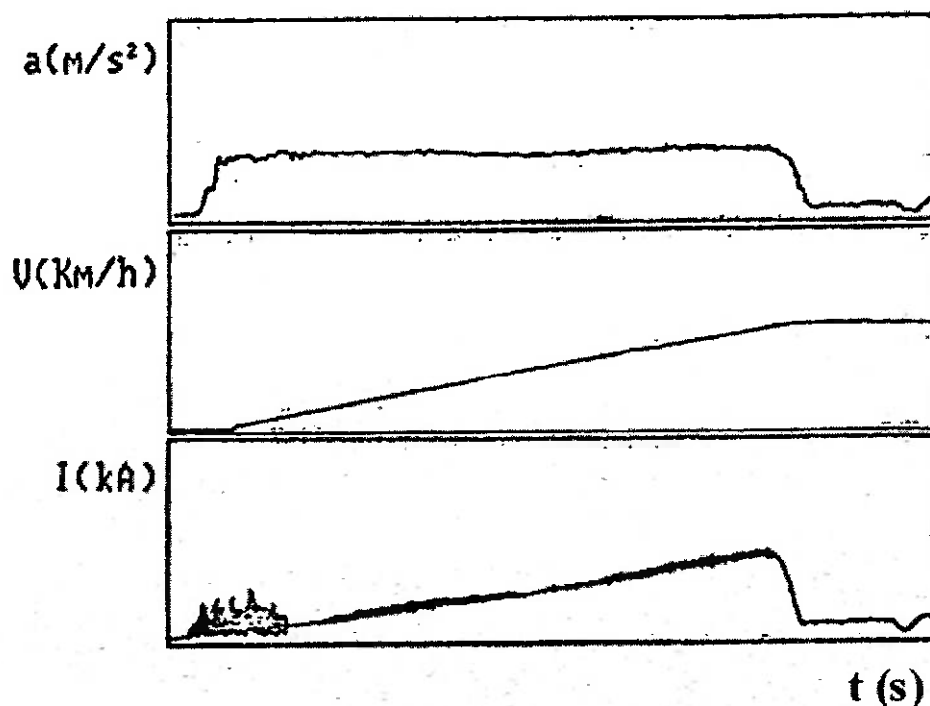


Figura 3. Curvas características com ND 06

Como pode ser observado na figura 3, com o trem partindo em meia aceleração ($0,55 m/s^2$) a corrente de partida fica limitada a aproximadamente $4kA$, quando atinge a velocidade que foi limitada pelo sistema de controle. Assim, a somatória das correntes de linha de todos os trens em movimento pode ser limitada, impedindo a ultrapassagem de demanda nas subestações.

2.3.3 Limitação de Potência

Quando houver restrições na Potência disponível do Sistema de Alimentação Elétrica, o SSCC pode aplicar um comando de limitação de potência, com validade para o percurso entre duas estações adjacentes. Ao ativar-se a limitação de potência é enviado ao trem um código de nível de desempenho comandando o mínimo consumo de potência. O código selecionado é diferente dos 6 códigos de nível de desempenho existentes sem a restrição de potência. Dessa forma, são escolhidos códigos com a mínima aceleração e a mínima velocidade que determinam menor solicitação do sistema de alimentação elétrica.

2.4 Subsistema de Controle de Trafego (SCT) – Linha 1 Azul

O Subsistema de Controle de Trafego – SCT tem como objetivo principal estabelecer uma otimizada forma de regulação do sistema de oferta de trens, que busque atender da melhor forma possível a uma demanda variável ao longo do horário comercial. Para isto, este sistema se integra a uma série de outros recursos ou funcionalidades presentes, tais como Programas de Oferta de Trens, sistema ATP, equipamentos da via permanente, funcionalidades do sistema controlador (SCT), entre outros, para realizar o controle sobre o principal elemento do processo de transporte do usuário metropolitano, que é o trem.

Apesar de todo o processo vinculado a própria regulação de oferta de trens ter correspondência sobre o desempenho e a variabilidade da demanda elétrica, descreveremos abaixo, dentre todas as funções presentes no SCT, aquelas que têm maior influência sobre a mesma, seja de uma forma direta ou indireta – tanto nos momentos em que as funcionalidades podem contribuir para a elevação e tendência de ultrapassagem como quando de sua aplicação para contenção e diminuição da demanda elétrica.

2.4.1 Comando Trem Inclui

Tem o objetivo de incluir um trem no conjunto de trens que estão na regulação, sem alteração no Programa de Oferta.

2.4.2 Comando Trem Sai

Tem o objetivo de retirar um trem de circulação para um destino especificado, com ou sem passagem direta, sem alterar o Programa de Oferta.

2.4.3 Comando ND Modifica

Tem o objetivo de especificar o nível de desempenho a ser carregado nos trens a partir das plataformas das estações. Esta função tem prioridade sobre a regulação.

Se for especificado apenas *trecho*, impõe o ND especificado ao primeiro trem que chegar a cada uma das plataformas do trecho, e se for executada no modo memorizado, a função ficará ativa até sua retirada;

Se for especificado apenas *trem*, impõe o ND especificado na primeira plataforma em que o trem chegar, e se for executada no modo memorizado, a função será aplicada até a extremidade da via da viagem em curso, ou até a sua retirada pelo Operador;

Se for especificado *trecho e trem*, impõe o ND especificado para o trem no trecho especificado.

Para a Linha 1 os valores possíveis para o ND são: 1, 2, 3, 4, 5, 6;

2.4.4 Comando TP Modifica

Tem o objetivo de especificar o tempo de parada a ser cumprido numa plataforma. Esta função tem prioridade sobre a Regulação.

Se for especificado apenas *trecho*, impõe o TP especificado ao primeiro trem que chegar a cada uma das plataformas do trecho, e se for executada no modo memorizado, a função ficará ativa até sua retirada pelo Operador;

Se for especificado apenas *trem*, impõe o TP especificado na primeira plataforma em que o trem chegar, e se for executada no modo memorizado, a função será aplicada até a extremidade da viagem atual, ou até a sua retirada pelo Operador;

Se for especificado *trecho e trem*, impõe o TP especificado para o trem no trecho especificado.

Caso haja aplicação da função para estação e para trem em que haja coincidência do trem a ser afetado, será enviado o maior tempo especificado.

As funções Trem Retém e Trem Libera têm prioridade sobre a função Tempo de Parada Modifica.

2.4.5 Comando Trem Retém

Tem o objetivo de reter um trem com portas abertas na plataforma por tempo indeterminado.

Quando aplicado a *trecho*, nas plataformas em que houver trens com portas abertas, estes serão retidos. Nas plataformas em que não houver trem nessas condições, o próximo trem a chegar será retido.

Quando aplicado a *trem*, este será retido na plataforma em que estiver parado (desde que não tenha recebido comando de fechar portas) ou na próxima estação a que chegar.

Quando aplicado a *plataforma e trem*, o trem será retido na plataforma especificada.

2.4.6 Comando Trem Libera

Tem o objetivo de liberar um trem incondicionalmente de uma plataforma após o mesmo ter permanecido nela, com as portas abertas, cumprindo tempo de parada ou retido pela função Trem Retém. Pode ser utilizado também para eliminar condição de retenção imposta anteriormente.

Quando aplicado a *trecho*, nas plataformas em que houver trens com portas abertas, estes serão liberados. As plataformas que estiverem com retenção aplicada são liberadas desta condição.

Quando aplicado a *trem*, o trem será liberado na plataforma em que estiver parado ou retido.

2.4.7 Comando Trem Direto

Tem o objetivo de fazer com que os trens passem direto por uma plataforma, pelas plataformas de um trecho ou que, um determinado trem passe direto por uma plataforma ou por todas as plataformas de um trecho.

2.4.8 Comando Restrição De Velocidade

Tem o objetivo de executar ou retirar restrição de velocidade entre duas ou mais estações de uma via ou ambas as vias.

Essa função pode ser aplicada a um trecho ou a toda Linha 1 - Azul.

A retirada da restrição de velocidade pode ser feita uma a uma ou em grupos, independentemente da configuração imposta pela função.

2.4.9 Comando Baixa Aderência - BX

O modo “Baixa Aderência” é aplicado nos trens pelos operadores após solicitação do Centro de Controle, por ter sido informado da ocorrência de chuva em determinada região.

A função Comando Baixa Aderência – BX tem o objetivo de informar o sistema que está sendo aplicado o modo “Baixa Aderência” nos trens em um trecho.

Pode ser aplicada a uma parte ou a todo trecho TUC a TRD, por ser o trecho construído em via externa, que está sujeito às intempéries.

O Operador informa que os trens que estão trafegando no trecho especificado estão utilizando o modo “Baixa Aderência”. Ao se utilizar essa condição, os tempos de percurso são afetados.

2.4.10 Comando KW Limitada

Tem o objetivo de executar ou retirar limitação de potência entre duas ou mais estações de uma via ou ambas as vias. Esta função tem prioridade sobre a função ND modifica.

Pode ser aplicada a um trecho ou a toda Linha 1 - Azul.

A aplicação desta função irá limitar a aplicação de apenas um ND por plataforma, correspondendo ao ND que para o trecho garanta a menor potência elétrica nos trens.

2.5 Programação de Oferta / Regulação

O Centro de Controle Operacional - CCO tem por finalidade supervisionar e controlar o sistema metroviário, bem como minimizar eventuais interferências provocadas por equipamentos e/ou pessoas pertencentes ou não ao sistema. Também é sua função administrar recursos de forma otimizada. Para isto, utiliza uma série de funcionalidades para supervisionar e comandar equipamentos do campo, rastrear os trens e regular o sistema, ou seja, levar o sistema a oferecer uma quantidade de lugares (oferta) adequada à quantidade de usuários (demanda).

2.5.1 Demanda de Passageiro

É a quantidade de pessoas transportadas pelo sistema, calculada a partir de:

- a) Matriz O/D (origem/destino) - matriz que identifica o percentual de intenção de viagens entre cada estação e seus destinos possíveis em períodos pré-determinados. É resultado da compilação de dados obtidos em pesquisas com usuários e tratamento estatístico;

- b) Entradas e saídas de passageiros das estações obtidos do SCAP (Sistema de Controle e Arrecadação de Passageiros).

A partir do cruzamento destas informações, é possível estimar a quantidade de passageiros a serem transportados em cada trecho da via, em períodos pré-determinados (carregamento expresso em passageiros/hora).

2.5.2 Oferta de Lugares

A quantidade de lugares é calculada a partir do carregamento e do nível de conforto que se deseja oferecer. O nível de conforto (lotação), expresso em passageiros em pé por metro quadrado, é determinado a partir de fatores físicos e psicológicos baseado em padrões mundiais que definem 6 níveis de conforto, estabelecendo a área disponível por pessoa:

Nível de conforto	m ² /pessoa	Pessoas/m ²	Fatores psicológicos
A	mais de 1,2	menos de 0,8	nenhum
B	de 0,9 a 1,2	de 1,1 a 0,8	nenhum
C	de 0,7 a 0,9	de 1,4 a 1,1	zona de conforto
D	de 0,3 a 0,7	de 3,3 a 1,4	contato evitável
E	de 0,2 a 0,3	de 5,0 a 3,3	contato inevitável
F	menos de 0,2	mais de 5,0	desconforto físico e psicológico

Tabela 2. Níveis de conforto admitidos

No Metrô é o nível E onde em cada metro quadrado devem estar entre 3,3 e 5 pessoas, ou seja, cada pessoa dispõe de 0,3 a 0,2 m², respectivamente. Com este padrão de conforto, o contato entre passageiros é inevitável. O padrão de conforto operacional estabelecido é de 4 passageiros/m², que permite circulação de passageiros no interior do carro para o desembarque.

2.5.3 Headway

O headway, ou seja, o intervalo entre os trens (em segundos), é determinado em função do carregamento estimado e lotação desejada e resume a oferta de lugares necessária para transportar todos os passageiros com o conforto adequado. Conhecendo a área útil do trem e o nível de conforto, podemos calcular a capacidade do trem:

$$\textit{Capacidade do trem} = \textit{lotação} \times \textit{área útil}$$

ou:

$$\textit{Capacidade do trem} = \textit{lotação} \times 185 + 366$$

(185 m² é a área para passageiros em pé e 366 é o número de passageiros sentados nos trens da Linha 1 - Azul)

A partir da quantidade de pessoas que devem ser transportadas num determinado período e da capacidade de um trem, podemos calcular quantos trens devem passar neste período:

$$\textit{Quantidade de trens} = \frac{\textit{Carregamento}}{\textit{Capacidade do trem}}$$

Como o carregamento é expresso em passageiros por hora, o headway é a divisão de um período de uma hora pelo número de trens:

$$\textit{Headway} = \frac{3600}{\textit{Quantidade de trens}}$$

2.5.4 Tempo de Volta

O sistema de controle possui internamente um conjunto de listas de tempos de percurso e parada.

As listas de tempos de percursos contêm os tempos que um trem leva para percorrer cada trecho entre estações considerando cada nível de desempenho específico.

As listas de tempos de parada contêm os tempos nominais de parada em cada plataforma e levam em conta o volume de embarque e desembarque, conflito de portas, etc. Contêm também os tempos mínimos e máximos de parada para cada plataforma, que são usados para compensar eventuais atrasos e adiantamentos sofridos pelos trens.

O sistema de controle possui ainda um conjunto de listas que determinam o nível de desempenho (ND) a ser normalmente comandado aos trens em cada plataforma.

Em função das características do carregamento, existem listas específicas para cada período do dia (pico da manhã, vale, pico da tarde, etc.).

A somatória dos tempos de percurso e tempos de parada determina o tempo de volta do sistema.

2.5.5 Regulação

A regulação consiste num conjunto de funcionalidades com o objetivo de levar o sistema a cumprir a oferta programada para atender uma demanda estimada.

Para isso, o sistema projeta uma referência horária para cada trem. No momento de chegada de um trem a uma plataforma, o sistema compara sua posição em relação à referência e verifica se está atrasado ou adiantado, calculando também o valor do desvio. Para compensar o desvio, o sistema recalcula o nível de desempenho e o tempo de parada que devem ser comandados ao trem.

A diferença entre os tempos de parada nominais e mínimos e a diferença entre os tempos de percurso em ND nominal e ND mínimo determinam a folga que o sistema tem para compensar atrasos.

A diferença entre os tempos de parada máximo e nominal e a diferença entre os tempos de percurso em ND máximo e ND nominal determinam a folga que o sistema tem para compensar adiantamentos.

2.5.5.1 RV - Regulação por Viagens

O Sistema de Controle usa um Programa de Ofertas para calcular as referências horárias para os trens. O programa, elaborado antecipadamente, é composto por tabelas de viagens, eventos e parâmetros do sistema. A tabela de viagens contém basicamente, para cada viagem, os horários de despachos de cada trem calculados em função do headway. A tabela de eventos contém os horários de entrada e saída de trens no sistema e comandos relacionados à regulação. Também estão definidas no Programa de Oferta, as tabelas de tempos de parada, percurso e nível de desempenho usado para calcular a viagem típica.

O Sistema de Controle associa cada trem a uma viagem definida no Programa de Oferta. Os horários de chegada e saída em determinada plataforma são obtidos a partir do horário de início da viagem somado ao tempo de deslocamento entre a primeira plataforma e a plataforma em questão. A viagem típica, além do tempo de parada nas plataformas, também estipula o nível de desempenho dos trens.

O Programa de Oferta elaborado pelo Sistema de Programação de Oferta (SPO) é baseado nas necessidades de demanda e leva em conta informações sobre disponibilidade de recursos e limitações do sistema.

O operador do posto de controle não dispõe de recursos para alterar o Programa de Oferta e o Sistema de Controle persegue o cumprimento das viagens programadas mesmo que a quantidade de trens seja diferente da planejada.

RV é o modo padrão de regulação do sistema e tem como característica a aderência da oferta a demanda, garantida pela programação prévia.

2.5.5.2 RI - Regulação por Intervalo

Outro método de calcular as referências horárias para os trens, a regulação por intervalo utiliza a informação de tempo de volta e quantidade de trens no sistema para calcular o intervalo entre eles ($\text{intervalo} = \text{tempo de volta} / \text{número de trens}$). De posse dos dados o sistema projeta, dinamicamente, uma base horária determinando o horário teórico de chegada de trem em cada plataforma. Quando um trem chega à plataforma, esta tem a sua referência incrementada do valor do intervalo determinando o horário de chegada do próximo trem. A cada entrada ou saída de trem, o intervalo é alterado e as referências das plataformas são recalculadas. Não há programação prévia.

RI é usada preferencialmente em situações de degradação do sistema controlado e tem como principal característica a otimização dos recursos disponíveis tendo como foco o cumprimento do intervalo possível.

2.5.6 Estratégias

Além das funções básicas de regulação, o sistema de controle dispõe de estratégias para contornar alguns desvios específicos, como intervalos muito grandes, atraso excessivo, interferência do sistema de sinalização de via (ATP), etc.

A aplicação das estratégias tem prioridade sobre a recuperação de atrasos e adiantamentos relacionados à referência horária.

2.6 Comercialização de Energia Elétrica no Brasil

A comercialização de energia elétrica no Brasil está regida pela Lei 10.848 de 15 de março de 2004, que dispõe sobre a comercialização da energia elétrica no país, estabelecendo as diretrizes para a contratação da mesma, sendo regulada ou livre e pelo Decreto n.º 5163 de 30 de julho de 2004, que regulamenta a comercialização de energia elétrica.

Primeiramente destaca-se a existência de dois ambientes em que é possível a comercialização de energia elétrica entre concessionários, permissionários e autorizados de serviços e instalações de energia elétrica, bem como destes com seus consumidores no Sistema Interligado Nacional - SIN: Ambiente de Contratação Regulada – ACR e Ambiente de Contratação Livre – ACL.

- a) Ambiente de Contratação Regulada - ACR o segmento do mercado no qual se realizam as operações de compra e venda de energia elétrica entre agentes vendedores e agentes de distribuição, conforme regras e procedimentos de comercialização específicos;
- b) Ambiente de Contratação Livre - ACL o segmento do mercado no qual se realizam as operações de compra e venda de energia elétrica, objeto de contratos bilaterais livremente negociados, conforme regras e procedimentos de comercialização específicos;

Além disso, é importante ressaltar que nenhum consumidor no Brasil poderá estar descontratado, ou seja, os consumidores não supridos integralmente em condições reguladas (consumidores livres), pelos agentes de distribuição e agentes vendedores deverão, a partir de 1º de janeiro de 2005, garantir o atendimento a cem por cento de suas cargas, em termos de energia e potência, por intermédio de geração própria ou de contratos registrados na CCEE e, quando for o caso, aprovados, homologados ou registrados na ANEEL.”

O Metrô-SP na condição de consumidor cativo, era obrigado a comprar energia do agente de distribuição local, que no Município de São Paulo é a Eletropaulo Metropolitana.

Na condição de consumidor cativo as tarifas são reguladas por resoluções da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL.

A Resolução ANEEL nº 456 de 29 de novembro de 2000 estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica para os consumidores e são adotadas as seguintes definições mais usuais:

- a) Consumidor: pessoa física ou jurídica, ou comunhão de fato ou de direito, legalmente representada, que solicitar a concessionária o fornecimento de energia elétrica e assumir a responsabilidade pelo pagamento das faturas e pelas demais obrigações fixadas em normas e regulamentos da ANEEL, assim vinculando-se aos contratos de fornecimento, de uso e de conexão ou de adesão, conforme cada caso.
- b) Consumidor livre: consumidor que pode optar pela compra de energia elétrica junto a qualquer fornecedor, conforme legislação e regulamentos específicos.
- c) Contrato de adesão: instrumento contratual com cláusulas vinculadas às normas e
- d) Regulamentos aprovados pela ANEEL, não podendo o conteúdo das mesmas ser modificado pela concessionária ou consumidor, a ser aceito ou rejeitado de forma integral.
- e) Contrato de fornecimento: instrumento contratual em que a concessionária e o consumidor responsável por unidade consumidora do Grupo “A” ajustam as características técnicas e as condições comerciais do fornecimento de energia elétrica.
- f) Contrato de uso e de conexão: instrumento contratual em que o consumidor livre ajusta com a concessionária as características técnicas e as condições de utilização do sistema elétrico local, conforme regulamentação específica.
- g) Estrutura tarifária: conjunto de tarifas aplicáveis às componentes de consumo de energia elétrica e/ou demanda de potência ativas de acordo com a modalidade de fornecimento.

- h) Estrutura tarifária horo-sazonal: estrutura caracterizada pela aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência de acordo com as horas de utilização do dia e dos períodos do ano, conforme especificação a seguir:
- i) Tarifa Azul: modalidade estruturada para aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano, bem como de tarifas diferenciadas de demanda de potência de acordo com as horas de utilização do dia.
- j) Horário de ponta (P): período definido pela concessionária e composto por 3 (três) horas diárias consecutivas, exceção feita aos sábados, domingos e feriados nacionais, considerando as características do seu sistema elétrico.
- k) Horário fora de ponta (F): período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas no horário de ponta.
- l) Período úmido (U): período de 5 (cinco) meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras de dezembro de um ano a abril do ano seguinte.
- m) Período seco (S): período de 7 (sete) meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras de maio a novembro.

Grupo "A": grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão igual ou superior a 2,3 kV, ou, ainda, atendidas em tensão inferior a 2,3 kV a partir de sistema subterrâneo de distribuição e faturadas neste Grupo nos termos definidos no art. 82, caracterizado pela estruturação tarifária binômia e subdividido no Subgrupo A2 - tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV.

A Resolução ANEEL estabelece ainda as seguintes classes e subclasses para efeito de aplicação de tarifas:

- a) - Serviço Público

Fornecimento, exclusivamente, para motores, máquinas e cargas essenciais à operação de serviços públicos de água, esgoto, saneamento e tração elétrica urbana e/ou ferroviária, explorados diretamente pelo Poder Público ou mediante concessão ou autorização, devendo ser consideradas as seguintes subclasses:

- a) Tração Elétrica;

A Tarifa Azul será aplicada considerando a seguinte estrutura tarifária:

I - demanda de potência (kW):

- a) um preço para horário de ponta (P); e
- b) um preço para horário fora de ponta (F).

II - consumo de energia (kWh):

- a) Um preço para horário de ponta em período úmido (PU);
- b) Um preço para horário fora de ponta em período úmido (FU);
- c) Um preço para horário de ponta em período seco (PS); e
- d) Um preço para horário fora de ponta em período seco (FS).

O Metrô-SP, portanto, seria na condição de cativo, um consumidor de classe serviço público, subclasse tração elétrica, grupo A, subgrupo A2, sujeito à tarifa azul, enquadrado na estrutura tarifária horo-sazonal e no ACR.

Como consumidor livre, o Metrô-SP obrigatoriamente enquadra-se no ACL. Para adquirir energia elétrica diretamente de um agente vendedor sob controle estadual, foi realizada ofertas públicas junto a agentes vendedores e exportadores.

2.6.1 Histórico

O Metrô de São Paulo, na sua implantação, foi beneficiado com descontos na tarifa de energia elétrica, conforme disposto no artigo 20 do Decreto nº 62724 de 17/05/68.

Coube ao Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica DNAEE, a determinação da porcentagem desse desconto, fixada em 75% no início da Operação Comercial em 1974.

A partir de 1979, esses descontos passaram a ter o seu índice reduzido de forma sistemática, até sua supressão total em dezembro/87, conforme mostrado a seguir:

PORTARIA (DNAEE)	DATA	DESCONTO (%)
140	22/11/79	70,0
068	06/05/84	58,0
119	06/08/84	50,0
164	01/11/84	45,0
025	05/02/85	40,0
153	26/11/86	58,3 (Cruzado II)
027	11/03/87	50,6
137	08/10/87	40,0
152	11/11/87	20,0
203	10/12/87	0,0

Tabela 3. Evolução das tarifas de energia elétrica até 1987.

Desta forma, num período pequeno, o Metrô teve um acréscimo nos custos de energia elétrica da ordem de 300%.

Até Jan./1986, as demandas de energia elétrica contratadas eram estipuladas entre dois de valores: a maior demanda registrada no mês anterior ou a média das demandas registradas nos últimos 11 meses. Estas revisões eram realizadas anualmente e os contratos eram celebrados por subestação primária. Nesta época oneravam as contas de energia elétrica as multas por ultrapassagem de energia elétrica, principalmente onde ocorriam os socorros elétricos entre as subestações primárias.

Além disso a partir de janeiro de 1986 foi implantado o Sistema Tarifário Horosazonal, implicando em novos acréscimos (cerca de 7%), nas contas de energia elétrica. Destaca-se que o objetivo básico da implantação deste sistema foi estimular o deslocamento de parte da carga do consumidor para os horários e períodos do ano mais convenientes ao sistema elétrico das concessionárias, o que vai de encontro à finalidade do Metrô que é o transporte de passageiros.

Em 1988, foi possível a implementação da Demanda Integralizada. Para efeito de faturamento, as demandas de energia elétrica são computadas no intervalo de integração que é de 15min.. Para o faturamento da demanda integralizada, são somadas as demandas de cada uma subestações primárias no mesmo intervalo de integração e na mesma Linha Metroviária, ou seja, demandas coincidentes.

A figura 4, mostra um exemplo de demanda integralizada de um dia normal, com as três subestações primárias alimentando a Linha 1 –Azul. É importante ressaltar que a demanda de integralização chegou a aproximadamente a 40.000 kW.

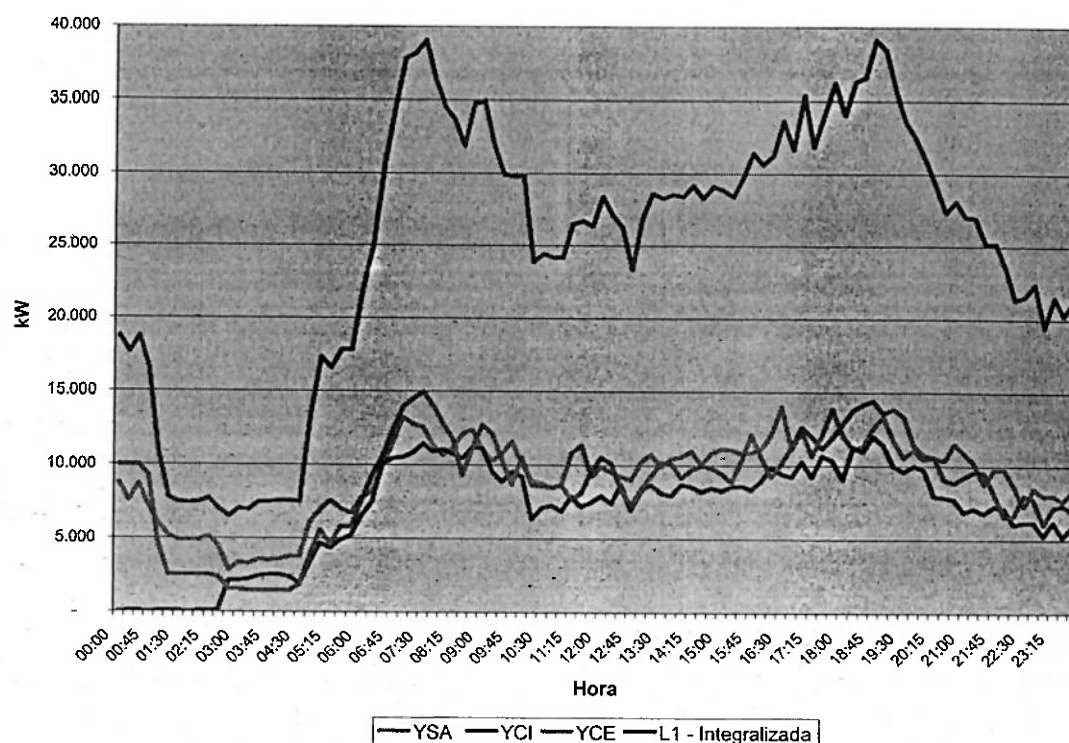


Figura 4. Gráficos de demandas da Linha 1- Azul - dia típico

A figura 5, mostra um exemplo de demanda integralizada de um dia atípico, onde ocorreu a falta de alimentação elétrica da subestação YCI, o sistema elétrico neste período foi alimentado por duas subestações sem nenhum tipo de restrição ao desempenho dos trens. Podemos verificar que a demanda de integralização no período da falta de alimentação elétrica de uma subestação primária chegou também a aproximadamente a 40.000 kW, ou seja, não ocorreram grandes variações na demanda integralizada. Esta flexibilidade era a grande benefício que tínhamos nos contratos como consumidor cativo.

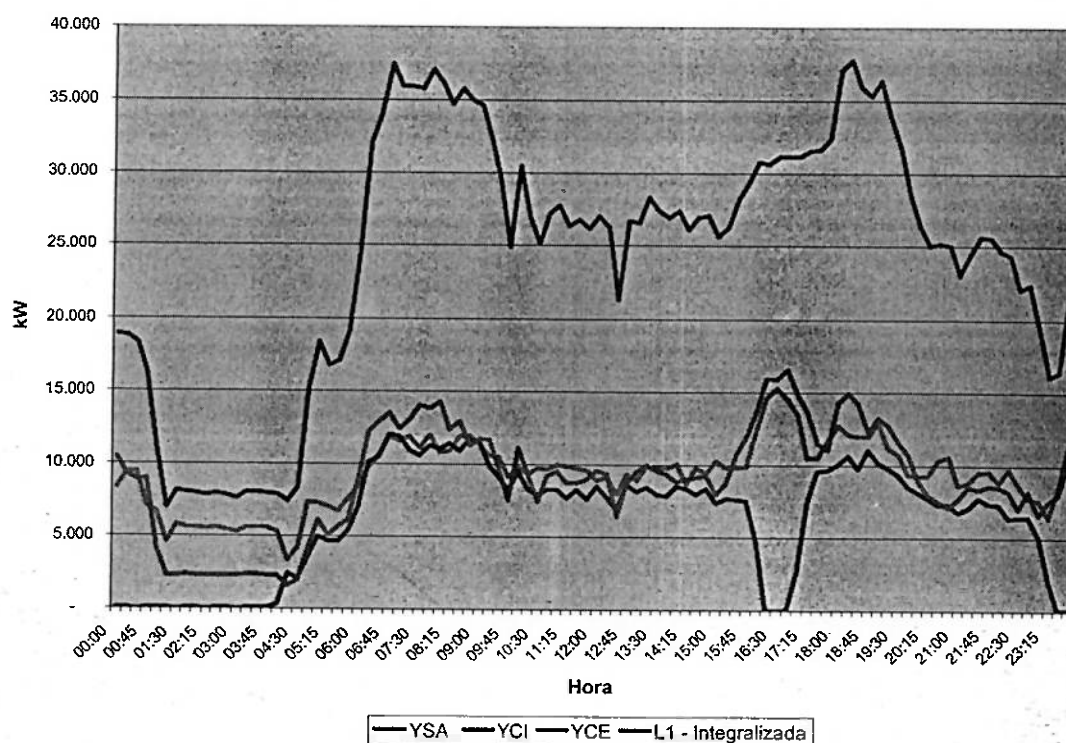


Figura 5. Gráficos de demandas da Linha 1- Azul - dia atípico

Os contratos de energia elétrica a partir desta data foram celebrados estipulando-se os valores de demanda contratada como sendo os valores encontrados nas demandas integralizadas. O conceito de integralização das demandas das subestações primárias, possibilitou uma redução de 5% na fatura de energia elétrica e também como principal ganho ao sistema metroviário, foi a grande flexibilidade operacional que o sistema elétrico passou a ter uma vez que não havia a preocupação pela ultrapassagem de demanda contratada. A contratação da energia elétrica como consumidor cativo e com as demandas integralizadas, terminou em dezembro de 2004.

O Metrô buscando sempre a redução dos custos operacionais, vislumbrou a oportunidade de diminuir os custos com a energia elétrica alterando os contratos de energia elétrica de consumidor cativo para consumidor livre. A partir de janeiro de 2005 o Metrô passou a ser consumidor livre, o que possibilitou a redução de aproximadamente 30% nos gastos com este insumo.

O montante acumulado entre a diferença das contas de energia elétrica como consumidor cativo e consumidor livre, desde o início da vigência do contrato atual é de aproximadamente R\$ 56.000.000,00 (cinquenta e seis milhões de reais), ou R\$ 2.000.000,00 (dois milhões de reais) por mês. Esta comparação é feita através da estimativa das contas de energia elétrica nos mesmos moldes do consumidor cativo e os gastos efetivamente pagos como consumidor livre.

Esta migração contratual, trouxe economias significativas nos custos operacionais, porém, os novos contratos celebrados não permitem a integralização das demandas das subestações primárias, ocasionando como efeito colateral, a perda da flexibilidade operacional no sistema elétrico.

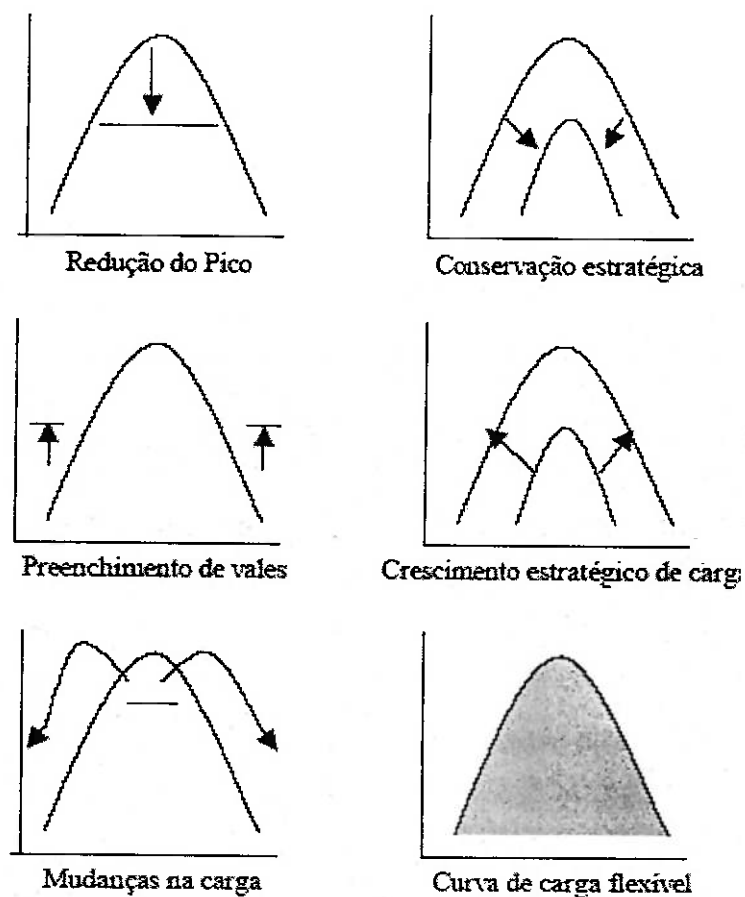
A perda desta flexibilidade operacional nos remeteu aos mesmos problemas encontrados na década de 80, ou seja, os riscos de multas por ultrapassagem de demanda contratada.

Na Linha 1 – Azul devido a melhorias no sistema de trens e no Programa de Oferta de Trens ocorreram multas por ultrapassagem de energia na ordem de R\$ 1.531.272,80, até abril de 2007. Deste total, R\$ 933.546,67 foram devidos a multas por ultrapassagem durante a Operação Comercial, com todo o sistema elétrico disponível. Este valor justifica a implementação de um sistema de controle para evitar as multas por ultrapassagem de demanda, porém não podemos esquecer da finalidade principal do Metrô, que é fornecer um serviço de transporte rápido, seguro e confortável.

2.7 Gerenciamento pelo Lado da Demanda

Vamos utilizar o Gerenciamento pelo Lado da Demanda (GLD) e seus objetivos para aplicarmos as necessidades deste trabalho.

A figura 6, extraída de Gellings (1985), representa cada uma dessas possibilidades.



Fonte: Gellings (1985)

Figura 6. Alterações básicas nas curvas de carga, atendendo a programas de GLD

A seguir, são brevemente descritas cada uma dessas possibilidades, de forma semelhante à Gellings (1985). Como resultado final o primeiro caso, Rebaixamento de Pico, se enquadra perfeitamente as necessidades do Metrô.

- a) Rebaixamento de pico (*peak clipping*): diz respeito a uma das mais clássicas formas de gerenciamento de carga. Rebaixamento de pico é definido como a redução da carga, conseguido através do controle direto no sistema de trens, estamos considerando para os momentos de pico no sistema, porém, podemos considerar outros momentos que não sejam o pico do sistema, mas que possa ocorrer ultrapassagem de demandas contratadas;

- b) Preenchimento de vales (*valley filling*): é a segunda forma clássica de gerenciamento da carga. Deseja-se preencher os vales existentes fora do horário de pico. Devido as características da nossa carga, não é possível implementá-la.
- c) Mudanças na carga (*load shifting*): é a terceira e última forma clássica de gerenciamento de carga. Ela envolve o deslocamento da carga do horário de pico para o horário fora do pico. A carga do sistema não pode ser deslocada, uma vez que temos que nos adaptar aos deslocamentos e horários da população.
- d) Conservação estratégica (*strategic conservation*): é uma mudança na curva de carga que geralmente ocorre pelo incentivo à troca de aparelhos de uso final por modelos mais novos e eficientes. Envolve a mudança dos equipamentos elétricos, afim de aproveitar totalmente a energia de regeneração dos trens em desaceleração.
- e) Crescimento estratégico da carga (*strategic load growth*): é um crescimento global, estimulada pela empresa, além do preenchimento de vales anteriormente descrito. Este crescimento pode ocorrer, por incentivos ao transporte público. Este fenômeno para o Metrô é natural, uma vez que as políticas de transporte mudam com a finalidade de atrair a propulsão ao seu uso, como exemplo nesta categoria tem o Bilhete Único. Neste caso pode ocorrer o efeito colateral do aumento da demanda, de energia para suprir a demanda de usuários.

Curva de carga flexível (*flexible load shape*): é um conceito relacionado à confiabilidade. No planejamento futuro, que deve englobar o estudo da oferta e da demanda, a carga poderá ser flexível se forem dadas aos usuários opções de qualidade do serviço, que variam conforme o preço. Já foram aplicados programas deste tipo para deslocamento de parte da carga, ou seja, as tarifas para acesso ao sistema eram mais baratas em determinado horário matutino, na prática o deslocamento era pequeno, sendo efetuado pelos próprios usuários que utilizavam o sistema independentemente do valor da tarifa.

CAPÍTULO 3. METODOLOGIA: ANÁLISE E VERIFICAÇÃO DA PROJEÇÃO DA DEMANDA ELÉTRICA

3.1 Trabalhos Anteriores

Em 1992, no III Seminário de Operação Metro-Ferroviária – ANTP, Turbuk e Ganzarolli, apresentaram o trabalho “Conservação de Energia Elétrica Através de Controle de Tráfego”, dizendo: “No caso da subestação primária Pedro II que alimenta o maior setor da LLO com 9 estações, ou mesmo quando uma subestação primária estiver suprindo a falta de outra, o número de trens em movimento no trecho correspondente pode atingir metade da frota, ou seja em torno de 20. Nessas condições, a partida simultânea destes trens devido a uma desenergização temporária, porém rotineira o trecho, pode solicitar potências da ordem de 100MW, que embora suportáveis pela subestação face ao reduzido intervalo, podem provocar a atuação do sistema de proteção, com desagradáveis conseqüências ao sistema.

Para evitar este risco, é possível implantar estratégias operacionais no sistema que afetem a movimentação dos trens, através de alterações nos níveis de desempenho impostos aos trens pelo sistema de controle.

Através da implementação de restrições aos níveis de desempenho dos trens em determinados trechos da Linha, é possível alterar as curvas características de partida dos trens.”

Este trabalho inseriu no meio metroviário a idéia de controle de trens para evitar as ultrapassagens de demanda contratada.

A idéia apresentada falava da implantação de um sistema ON LINE, utilizando sinais obtidos diretamente do Registrador Digital de Tarifação Diferenciada –RDTD, das subestações primárias, onde o resultado esperado era prever desvios e sobrecargas dentro do intervalo de integração, que é de 15 min., para atuar no sistema de controle de tráfego, evitando as ultrapassagens de demanda e também permitiria o ajuste contínuo da programação horária dos trens, aliando máximo desempenho, com o mínimo consumo de energia.

Problemas na implantação deste sistema ON LINE, como infra-estrutura e também a cultura de operacional da época de não interferir no sistema de tráfego, fizeram com que a idéia original não fosse implantada de imediato.

Atualmente a energia elétrica corresponde ao segundo maior custo operacional do Metrô, justificando o investimento para minimização destes custos, que tem como consequência uma mudança de filosofia operacional, onde se busca diminuir ou evitar custos adicionais na contas de energia elétrica, atuando diretamente no controle de trens.

Em 1999 iniciou-se o processo de modernização do Centro de Controle Operacional (CCO), adicionado muitas funcionalidades ao sistema elétrico. Uma das principais modificações foi a aquisição dos sinais oriundos dos medidores de energia elétrica instalados nas subestações primárias.

Em 2002 iniciou-se a troca dos RDTD por Medidores Eletrônicos de Massa – MEM. Estes novos medidores são mais confiáveis e de melhor precisão, além de dispor de saída dedicada para envio dos sinais (pulsos de demanda) para o consumidor.

Em 2003, foi iniciado o processo de implantação e aquisição e tratamento dos sinais dos medidores no CCO. Este processo demorou dois anos para ser concluído. Atualmente os dados tratados pelo software de controle estão com pendências e não são confiáveis.

Da estrutura implementada podemos utilizar os dados originais enviados pelos medidores, sem o tratamento do software de controle, chamaremos de dados brutos. Estes sinais chegam ao CCO de duas formas:

- a) Intervalo de integração dos pulsos de demanda de 15min em 15min; e
- b) Intervalos intermediários acumulativos dos pulsos de demanda de 20s em 20s.

3.2 Sistema de Monitoração e Controle de Demanda Proposto

O sistema de monitoração e controle de demandas pode ser utilizado em dois momentos do sistema elétrico; o primeiro quando ocorrer a falta de alimentação elétrica em uma das subestações primárias, ficando o sistema elétrico alimentado por duas subestações primárias e o segundo quando todas as subestações primárias estão alimentando o sistema elétrico.

No primeiro caso, na falta da alimentação elétrica de uma subestação primária, para que este setor não fique sem energia, o socorro acontece por outra subestação, com as consequências do aumento da demanda. Neste caso é prudente que se utilize este método em horários em que a concentração de trens seja menor, ou seja, fora dos horários de pico da Operação Comercial.

No segundo caso, com as três subestações primárias alimentando o sistema elétrico, o risco estaria nos horários de pico dos trens, associado a interferências externas ao sistema ou a novos programas horários de trens, ou a novas configurações no sistema de desempenho dos trens. No ano de 2006, ocorreram modificações nos níveis de desempenho dos trens na Linha 1- Azul e também inauguração de novas estações no sistema metroviário, causando as multas por ultrapassagem de demanda.

3.3 Aquisição dos Dados

Os dados para estes estudos foram obtidos diretamente dos medidores instalados nas subestações primárias.

3.3.1 Dados Brutos

Estamos chamando de dados brutos os pulsos recebidos dos medidores das subestações primárias, sem nenhum tipo de tratamento. Os dados brutos foram obtidos no banco de dados do CCO, permitindo montar um cenário o mais real possível, dos dias de ultrapassagem, afim de constatar as possíveis intervenções no sistema de controle dos trens e verificarmos a viabilidade da ferramenta.. Serão analisados os pulsos parciais de demanda elétrica, sem as constantes de multiplicação dos medidores. Estes pulsos são enviados até o CCO de 20 em 20 seg.

3.3.2 Parâmetros de Gerais do Sistema

É apresentada neste item a metodologia para projeção futura dos valores de demanda elétrica, a partir dos dados brutos coletados no banco de dados do CCO:

- a) D1 – Demanda para ativação de um primeiro nível de atuação sobre o sistema controlado. Estamos estimando este valor em 100% do valor contratado em cada subestação primária;

- b) D2 – Demanda para ativação de um segundo nível de atuação sobre o sistema controlado. Estamos estimando em 103% da demanda contratada em cada subestação primária;
- c) T0 –Tempo que estabelece a acomodação inicial sistema de controle de demanda. Inicia-se sempre com os primeiros pulsos do intervalo de integração. Nada é esperado do sistema neste momento.
- d) T1 –Tempo que estabelece o momento no qual o sistema de controle de demanda alarma sobre os níveis críticos de demanda, e determina o momento a partir do qual o sistema de controle de demanda solicita ações imediatas sobre o sistema controlado.
- e) Delta T1 – Intervalo de tempo de acumulação estimado em 20s.

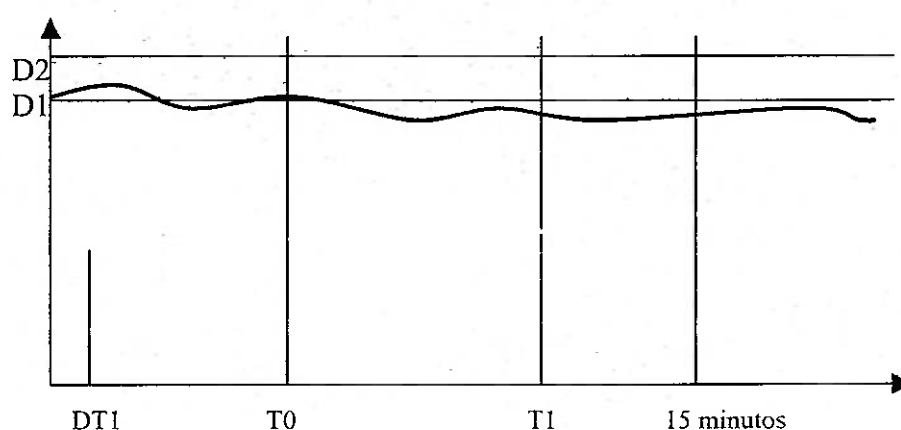


Figura 7. Gráfico com os parâmetros de controle

3.3.3 Equações de controle (constantes e entradas envolvidas)

Seleção do número de amostras utilizadas para a extrapolação (dentro do período de integração) :

- a) Total (todas as amostras). No intervalo de integração de 15min, existem a possibilidade de conseguirmos aproximadamente 45 amostras de 20s, este valor varia devido a perdas de transformação de sinais desde os medidores até o CCO;

- b) Para projeção das curvas de demanda foram utilizadas três tipos de amostras. No primeiro momento foi determinado em 10 pulsos, o que equivale 3min e 20s. No segundo momento foram utilizados 5 pulsos e no terceiro momento foi utilizado a projeção mais próxima possível do hedway praticado nos horários de pico de trens, que foi de 6 pulsos

Para implementação gráfica foi realizado uma extrapolação linear ($y = Bx$).

3.3.4 Parâmetros individuais das unidades de aquisição de dados de energia

Cada subestação primária da Linha 1 –Azul, possui uma demanda contratada e são diferentes entre si. As demandas contratadas são:

- c) YSA – 14.500 kW;
- d) YCI – 13.000 kW;
- e) YCE – 16.000 kW.

Estas variações ocorrem devido aos setores elétricos serem diferentes em tamanhos e números de estações, como consequência o número de trens também é variável nestas subestação.

A constante de demanda dos medidores de energia é 76,8 kW. Então o número de pulsos que cada subestação pode chegar até o limite da demanda contratada é de:

- a) YSA – 188,8;
- b) YCI – 169,3;
- c) YCE – 208,3.

Como a legislação permite uma tolerância de 5% acima das demandas contratadas, os pulsos de cada subestação podem chegar no máximo em:

- a) YSA – 198,2;
- b) YCI – 177,7;
- c) YCE – 218,7.

Para efeito de controle das demandas sem riscos de ultrapassagem, determinamos como valor ótimo, 3% acima da demanda contratada. Os pulsos máximos de controle das demandas ficam em:

- a) YSA – 194;
- b) YCI – 174;
- c) YCE – 214.

Foram desprezadas as casas decimais para facilitar a implementação. Neste caso foram rebaixados os limites de tolerância, devido às defasagens do sistema na aquisição dos pulsos de demanda. Além da defasagem devemos tomar o cuidado na implementação da ferramenta, pois dentro do intervalo de integração são esperados 45 pulsos de 20s, porém, analisando as amostras estatisticamente descobrimos que este valor é variável, na faixa de 43 a 46 pulsos.

Criamos para aplicação desta ferramenta o conceito demanda de substituição na Ponta / Fora_de_Ponta. Foi necessária esta implementação devido a problemas de sistema, onde o número de pulsos poderia ser negativo ou sem a referência do campo onde não seria possível a projeção futura.. Estes valores podem ser utilizados em caso de falta do sinal do campo, associada a falha nos medidores ou na Unidade Terminal Remota – UTR. Os valores das demandas de substituição, por definição, serão os mesmos pulsos das demandas contratadas.

3.3.5 Ações do processo de controle de demanda

Para limite de demanda adotado, deve ser permitido a entrada do trecho em restrição para cada agrupamento, bem como a restrição a ser adotada. A restrição poderá ser diferente, dependendo do intervalo faltante para o final dos 15 minutos. Portanto, depende se o instante da ocorrência encontra-se depois de T1. Assim sendo, teríamos que previamente por configuração do sistema, inserir as seguintes informação:

3.3.5.1 Limite de Demanda D1

Trecho com possibilidade de restrição, que corresponde as estações interligadas diretamente ao setor da subestação primária. Dependeria também do parâmetro T1.

3.3.5.2 Limite de Demanda D2

Trecho com possibilidade de restrição, que corresponde às estações interligadas diretamente ao setor da subestação primária. Transcorrido o tempo de T1, poderíamos aplicar as seguintes ações: KW limitada, redução de velocidade, aumento do tempo de parada nas plataformas, defasagem entre as partidas ou em casos extremos a parada da circulação. As ações a serem tomadas podem ser associadas em duas ou três estratégias, dependendo do grau de severidade da ultrapassagem.

3.3.6 Apresentação Gráfica

A apresentação gráfica dos dados obtidos será efetuada de modo relativo, com base percentual.

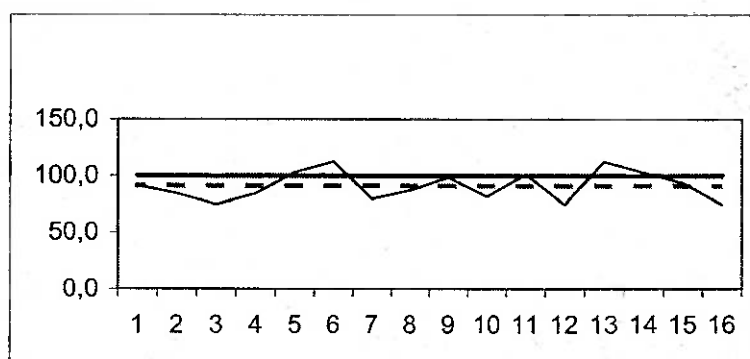


Figura 8. Representação gráfica para controle de demanda

3.3.6.1 Disposições Gerais

Tendo sido detectada pelo sistema de controle elétrico uma expectativa de demanda superior ao contratado, ações poderiam ser tomadas em conjunto com sistema de controle de trens, que ativaria estratégia condicional de redução de demanda, objetivando a organização da movimentação de trens para alcançar o racionamento temporário da demanda. Lembramos que estas ações não demorariam, em princípio, mais que 5min e que ações de restrição são tomadas em dias de chuva.

3.4 Aplicação da Metodologia Proposta

Esse item apresenta a aplicação da metodologia descrita neste capítulo. Foi selecionado o caso de ultrapassagem ocorrido janeiro de 2007, na subestação primária de YSA.

3.4.1 Dados para o Estudo

Ocorrências de Ultrapassagem do Limite da Demanda Contratada em 30/01/2007 às 18:15 – Primária de YSA;

Para a análise foram levantados os seguintes dados:

- a) dados brutos do medidores das subestações Primárias em período anterior e posterior à ocorrência;
- b) Levantamento da situação dos trens no período da ultrapassagem da demanda.
- c) Gráficos das ultrapassagens

3.4.2 Ultrapassagem em YSA em 30/01/2007

Neste gráfico desta ultrapassagem, mostramos o período entre 15hs e 20hs, para identificarmos o contexto de Operação neste dia. Podemos notar 3 intervalos de integração com pulsos acima do limite D2, porém somente no intervalo entre 18hs e 18h15min ocorreu a ultrapassagem.

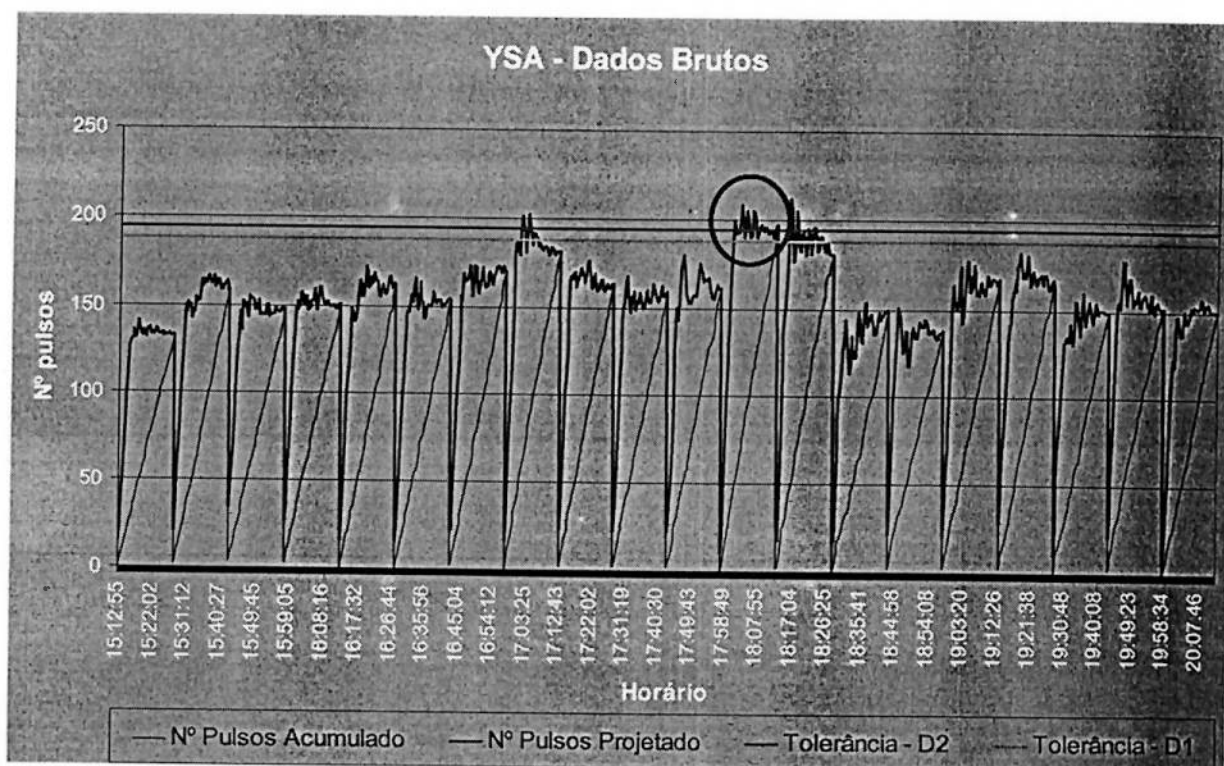


Figura 9. Gráfico dos intervalos de integração de YSA do dia 30/01/2007

Vamos analisar o intervalo da ultrapassagem, em conjunto com a ferramenta proposta. Serão apresentadas três formas de cálculo da projeção da demanda futura, com 10, 5 e 6 pulsos.

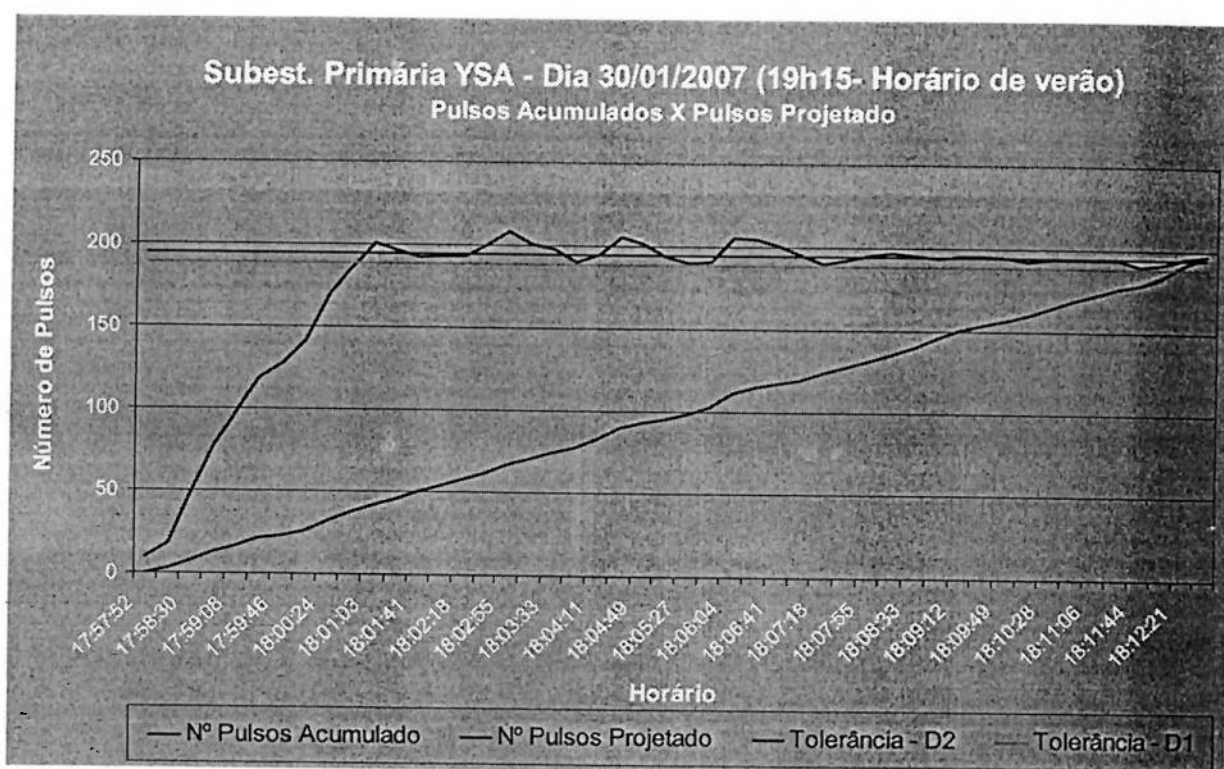


Figura 10. Gráfico do intervalo de integração com Ultrapassagem – Amostragem de 10 pulsos

Neste caso, a projeção de demanda está no limite de D2, até o final do intervalo, onde ocorreu uma elevação na rampa desta projeção. Para estipularmos um valor de T1, onde atuaríamos no sistema de trens, inicialmente prevemos em 10min. Como a curva projetada esteve sempre no limite de D2, não havia tempo de resposta do sistema para esta atuação, no final do intervalo. Para garantirmos a imposição das restrições ao desempenho dos trens, será necessário encontrarmos valores acima de D2, no intervalo entre 10 e 15min, do intervalo de integração.

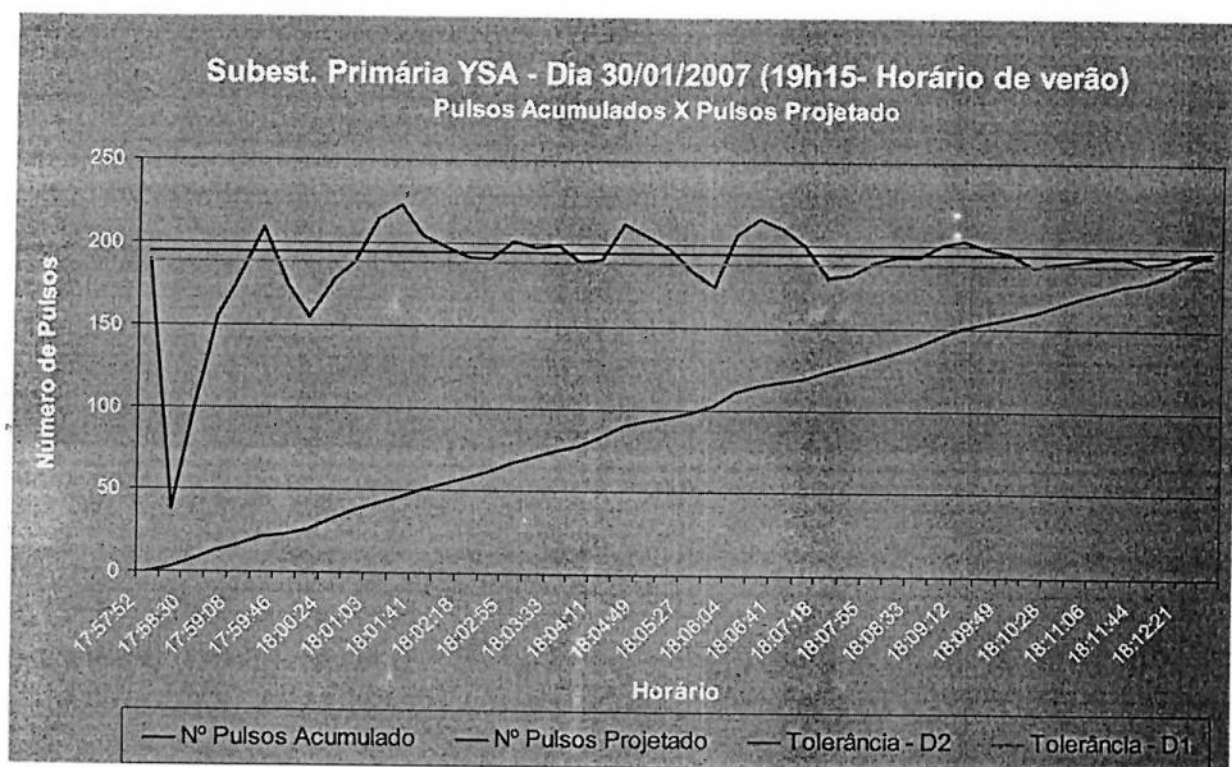


Figura 11. Gráfico do intervalo de integração com Ultrapassagem – Amostragem de 5 pulsos

Neste caso, a projeção de demanda está acima do limite D2, depois do tempo T1. Esta curva projetada apresentou grandes variações no intervalo de integração. Fica claro a necessidade de imposição das restrições ao desempenho dos trens neste intervalo de integração.

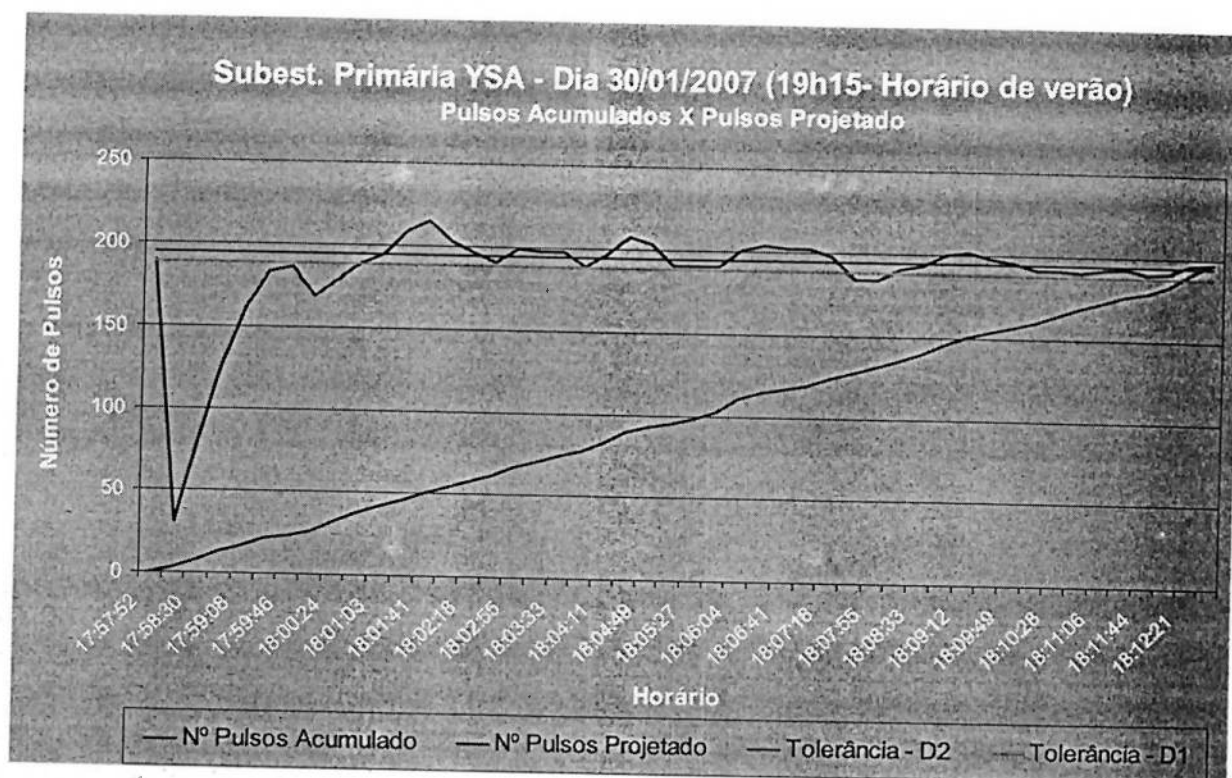


Figura 12. Gráfico do intervalo de integração com Ultrapassagem – Amostragem de 6 pulsos

Neste caso, a projeção de demanda está acima do limite D2, depois do tempo T1. Esta curva projetada está mais suavizada e com menor variação no intervalo de integração. Fica claro também neste caso a necessidade de imposição das restrições ao desempenho dos trens neste intervalo de integração.

3.4.3 Resultados Alcançados

Em todos os três dias analisados, o intervalo de integração de 15 min. onde ocorreu a ultrapassagem e após um intervalo de acomodação T0, iniciaram com tendências acima dos indicadores D1 e D2. Depois de decorridos 10 min, estas tendências continuavam entre os valores de D1 e D2, que consideramos críticos para o sistema. Neste momento o sistema sinaliza que ações poderiam ser tomadas para diminuir estas tendências.

Salientamos também que a ferramenta considera a primeira previsão de demanda utilizando apenas os dados obtidos a partir de uma amostragem de pulsos intermediários, pulsos parciais. Ocorre que o intervalo de integração dos 15min, não coincide com os pulsos parciais. Para efeito de contabilização nas contas de energia elétrica, são utilizados os pulsos dos intervalos de integração, que nem sempre são coincidentes com os pulsos parciais.

CAPÍTULO 4. METODOLOGIA: ANÁLISE E VERIFICAÇÃO DO DESEMPENHO DO MATERIAL RODANTE (TREM) NAS SITUAÇÕES DE ULTRAPASSAGENS DE DEMANDA ELÉTRICA.

Pesquisar qual a correspondência entre o desempenho do Material Rodante (Trem), considerando os diferentes modos de sua atuação, nos momentos de ultrapassagem de demanda. Comparar com situações onde a ultrapassagem não tenha sido atingida.

4.1 Introdução

Qualquer processo de controle da demanda elétrica exige certo conhecimento do comportamento da carga. Cargas que sofrem pequenas variações e que tenham desempenho constante, são em princípio as mais simples de serem compreendidas no aspectos de seu impacto sobre a variabilidade da demanda.

Por outro lado, em situações onde o número de cargas sofre variação constante e também quando o desempenho de cada carga pode sofrer mudanças significativas, temos certamente uma maior dificuldade em determinar com mais clareza quais os fatores que predominam e contribuem significativamente no comportamento da demanda elétrica.

A circulação de trens num trecho de via reproduz as dificuldades apontadas acima. A quantidade de trens ao longo do tempo está condicionada ao programa de oferta de trens (POT). Porém quando olhamos dentro do domínio da S/E Primária, o número de trens sofre uma variação contínua, condicionada a diversos fatores.

Também o desempenho destes trens tem comportamento atrelado não somente ao ND programado, mas também a uma série de eventos que estão presentes no sistema (atrasos, falhas de equipamentos, interrupções, interferência de usuários, etc.) que podem levar a mudanças de ND de modo a atender o compromisso de oferta.

4.2 Critérios de seleção dos dados

Foram utilizados três casos de ultrapassagens recentemente ocorridas para servir de subsídio para o estudo. Estas três situações se deram na Linha 1 – Azul, no chamado pico da tarde nos seguintes dias e horários:

- a) Dia 16/01/2007 às 18:45 Setor da primária YCE;

b) Dia 30/01/2007 às 18:15 Setor da primária YSA;

c) Dia 17/05/2007 às 18:30 Setor da primária YCE.

Para o estudo foram utilizadas informações coletadas não somente destes dias, mas de dias em semanas próximas ao ocorrido, buscando realizar comparações com situações de carregamento de oferta parecidos. Sempre que possível, foi utilizado como critério de seleção dos dias a serem comparados, casos onde os mesmos não tenham tido ocorrências que criassem impacto significativo na oferta de trens.

4.3 Ferramenta de pesquisa de dados

O estudo se desenvolveu a partir de informações coletadas na base de dados do sistema de controle centralizado do Metrô, através do chamado Servidor de Administração e Serviços (SAS) que armazena todas as informações geradas pelo campo de todos os subsistemas associados a cada Linha, ou seja, Subsistemas de Trens, Elétrica, Auxiliares e Fluxo de Passageiros, bem como todos os comandos que foram enviados ao campo.

Através do sistema SAS e utilizando ferramenta apropriada, representada pelo exemplo da figura 13, filtramos as informações de modo ordenado por data e hora. Foi possível levantar o desempenho operacional dos trens nos intervalos de cada ocorrência e em intervalos equivalentes de outros dias.

Figura 13. Interface de consulta do sistema SAS para geração de relatórios

Para o levantamento do desempenho operacional do sistema de trens, utilizou-se o mesmo intervalo horário do período de integração em que se deu a ocorrência de ultrapassagem de Demanda Elétrica, fazendo a ressalva de que eventual defasagem horária pode haver entre os relógios destes dois processos: do Sistema de Armazenamento de dados do Metrô e o do Sistema de Armazenamento de dados da Eletropaulo (leitura). Foi considerado, no entanto, que esta defasagem não seria

maior que dois minutos e que não comprometeria a amostra em termos de equivalência e sincronismo de processos.

Nota: A defasagem máxima assumida é a que usualmente tem-se observado entre os dois registros horários.

4.4 Critérios da pesquisa

Para cada dia analisado foi feito o levantamento das informações segundo os critérios abaixo:

- a) Realizamos a pesquisa no trecho afetado, ou seja, no Setor Elétrico em que tenha ocorrido a ultrapassagem, de modo a identificar o número de trens presente a cada instante;
- b) Procuramos levantar as situações de partidas no trecho selecionado, identificando-se o ND que cada trem recebeu.

Como resultados foram obtidos as seguintes informações referentes ao desempenho dos trens em operação na via :

- a) Quantos estavam *presumidamente* em aceleração ou partida da plataforma;
- b) Quantos estavam *presumidamente* em movimento (velocidade do trecho);
- c) Quantos estavam *presumidamente* em frenagem;
- d) Quantos estavam parados em plataforma.

É importante realizar um esclarecimento de que o SAS não armazena e nem tem disponível parte das informações descritas anteriormente. Para os itens onde foi destacado o termo *presumidamente*, deve-se entender que estes dados são obtidos a partir de uma suposição simplificadora. Admitiu-se que ao sair da plataforma todos os trens desenvolvem a aceleração programada no mesmo intervalo de tempo, até o instante em que atingem a velocidade do trecho. O processo de desaceleração, ou frenagem, também se desenvolveria no mesmo intervalo de tempo.

Também são estimadas as situações de sobreposição do código de ATP, entendendo-se que quando num mesmo trecho de via ocorre aproximação entre dois trens, o código da via irá criar condições seguras para que não haja risco de acidente entre os mesmos, mas também criará alteração no desempenho do trem que se aproxima por alterar o código de velocidade inicialmente estabelecido. Neste caso, fez-se

levantamento (por estimativa de tempo de viagem) das situações na via em que estariam ocorrendo situações de sobreposição (ou sombra) do código.

Inserimos a seguir um gráfico exemplo com todos os dados anteriormente mencionados para um dos dias de ultrapassagem de Demanda Elétrica – dia 17/05/2007, ver figura 14.

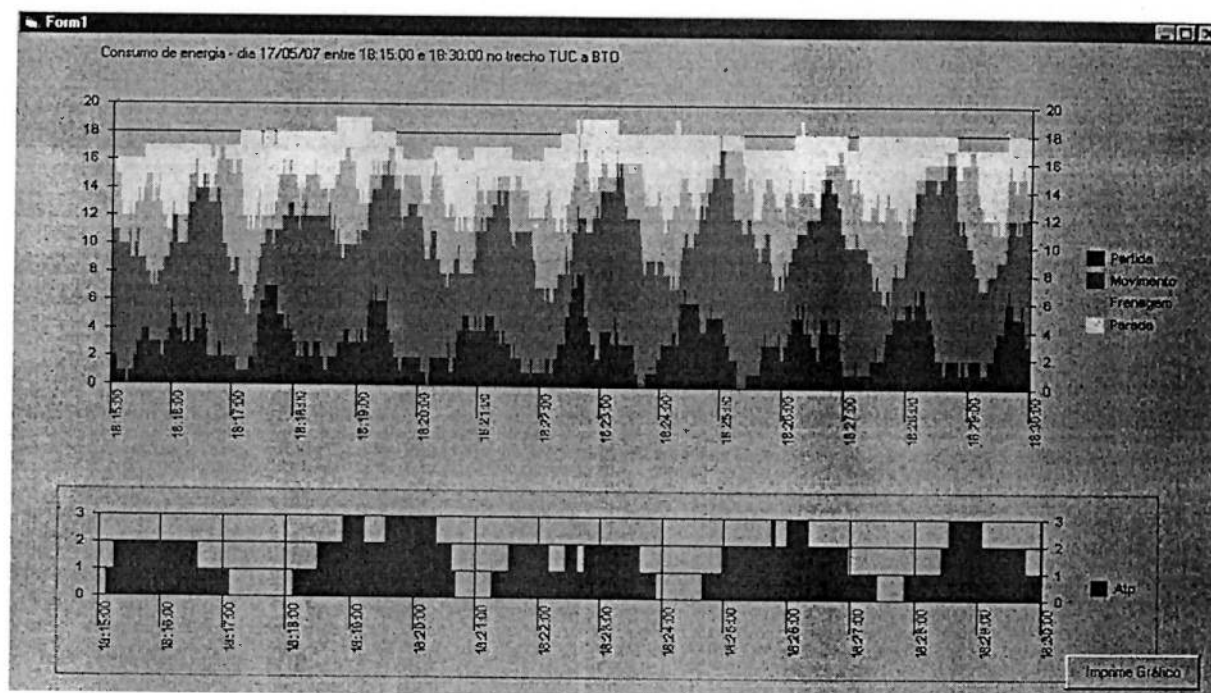


Figura 14. Levantamento das condições de operação dos trens no dia 17/05/2007, das 18h15m às 18h30m no trecho de TUC a BTO (Setor Elétrico de YCE)

4.5 Resultados esperados com a pesquisa

Para cada um dos "Estudos de Casos" que se seguem a frente, os dados referentes ao desempenho do sistema de trens foram reunidos de modo a observar três aspectos operacionais do comportamento do Trem :

- a) Em que nível de desempenho (ND) o sistema de controle de tráfego realizava o controle dos trens com maior predominância ?

O objetivo desta avaliação é o de caracterizar se poderia haver uma condição de circulação dos trens no intervalo de integração da ocorrência, que estivesse levando os trens a uma condição de maior desempenho em termos de aceleração e

velocidade. Conhecendo isto, poder-se-ia analisar se esta condição, seria um dos fatores preponderantemente responsável pela ultrapassagem da demanda elétrica contratada.

- b) Qual o *volume* de trens em estado de Aceleração, Movimento e em Sobreposição de ATP ?

Também neste levantamento o que se pretende é buscar dentro de cada intervalo de integração o desempenho dos trens, comparativamente a outros dias sem ocorrência, que pudesse indicar um "volume" (integral) de situações maiores com trens em Aceleração ou em Movimento. Os casos de sobreposição de ATP também podem auxiliar nas conclusões, uma vez que presumidamente quando estivessem ocorrendo situações de excessivas "sombras" de um trem sobre outro, isto poderia interferir no crescimento da demanda elétrica.

- c) Qual a distribuição de trens (percentual) ao longo do intervalo de integração ?

Nesta avaliação o que se pretende é conhecer as condições de circulação em termos quantitativos (número de trens) versus tempo. Ou seja, verificar quantos trens estavam no trecho, a cada instante (segundo) e quantificar estes dados de modo a ter-se uma noção numérica em termos de trens ao longo do período de integração.

Cabe esclarecer que o número de trens no trecho afetado – ou Setor Elétrico afetado – é dependente de dois fatores :

- Do número de trens programados para aquele horário, ao longo de toda a linha metroviária, de acordo com o POT, e;
- Do número de trens presentes no trecho afetado. Lembrando neste ponto, que número é variável ao longo do tempo em virtude das transições dos trens entre os diferentes setores elétricos – ver figura 15.

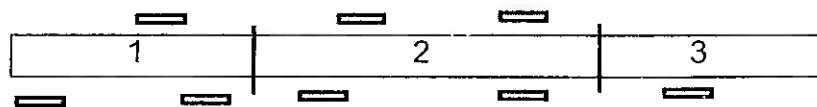


Figura 15. Exemplo de uma distribuição de trens ao longo dos Setores Elétricos de uma linha metroviária

No esquemático simplificado da figura 15, que pretende simbolizar a circulação variável de trens na via. Temos, no exemplo, três setores elétricos (1, 2 e 3) e também podemos verificar uma representação dos trens em cada setor (retângulo cinza). Quer se chamar a atenção, pois o número de trens presentes em cada setor pode ser variável, em função das condições de desempenho do *carrossel* – tem-se neste instante 3 trens, mas este número pode certamente variar nos momentos seguintes para 2, 4 ou a até 1 trem.

O que se pretende é levantar a distribuição dos trens ao longo do período de integração e onde se encontrava a maior concentração de trens, dentro desta distribuição.

4.6 Análise dos dados

4.6.1 Caso nº. 1 – dia 16/01/2007, das 18h30m as 18h45m no trecho de TUC a BTO (Setor Elétrico de YCE)

A data de 16/01/2007 foi um dia útil – terça-feira – com circulação normal na via, não apresentando no período que antecede a ocorrência de ultrapassagem de demanda, registro de situações operacionais que justificassem atraso na subida dos trens ou na programação horária.

Foi analisado o período da ocorrência da ultrapassagem (coluna central), bem como intervalos de 30 minutos anteriores e posteriores a mesma. O objetivo nesta avaliação é o de comparar a situação em que ocorreu a ultrapassagem com intervalos horários próximos e poder identificar as variáveis do sistema de tráfego que mais sofreram alteração e tentar estabelecer uma correlação com a ultrapassagem da demanda elétrica.

16/01/07		18:00:00	18:15:00	18:30:00	18:45:00	19:00:00
		18:14:59	18:29:59	18:44:59	18:59:59	18:15:00
Distribuição de ND	1	106	124	153	130	132
	2	0	6	0	3	0
	3	2	2	1	6	5
	4	3	1	3	6	13
	5	1	0	0	1	3
	6	12	9	4	14	8
		124	142	161	160	161
Distribuição de ND (%)	1	85,48	87,32	95,03	81,25	81,99
	2	0	4,23	0	1,88	0
	3	1,61	1,41	0,62	3,75	3,11
	4	2,42	0,7	1,86	3,75	8,07
	5	0,81	0	0	0,63	1,86
	6	9,68	6,34	2,48	8,75	4,97
		100	100	100	100	100

Tabela 4. Distribuição dos ND dos trens na ocorrência de 16/01/2007

16/01/07		18:00/18:15	18:15/18:30	18:30/18:45	18:45/19:00	19:00/19:15
Total de Trens	12	1	0	0	0	0
	13	95	0	0	0	0
	14	246	0	0	0	0
	15	421	32	0	0	0
	16	95	267	0	0	0
	17	42	403	30	2	20
	18	0	156	574	203	75
	19	0	42	256	411	317
	20	0	0	40	283	472
	21	0	0	0	1	17
		900	900	900	900	901
Total de Trens (%)	12	0,11	0	0	0	0
	13	10,56	0	0	0	0
	14	27,33	0	0	0	0
	15	46,78	3,56	0	0	0
	16	10,56	29,67	0	0	0
	17	4,67	44,78	3,33	0,22	2,22
	18	0	17,33	63,78	22,56	8,32
	19	0	4,67	28,44	45,67	35,18
	20	0	0	4,44	31,44	52,39
	21	0	0	0	0,11	1,89
		100	100	100	100	100
		14,71	16,90	18,34	19,09	19,43

Tabela 5. Distribuição dos trens e a forma de sua concentração na ocorrência de 16/01/2007

16/01/07	T_Acel	T_Mov	T_Fren	T_Plac	Tot_T	T_Atp
18:00/18:15	2536	5578	2438	2688	13240	889
%	19,15	42,13	18,41	20,3		6,71
18:15/18:30	2862	6404	2870	3073	15209	1415
%	18,82	42,11	18,87	20,21		9,3
18:30/18:45	3179	6865	3187	3275	16506	1164
%	19,26	41,59	19,31	19,84		7,05
18:45/19:00	3181	7311	3253	3433	17178	1241
%	18,52	42,56	18,94	19,98		7,22
19:00/19:15	3204	7500	3198	3608	17510	1238
%	18,3	42,83	18,26	20,61		7,07

Tabela 6. Integral das distribuições de Trens em Aceleração (T_Acel), Trens em Movimento (T_Mov), Trens em Frenagem (T_Fren), Trens em Plataforma (T_Plac) e Trens com Sobreposição ATP (T_ATP) – ocorrência de 16/01/2007

Foram selecionados dois outros dias neste estudo, dias 09 e 23/01, também dias útil (terça-feira) e outro dia adicional ao estudo com situação de BX na via em função de ocorrências de chuva na cidade.

A imposição de BX, se deu no horário de 11h35m as 18h35m atingindo o trecho de Tucuruvi a Tiradentes.

Pode-se verificar pela tabela 7, a distribuição dos trens nos dias selecionados, sempre no mesmo horário (18h30m as 18h45m).

N.o Trens	4/01	9/01	16/01	23/01
	Percentual			
11		3,6		
12		19,0		
13		55,6		
14		21,9		
15				
16	8,3			25,9
17	26,9		3,3	29,5
18	44,3		63,8	36,1
19	20,5		28,4	8,5
20	0,0		4,4	0,0
	100	100	100	100
	17,77	12,96	18,34	17,27

Tabela 7. Distribuição dos trens e a forma de sua concentração no mesmo horário da ocorrência de 16/01/2007 em dias distintos.

4.6.1.1 Considerações do Estudo de Caso n°. 1

Neste estudo comparativo pode-se verificar, na tabela 4, a acentuada incidência de ND 1 no momento da ocorrência da ultrapassagem, o que representa entender que haviam situações de aceleração máxima, maior velocidade de via e o menor tempo de parada dos trens nas plataformas. Quando comparado com os intervalos horários anterior e seguinte o valor de ND 1 do período da ultrapassagem é no mínimo 4,1 % maior que os demais intervalos.

Observando a tabela 5, que analisa a distribuição e concentração de trens no setor elétrico no dia da ultrapassagem, temos que o percentual máximo de numero de trens em circulação no trecho afetado, indicador 63,8 %, ocorre no momento da ultrapassagem da demanda (verificar que é o maior entre os cinco intervalos selecionados). Porém, em termos de média equivalente de trens em circulação (última linha da tabela 5) pode-se verificar que os intervalos seguintes à ultrapassagem são os que apresentaram condição mais desfavorável quanto a concentração de trens no Setor Elétrico afetado – no intervalo da ultrapassagem há um equivalente a 18,34 trens em circulação, enquanto que nos intervalos seguintes este número equivalente de trens é 19,09 e 19,49, respectivamente.

Na tabela 7, que analisa a distribuição e concentração de trens no setor elétrico em outros dias tomados como comparativos mas sempre no horário da ocorrência, temos que o percentual máximo de numero de trens em circulação no trecho afetado,

indicador 63,8 %, ocorre no momento da ultrapassagem da demanda. Também em termos de média equivalente de trens em circulação (última linha da tabela 7) pode-se verificar que este dia (16/01) apresentou a condição mais desfavorável quanto a concentração de trens no Setor Elétrico afetado – no dia da ultrapassagem há um equivalente a 18,34 trens em circulação, enquanto que o outro dia que apresenta maior concentração, esta abaixo deste indicador - 17,77 (04/01).

Na análise das tabela 5 e 7 pode-se afirmar que a situação de ultrapassagem de demanda elétrica não ocorreu numa situação onde há uma situação desfavorável de concentração de trens no setor elétrico, visto que mesmo no dia da ocorrência houve situações piores ao do intervalo em questão (18h30m as 18h45m).

No que diz respeito aos volumes de Aceleração (T_Acel) e Movimentação (T_Mov), pode-se verificar, pela análise da tabela 3, que não há uma clara predominância destas situações no intervalo da ocorrência, quando comparado aos 30 minutos anteriores e seguintes. Pode-se verificar que o indicador de T_Acel no momento da ocorrência (19,26%) é apenas 0,1% maior que no primeiro intervalo (19,15%). Quanto ao indicador T_Mov no momento da ocorrência é menor que outros da tabela.

O indicador T_Atp no momento da ocorrência (7,05%) tem ordem de grandeza semelhante ao de outros intervalos do mesmo dia, revelando que este fator não teria contribuído (ou sofrido interferência) na correlação com o aumento da demanda elétrica.

4.6.2 Caso nº. 2 – dia 30/01/2007, das 18h00m as 18h15m no trecho de JAB a ANR (Setor Elétrico de YSA)

A data de 30/01/2007 foi um dia útil – terça-feira – com circulação normal na via, não apresentando no período que antecede a ocorrência de ultrapassagem de demanda, registro de situações operacionais que justificassem atraso na subida dos trens ou na programação horária.

Foi analisado o período da ocorrência da ultrapassagem (coluna central), bem como intervalos de 30 minutos anteriores e posteriores a mesma. O objetivo nesta avaliação é o de comparar a situação em que ocorreu a ultrapassagem com intervalos horários próximos e poder identificar as variáveis do sistema de tráfego que mais sofreram

alteração e tentar estabelecer uma correlação com a ultrapassagem da demanda elétrica.

30/01/07		17:30:00	17:45:00	18:00:00	18:15:00	18:30:00
		17:44:59	17:59:59	18:14:59	18:29:59	18:45:00
Distribuição de ND	1	74	92	110	98	81
	2	4	1	0	0	1
	3	6	3	0	0	1
	4	11	1	1	0	2
	5	1	0	0	0	0
	6	10	4	0	0	6
		106	101	111	98	91
Distribuição de ND (%)	1	69,81	91,09	99,1	100	89,01
	2	3,77	0,99	0	0	1,1
	3	5,66	2,97	0	0	1,1
	4	10,38	0,99	0,9	0	2,2
	5	0,94	0	0	0	0
	6	9,43	3,96	0	0	6,59
		100	100	100	100	100

Tabela 8. Distribuição dos ND dos trens na ocorrência de 30/01/2007

30/01/07		17:30/17:45	17:45/18:00	18:00/18:15	18:15/18:30	18:30/18:45
Total de Trens	11	0	0	0	38	0
	12	9	59	3	134	172
	13	240	476	33	301	73
	14	623	309	376	248	390
	15	28	56	488	179	176
	16	0	0	0	0	90
	17	0	0	0	0	0
	18	0	0	0	0	0
	19	0	0	0	0	0
	20	0	0	0	0	0
		900	900	900	900	901
Total de Trens (%)	11	0	0	0	4,22	0
	12	1	6,56	0,33	14,89	19,11
	13	26,67	52,89	3,67	33,44	8,11
	14	69,22	34,33	41,78	27,56	43,33
	15	3,11	6,22	54,22	19,89	19,56
	16	0	0	0	0	10
	17	0	0	0	0	0
	18	0	0	0	0	0
	19	0	0	0	0	0
	20	0	0	0	0	0
		100	100	100	100	100
		13,74	13,40	14,50	13,44	13,95

Tabela 9. Distribuição dos trens e a forma de sua concentração na ocorrência de 30/01/2007

30/01/07	T_Acel	T_Mov	T_Fren	T_Plac	Tot_T	T_Atp
17:30/17:45	2168	5397	2111	2694	12370	557
%	17,53	43,63	17,07	21,78		4,5
17:45/18:00	1928	5042	2049	3043	12062	1066
%	15,98	41,8	16,99	25,23		8,84
18:00/18:15	2230	5941	2235	2643	13049	1847
%	17,09	45,53	17,13	20,25		14,15
18:15/18:30	1985	5688	1928	2495	12096	2441
%	16,41	47,02	15,94	20,63		20,18
18:30/18:45	1776	5457	1782	3538	12553	2738
%	14,15	43,47	14,2	28,18		21,81

Tabela 10. Integral das distribuições de Trens em Aceleração (T_Acel), Trens em Movimento (T_Mov), Trens em Frenagem (T_Fren), Trens em Plataforma (T_Plac) e Trens com Sobreposição ATP (T_ATP) – ocorrência de 30/01/2007.

Foram selecionados dois outros dias neste estudo, dias 23/01 e 06/02, também dias úteis (terça-feira).

Pode-se verificar pela tabela 11, a distribuição dos trens nos dias selecionados, sempre no mesmo horário (18h00m as 18h15m).

N.o Trens	23/01	30/01	6/02
	Percentual		
12		0,4	
13		3,7	8,9
14	9,3	41,7	42,7
15	65,5	54,2	47,7
16	25,2		0,7
17	100	100	100
	15,16	14,50	14,40

Tabela 11. Distribuição dos trens e a forma de sua concentração no mesmo horário da ocorrência de 30/01/2007 em dias distintos.

4.6.2.1 Considerações do Estudo de Caso n°. 2

Neste estudo comparativo pode-se verificar, na tabela 8, a acentuada incidência de ND 1 no momento da ocorrência da ultrapassagem, o que representa entender que haviam situações de aceleração máxima, maior velocidade de via e o menor tempo de parada dos trens nas plataformas. Quando comparado com os intervalos horários anterior e seguinte, o valor de ND 1 do período da ultrapassagem é no mínimo 3,7 % maior que os demais intervalos.

Observando a tabela 9, que analisa a distribuição e concentração de trens no setor elétrico no dia da ultrapassagem, temos que o percentual máximo de numero de trens em circulação no trecho afetado, indicador 54,22 %, ocorre no momento da ultrapassagem da demanda (verificar que é o maior entre os cinco intervalos selecionados). Em termos de média equivalente de trens em circulação (última linha da tabela 9) pode-se verificar que o intervalo da ocorrência apresentou uma discreta condição desfavorável quanto a concentração de trens no Setor Elétrico afetado – no intervalo da ultrapassagem há um equivalente a 14,5 trens em circulação, enquanto que em outros intervalos este número equivalente de trens foi de 13,74 (5,5% menor) e 13,95 (3,9% menor).

Na tabela 11, que analisa a distribuição e concentração de trens no setor elétrico em outros dias tomados como comparativos mas sempre no horário da ocorrência,

temos que o percentual máximo de número de trens em circulação no trecho afetado, indicador 65,5 %, ocorre em outro dia que não o da ultrapassagem. Também em termos de média equivalente de trens em circulação (última linha da tabela 11) pode-se verificar o dia (23/01) apresentou a condição mais desfavorável quanto a concentração de trens no Setor Elétrico afetado – no dia da ultrapassagem há um equivalente a 14,5 trens em circulação, enquanto no dia 23/01 (mesmo horário) apresenta maior concentração por este indicador - 15,16.

Na análise das tabelas 9 e 11 pode-se afirmar que a situação de ultrapassagem de demanda elétrica não ocorreu numa situação onde há uma situação desfavorável de concentração de trens no setor elétrico, visto que mesmo no dia da ocorrência a situação no intervalo da ultrapassagem é um pouco pior que nos demais, mas se comparado a outros dias (e no mesmo horário da ocorrência) é possível encontrar-se situações mais críticas.

No que diz respeito aos volumes de Aceleração (T_Acel) e Movimentação (T_Mov), pode-se verificar, pela análise da tabela 10, que não há uma clara predominância destas situações no intervalo da ocorrência, quando comparado aos 30 minutos anteriores e seguintes. Pode-se verificar que o indicador de T_Acel no momento da ocorrência (17,09%) é inferior 0,4% que no primeiro intervalo (17,53%). Quanto ao indicador T_Mov no momento da ocorrência é menor que o intervalo seguinte (na tabela).

O indicador T_Atp no momento da ocorrência (14,15%) se encontra numa faixa intermediária aos demais indicadores dos outros intervalos do mesmo dia, revelando que este fator não teria contribuído (ou sofrido interferência) na correlação com o aumento da demanda elétrica.

4.6.3 Caso nº. 3 – dia 17/05/2007, das 18h15m as 18h30m no trecho de TUC a BTO (Setor Elétrico de YCE)

A data de 17/05/2007 foi um dia útil – quinta-feira – com circulação normal na via, não apresentando no período que antecede a ocorrência de ultrapassagem de demanda, registro de situações operacionais que justificassem atraso na subida dos trens ou na programação horária.

Foi analisado o período da ocorrência da ultrapassagem (coluna central), bem como intervalos de 30 minutos anteriores e posteriores a mesma. O objetivo nesta avaliação é o de comparar a situação em que ocorreu a ultrapassagem com intervalos horários próximos e poder identificar as variáveis do sistema de tráfego que mais sofreram alteração e tentar estabelecer uma correlação com a ultrapassagem da demanda elétrica.

17/05/07		17:45:00	18:00:00	18:15:00	18:30:00	18:45:00
		17:59:59	18:14:59	18:29:59	18:44:59	19:00:00
Distribuição de ND	1	86	97	114	86	92
	2	9	3	3	8	7
	3	8	8	2	11	5
	4	10	10	4	10	3
	5	1	0	2	1	3
	6	8	4	11	19	26
		122	122	136	135	136
Distribuição de ND (%)	1	70,49	79,51	83,82	63,7	67,65
	2	7,38	2,46	2,21	5,93	5,15
	3	6,56	6,56	1,47	8,15	3,68
	4	8,2	8,2	2,94	7,41	2,21
	5	0,82	0	1,47	0,74	2,21
	6	6,56	3,28	8,09	14,07	19,12
		100	100	100	100	100

Tabela 12. Distribuição dos ND dos trens na ocorrência de 17/05/2007

17/05/07		17:45/18:00	18:00/18:15	18:15/18:30	18:30/18:45	18:45/19:00
	12	0	0	0	0	0
	13	0	0	0	0	0
	14	44	0	0	0	0
Total	15	432	38	0	0	0
de	16	324	460	119	3	39
Trens	17	100	326	291	49	220
	18	0	76	410	294	168
	19	0	0	80	460	119
	20	0	0	0	94	347
	21	0	0	0	0	8
		900	900	900	900	901

		17:45/18:00	18:00/18:15	18:15/18:30	18:30/18:45	18:45/19:00
	12	0	0	0	0	0
	13	0	0	0	0	0
	14	4,89	0	0	0	0
Total	15	48	4,22	0	0	0
de	16	36	51,11	13,22	0,33	4,33
Trens	17	11,11	36,22	32,33	5,44	24,42
(%)	18	0	8,44	45,56	32,67	18,65
	19	0	0	8,89	51,11	13,21
	20	0	0	0	10,44	38,51
	21	0	0	0	0	0,89
		100	100	100	100	100

		14,71	16,49	17,50	18,67	18,60
--	--	-------	-------	-------	-------	-------

Tabela 13. Distribuição dos trens e a forma de sua concentração na ocorrência de 17/05/2007

17/05/07	T_Acel	T_Mov	T_Fren	T_Plac	Tot_T	T_Atp
17:45/18:00	2661	5805	2734	2780	13980	216
%	19,03	41,52	19,56	19,89		1,55
18:00/18:15	2845	6371	2724	2900	14840	784
%	19,17	42,93	18,36	19,54		5,28
18:15/18:30	2983	6880	3036	2852	15751	1367
%	18,94	43,68	19,27	18,11		8,68
18:30/18:45	2980	7599	2991	3223	16793	1549
%	17,75	45,25	17,81	19,19		9,22
18:45/19:00	3099	7593	3033	3032	16757	1305
%	18,49	45,31	18,1	18,09		7,79

Tabela 14. Integral das distribuições de Trens em Aceleração (T_Acel), Trens em Movimento (T_Mov), Trens em Frenagem (T_Fren), Trens em Plataforma (T_Plac) e Trens com Sobreposição ATP (T_ATP) – ocorrência de 17/05/2007

Foram selecionados dois outros dias neste estudo, dias 03 e 10/05, também dias úteis (quinta-feira).

Pode-se verificar pela tabela 15, a distribuição dos trens nos dias selecionados, sempre no mesmo horário (18h15m as 18h30m).

	03/05	10/05	17/05
N.º Trens	Percentual		
13	8,3		
14	13,5		
15	42,5		
16	25,7	27,0	13,2
17	9,9	30,6	32,3
18		24,5	45,6
19		17,6	8,9
20		0,2	
	100	100	100
	15,15	17,34	17,50

Tabela 15. Distribuição dos trens e a forma de sua concentração no mesmo horário da ocorrência de 17/05/2007 em dias distintos

4.6.3.1 Considerações do Estudo de Caso n.º 3

Neste estudo comparativo pode-se verificar, na tabela 12, a maior incidência de ND 1 no momento da ocorrência da ultrapassagem, o que representa entender que haviam situações de aceleração máxima, maior velocidade de via e o menor tempo de parada dos trens nas plataformas. Quando comparado com os intervalos horários anterior e seguinte, o valor de ND 1 do período da ultrapassagem é no mínimo 2,4 % maior que os demais intervalos.

Observando a tabela 13, que analisa a distribuição e concentração de trens no setor elétrico no dia da ultrapassagem, temos que o percentual máximo de número de trens em circulação no trecho afetado, indicador 51,11 %, não ocorre no momento da ultrapassagem da demanda (verificar que este valor aparece em dois outros intervalos). Em termos de média equivalente de trens em circulação (última linha da tabela 13) pode-se verificar que o intervalo da ocorrência apresentou uma condição não tão crítica quanto a concentração de trens no Setor Elétrico afetado – no intervalo da ultrapassagem há um equivalente a 18,34 trens em circulação, enquanto que em outros intervalos este número equivalente de trens foi de 19,09 (4,1% maior) e 19,43 (5,9% maior).

Na tabela 15, que analisa a distribuição e concentração de trens no setor elétrico em outros dias tomados como comparativos mas sempre no horário da ocorrência, temos que o percentual máximo de número de trens em circulação no trecho afetado, indicador 45,6 %, ocorre no dia da ultrapassagem. Também em termos de média equivalente de trens em circulação (última linha da tabela 15) pode-se verificar o dia 17/05 apresentou a condição mais desfavorável quanto a concentração de trens no Setor Elétrico afetado, porém não tão elevado quando comparado ao dia 10/05 – no dia da ultrapassagem há um equivalente a 17,5 trens em circulação, enquanto no dia 10/05 (mesmo horário) apresenta menor concentração por este indicador (17,34) em apenas 0,9%.

Na análise das tabelas 13 e 15 pode-se afirmar que a situação de ultrapassagem de demanda elétrica não ocorreu numa situação onde há uma situação desfavorável de concentração de trens no setor elétrico, visto que mesmo no dia da ocorrência a situação no intervalo da ultrapassagem não é pior que nos demais, e se comparado a

outros dias (e no mesmo horário da ocorrência) é possível encontrar-se situações muito semelhantes.

No que diz respeito aos volumes de Aceleração (T_Acel) e Movimentação (T_Mov), pode-se verificar, pela análise da tabela 14, que não há uma clara predominância destas situações no intervalo da ocorrência, quando comparado aos 30 minutos anteriores e seguintes. Pode-se verificar que o indicador de T_Acel no momento da ocorrência (18,94%) é inferior 0,2% que ao do intervalo anterior (19,17%). Quanto ao indicador T_Mov no momento da ocorrência é menor que os intervalos seguintes (na tabela).

O indicador T_Atp no momento da ocorrência (8,68%) se encontra numa faixa intermediária ao demais indicadores dos outros intervalos do mesmo dia, revelando que este fator não teria contribuído (ou sofrido interferência) na correlação com o aumento da demanda elétrica.

4.6.4 Conclusões Finais dos Casos em Estudo

No estudo dos casos acima é possível identificar fatores que podem justificar uma tendência de ultrapassagem. Isto é bastante evidente na avaliação da distribuição do desempenho dos trens em ND, onde uma concentração de ND igual a 1 estava sempre presente nos três casos analisados.

Para os indicadores de distribuição e concentração de trens presentes no setor elétrico, pode-se verificar que nem sempre é uma condição de destaque, apesar de entendermos que o número de trens esta diretamente relacionado à elevação da demanda elétrica. Porém, nestas situações este indicador pode ser muito semelhante a de outras situações onde a demanda não teria atingido valores críticos.

Quanto aos indicadores que apresentaram os volumes de distribuição de trens em Aceleração ou em Movimentação, não tivemos em nenhum dos casos estudado valores que sejam confirmatórios para uma situação de elevação do desempenho dos trens e que também se relacione a uma tendência de ultrapassagem da demanda elétrica. Acreditamos que isto se deve também ao modelo simplificado que a ferramenta de pesquisa (SAS) adota para determinar as situações de Aceleração, Momentação, Frenagem e Sobreposição de ATP. O próprio acompanhamento do ND nas situações de ultrapassagem nos indica, conforme mencionamos acima, que no

intervalo da ocorrência de ultrapassagem estaríamos em situação de máxima taxa de aceleração e velocidade no trecho, o que nos parecia que seria confirmado pela pesquisa destes indicadores pelo SAS.

Com o objetivo de consolidar os fundamentos e as conclusões extraídas neste estudo, é importante que seja ampliado o universo da amostra, buscando uma maior representatividade e diversidade.

De qualquer forma, o indicador de ND, poderia ser utilizado numa possível monitoração automatizada do SSCC. Neste caso, a supervisão deste indicador, associado à monitoração da tendência da demanda elétrica – feita pelo SEA – poderiam tornar mais precisas a identificação de intervalos críticos de tendência de ultrapassagem, favorecendo a tomada de decisão no momento de implantação de restrições elétricas no setor.

CAPÍTULO 5. CONCLUSÃO

A análise dos casos de ultrapassagem da demanda permitiu confirmar a possibilidade de prever a iminente ultrapassagem da demanda de energia com antecedência suficiente para se tomar medidas restritivas para evitar essa ultrapassagem.

As análises iniciais indicam a possibilidade de atuação n sistema de controle de trens, decorridos 10min do intervalo de integração. Estas intervenções poderiam ocorrer entre as estações do setor elétrico correspondente a subestação primária com tendência a ultrapassar as demandas contratadas. Neste caso as interferências no sistema de tráfego seriam mínimas, uma vez que elas podem ocorrer entre 3 a quatro vezes durante os horários de pico do sistema de trens.

A definição das atuações no sistema de controle da movimentação dos trens foram analisadas, mas demandam um maior aprofundamento e pesquisa das melhores alternativas para assim obtermos as definições dos parâmetros para controle de demanda, com a mínima interferência possível no controle de trens.

ANEXO I. Gráficos do Sistema de Controle dos Trens

1. Subestação Primária

A S/E primária é composta de um pátio e uma sala de comando.

No pátio estão instalados os equipamentos de 88kV tais como disjuntores, seccionadoras, pára-raios, transformadores de potência, transformadores de corrente, barramentos e transformadores de 88/22kV.

Na sala de comando estão instalados os cubículos dos disjuntores, o barramento de 22kV, painéis de proteção, painéis de comando e controle, transformador de 22/0,48kV, sistemas auxiliares de Baixa Tensão e painéis de medição da Eletropaulo Metropolitana.

As três S/E Primárias da Linha 1 Azul são idênticas. A figura 16 apresenta o esquema unifilar típico de uma S/E primária.

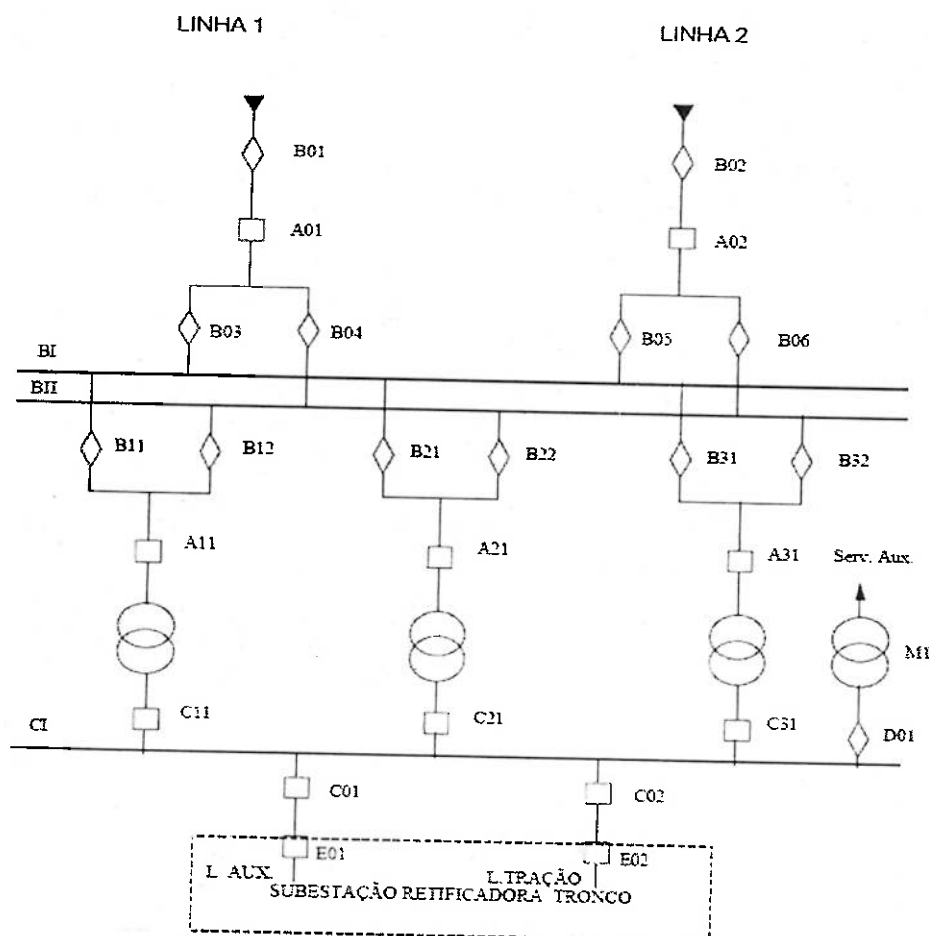


Figura 16. Esquema Unifilar da S/E Primária

A Subestação Primária recebe 88kV da Eletropaulo em duas linhas (L1 e L2) que não podem ser colocadas em paralelo, por isso a alimentação é feita pela linha 1, sendo que a linha 2 fica na reserva, passando a funcionar automaticamente caso haja falta de tensão apenas na Linha 1.

1.1 Configuração Operacional

1.1.1 Linhas de Entrada

As duas linhas de entrada não podem ser operadas em paralelo, por condição imposta pela Concessionária.

Para se evitar isso, existe um intertravamento entre os disjuntores de entrada, de forma que estando um deles fechado, impede o comando de fechamento do outro.

Ocorrendo um subtensão na linha de 88kV em operação, o barramento de 88kV fica sem tensão, atua o relê de subtensão ligado a linha defeituosa que abre o disjuntor de entrada da linha 1 de 88kV e fecha o disjuntor de entrada da linha 2 de 88kV.

A condição normal de alimentação de uma primária é a linha 1 em carga e a linha 2 energizada em reserva.

1.1.2 Transformador de 88/22kV

Os trafos. de 88/22kV são três e possuem enrolamento primário e secundário em estrela (Y) com centro aterrado por impedância.

Cada trafo possui uma Chave de Introdução de duas posições - Manual e Automático, sendo a posição normal desta chave em Automático.

Se houver a atuação de determinadas proteções do trafo que estiver em carga, é enviado comando de fechamento para os disjuntores primário e secundário dos outros trafos.

A uniformidade da tensão de saída dos três trafos trabalhando em paralelo é efetuada através de um equipamento denominado Unitrol. Este equipamento comanda automaticamente os comutadores sob carga de cada um dos trafos e estes por sua vez regulam as espiras do primário, mantendo constante a tensão de saída.

1.1.3 Proteções e Lógicas das Linhas de 88 kV

As proteções de Linhas de 88 kV são realizadas através de :

- c) Relê de Sobrecorrente (atuação do relê de sobrecorrente nos TC's de entrada);
- d) Relê de Falta tensão de uma das linhas de 88 kV (atuação do relê de subtensão da linha de entrada);
- e) Relê de Falta tensão de 88 kV - simultânea nas duas linhas (atuação dos relês de subtensão das duas linhas de 88 kV).

1.1.4 Características Técnicas dos Transformadores de 88/22kV

Trifásico, imerso em óleo mineral, com resfriamento natural e ventilação forçada em 2 estágios e com comutador sob carga.

Potência – LN VF

AT 11,5 14,4 MVA // MT 11,5 14,4 MVA // BT 3,84 4,8 MVA

Ligação - estrela aterrado (22kV)/estrela aterrado (88kV)

- a) Comutador sob carga com 17 posições, 5% - 10% com comando manual/elétrico e local/remoto.

2. Subestação Retificadora

Uma subestação retificadora tem por finalidade principal receber 22kV de uma subestação primária ou de outra subestação retificadora e transformar esta tensão em 750Vcc que será utilizada para alimentação da tração dos trens. Os componentes básicos de uma retificadora são: barramentos e disjuntores de 22kV, grupos transformador-retificadores, barramentos e disjuntores extra-rápidos (feeders) de 750Vcc.

As retificadoras da Linha 1 – Azul podem ser divididas em dois trechos, em função das características das subestações:

- a) trecho WJA a WCD e trecho WZI a TUC.

A figura 17 representa a configuração de uma retificadora do trecho WJA a WCD e a figura 18 - , do trecho WZI a TUC.

2.1 Trecho WJA a WCD

Neste trecho as retificadoras possuem as seguintes características:

- Existe uma retificadora a cada duas estações;
- Possuem três grupos retificadores;
- Possuem feeder de substituição;
- A equalização de via é feita por seccionadoras instaladas na via.

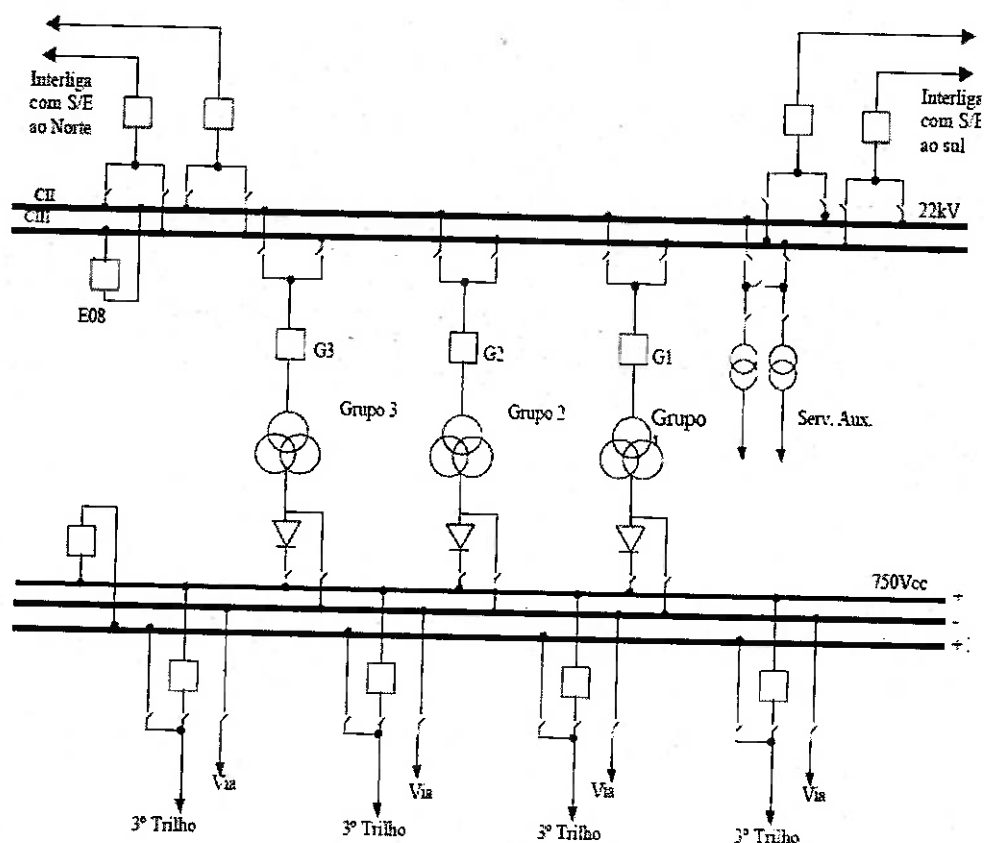


Figura 17. Esquema Unifilar de uma Retificadora do Trecho WJA - WCD

2.2 Trecho WZI a TUC

Neste trecho, a configuração das retificadoras é simplificada e elas apresentam as seguintes características:

- a) Existe uma retificadora para cada estação;
- b) Possuem um único grupo;
- c) Não possuem feeder de substituição;
- d) A equalização de via é feita por contadores instalados na subestação;

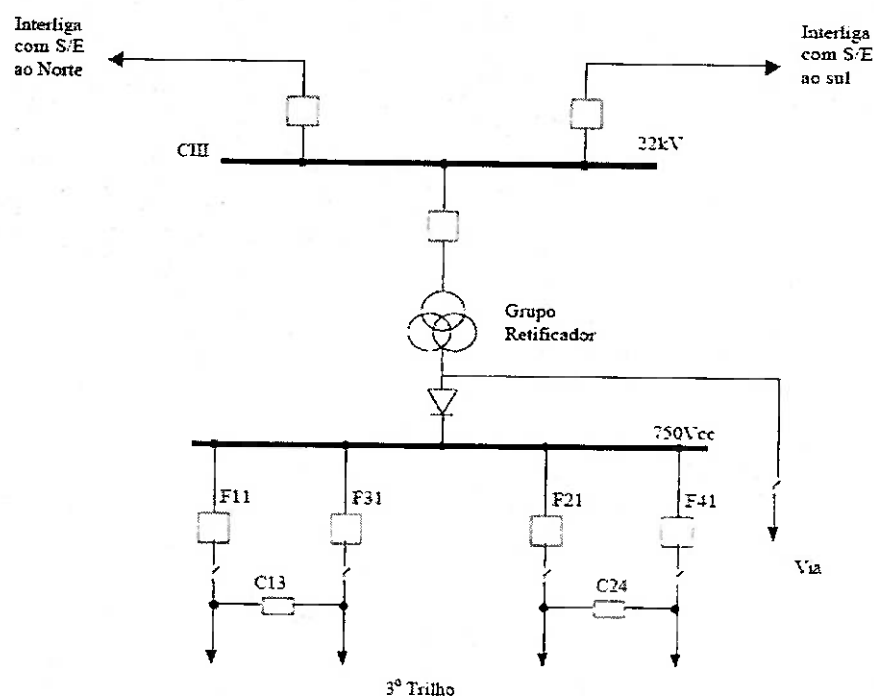


Figura 18. Esquema Unifilar de uma Retificadora do Trecho WZI-TUC

2.3 Proteção dos Feeders

Os feeders deste trecho possuem um sistema de proteção e diagnóstico que tem a função de fornecer dados sobre o estado do disjuntor e sobre o estado do terceiro trilho.

2.3.1 Sistema de Teste de Linha (ou Via) e Religamento Automático

Este sistema tem duas funções principais: testar a condição da via para energização e efetuar o religamento (reenergização) do feeder, após a atuação da proteção.

A função do relê é medir a resistência do 3º trilho através de um teste de via. Caso não haja nenhuma anomalia, o relê comanda o fechamento do feeder.

Se houver algum problema, o religador efetua quatro testes, após os quais bloqueará o feeder.

Quando um feeder abre pela atuação da proteção de curto-circuito, o da outra extremidade abre pela atuação do sistema intertripping. Aquele cuja proteção atuou, aciona automaticamente o dispositivo de teste de via.

2.4 Características Técnicas dos Equipamentos

2.4.1 Transformador de 22/0,641kV

Transformador trifásico de 3 enrolamentos, imerso em silicone, com resfriamento natural, instalação abrigada.

- a) Potência: 4250kW
- b) Ligações: Y - D Y (defasados de 30°) (12 fases).
- c) Comutador de derivação (primário): 5 degraus, + 2,5% + 10% - 2,5% - 5%
- d) Ciclos de carga: "Extra-heavy Traction
- e) 100% continuamente
- f) 150% por 2 horas, com sobreposição de 300% por 5 períodos de 1 minuto, e de 450% por 15 segundos, no fim do período
- g) Dispositivos de proteção no corpo: indicador de nível de fluido (71), indicador de temperatura do líquido isolante (26), dispositivo de alívio de pressão (20) e de relê de sobrepressão (63).

2.4.2 Retificadores de Silício

Conversão de CA/CC para tração, com diodos de silício, instalação abrigada, resfriamento natural.

- a) Potência: 4250kW
- b) Ligações: 2 pontes de Graetz, cada uma ligada a um secundário e colocadas em paralelo para proporcionar o efeito final dodecafásico.
- c) Ciclos de carga: "Extra-heavy Traction".

d) Tensão nominal: 825V.

e) Tensão máxima: 900V

2.4.3 Feeder

Disjuntor extra-rápido de corrente contínua, unipolar, a seco, extraível com três posições (normal/teste/extraído), com bobina de sopro magnético, com comando elétrico de abertura/fechamento e manual de abertura.

a) Capacidade: 3000A – 11000A (15 seg.)

b) Faixa de calibração: 6 – 15KA

c) Dispositivos de proteção: relê de sobrecorrente.

2.4.4 Dispositivo de Teste de Via dos Feeders

a) Número de testes: 1 a 3

b) Intervalo entre testes: 0 - 30s

c) Intervalo para início de teste após abertura para defeito: 0 - 30s

3. Subestação Auxiliar

Uma subestação auxiliar ou de baixa tensão tem por finalidade principal receber 22 kV transformar em tensões inferiores através dos trafos 1 e 2 22/0,46 kV e através de seus quadros de distribuição alimentar os equipamentos da estação.

Toda energia necessária para a operação dos equipamentos elétricos de uma estação é proveniente da subestação auxiliar.

O diagrama de blocos da figura 19 mostra a alimentação para o sistema elétrico de baixa tensão com suas principais cargas a partir do barramento de 22kV de uma subestação auxiliar.

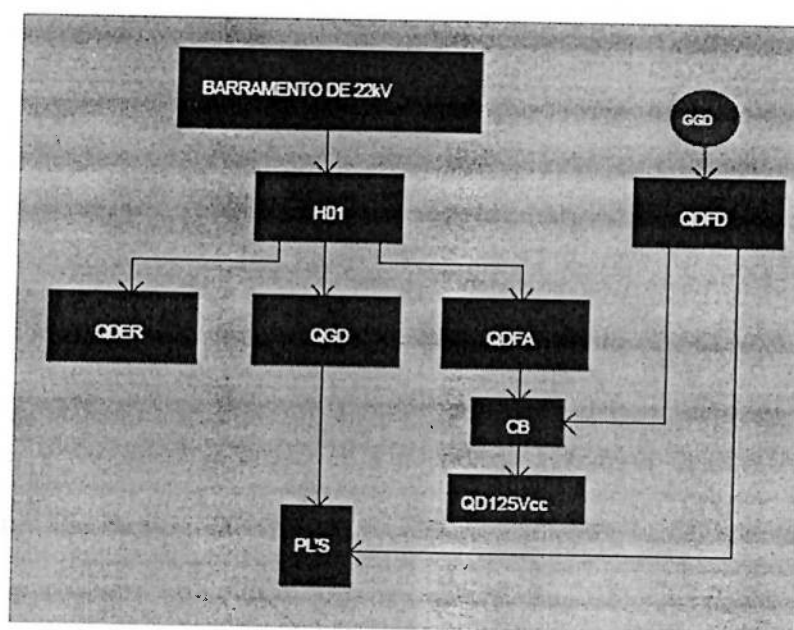


Figura 19. Diagrama de blocos da baixa tensão

3.1 Quadro de Distribuição Principal - H01

Este painel é o responsável pela alimentação dos demais quadros da estação – QDER, QGD, QDFA e ventilação. É nele que ocorrem as situações de automatismo pela ausência parcial ou total de alimentação elétrica provenientes da rede.

3.2 Quadro de Distribuição de Força Auxiliar – QDFA

Este quadro é o responsável de cargas gerais da estação, excetuando-se iluminação, ventilação e escadas rolantes. Nele estão os CCM de bombas de água e esgoto, sistemas de bloqueios, carregador de baterias, CCM de seccionadoras de via, entre outros.

3.3 Quadro Geral de Distribuição 208/120Vca – QGD

O QD 208/120Vca alimenta toda a iluminação e tomadas da estação através dos painéis de luz (PL). Neste quadro encontram-se os comandos, medições e automatismo do sistema de iluminação da estação.

3.4 Quadro de Distribuição de Escadas Rolantes – QDER

As escadas rolantes são alimentadas em 480Vca a partir do Quadro de Distribuição de Escada Rolante (QDER), cuja alimentação é proveniente do H01, localizado na subestação auxiliar, e pelos Painéis de Escada Rolante (PER), localizados na Casa de Máquinas.

3.5 Quadro de Distribuição de Força Diesel – QDFD

O Quadro de Distribuição de Força Diesel - QDFD será energizado quando o Grupo Gerador Diesel estiver em funcionamento.

No quadro de Distribuição de Força Diesel estão ligados os seguintes equipamentos:

- a) Iluminação da Estação com restrição de 50% nas áreas públicas;
- b) Iluminação de Balizamento em sua totalidade;
- c) Carregador de Bateria;
- d) CCM Seccionadora do Terceiro Trilho;
- e) CCM Bombas

4. Subsistema de Controle de Energia (SEA) – Linha 1 Azul

O Sistema de Sinalização e Controle Centralizado (SSCC) constitui-se de um conjunto de computadores, periféricos e interfaces que efetuam a supervisão e o controle operacional do sistema metroviário. Este sistema (SSCC) se subdivide em outros – chamados subsistemas – que permitem o controle centralizado sobre os principais equipamentos da rede metroviária. Todo este arranjo encontra-se no Centro de Controle Operacional (CCO). Para fins desta monografia, serão descritos apenas os seguintes subsistemas :

- a) Subsistema de Controle de Energia e Auxiliares (SEA)
- b) Subsistema de Controle de Tráfego (SCT)

4.1 Descrição

O Subsistema de Controle de Energia e Auxiliares da Linha 1 – Azul (SEA) abrange funções necessárias para disponibilizar os seguintes tratamentos para o Operador do posto de controle:

- a) Tratamento de indicações;
- b) Tratamento de comandos;
- c) Tratamento de alarmes;
- d) Tratamento de condições anormais;
- e) Tratamento de seqüências automáticas.

Faremos uma descrição parcial dos comandos presentes no SEA de modo a estabelecer uma compreensão básica do mesmo. O objetivo também é o de descrever os recursos que estão direta ou indiretamente envolvidas no processo de controle de demanda.

4.2 Execução de Comandos Simples

A função comando simples sobre equipamentos realiza atuações do operador sobre um único e determinado dispositivo de cada vez.

A função de comando simples incorpora a realização de verificação de consistência funcional de modo a identificar situações em que não é possível realizar determinada atuação, em função de intertravamento existentes com outros pontos do sistema elétrico.

Os comandos simples são executados para realizar, por exemplo, a atuação de: abertura ou fechamento de disjuntores, contadores, seccionadoras, atuação no modo de controle da chave H01 de baixa tensão (automático / manual), chave (liga / desliga) de lógica de TAS e TAL ou comandos para atuação sobre o botão de automatismo TAS, TAL.

4.3 Execução de Comandos de Terceiro Trilho

O objetivo deste comando é possibilitar a energização ou desenergização de trechos do terceiro trilho que estão relacionados à estação escolhida. Um trecho é definido como a seqüência de tramos de terceiro trilho compreendidos entre duas seccionadoras de equalização.

O operador deverá escolher a plataforma, definir na área de parâmetros se é via 1 ou via 2, o modo do comando se é energização ou desenergização e executar a função. Se desejar executar o comando para mais de uma plataforma, deverá selecioná-las com o mouse, navegando sobre as plataformas pertencentes ao trechos que deseja energizar ou desenergizar.

4.4 Descrição da Simbologia da IHM

Toda indicação presente na Subestação e que esteja sendo encaminhada para a Central (CCO), tem apresentação no console do Subsistema de Controle de Energia através de duas formas básicas:

Forma escrita: A indicação recebida pela central é apresentada em relatórios próprios de texto nas quais esta mesma informação será disponibilizada segundo modelos estruturais de texto previamente definidos para cada grupo de sinais, com as mesmas afinidades;

Forma gráfica: A mesma informação apresentada de forma escrita, encontra-se também representada na IHM segundo modelos gráficos individuais ou agrupados de informação.

Modelos individuais são elementos gráficos criados que tem como finalidade indicar alguma alteração de estado de um determinado e específico equipamento, chave ou automatismo disponível numa Subestação. Esta representação tem, portanto, características próprias e tem a capacidade de assumir todas as combinações de estado do elemento que corresponde.

Modelos agrupados são elementos gráficos criados que tem como finalidade indicar alguma alteração de estado de um conjunto de equipamentos ou sinais (alarmes) disponíveis numa Subestação. Esta representação tem, portanto, características limitadas para a representação das combinações de estado dos elementos que o mesmo corresponde.

Apresentamos a seguir a descrição de alguns dos modelos gráficos presentes nas telas do Subsistema de Controle de Energia. Estes modelos gráficos encontram-se em diversas telas disponíveis para a Linha 1 Azul. Como exemplo, inserimos a figura 20 que apresenta a S/E FIG.

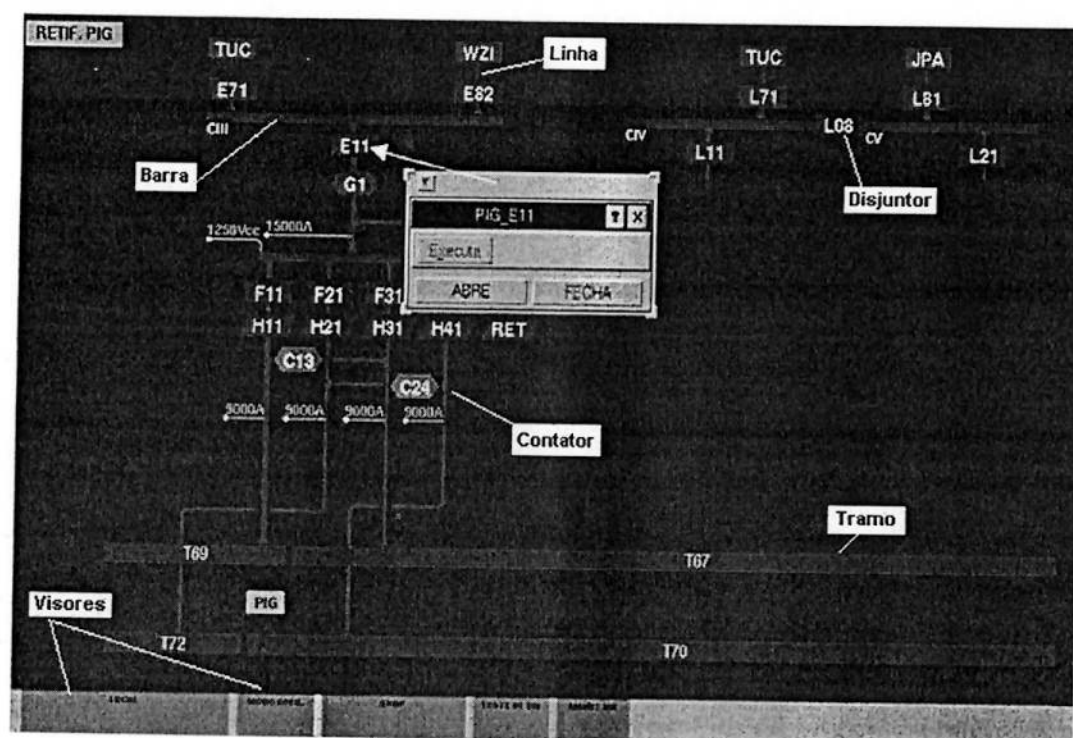


Figura 20. Representação Elétrica dos Equipamentos Presentes na S/E - PIG

4.5 Disjuntores, Seccionadoras e Contadores

São adotados diferentes simbologias aplicadas a disjuntores, seccionadoras e contadores. A diferenciação entre estes equipamentos é feita de forma gráfica a partir de modelos geométricos elaborados para cada elemento.

As representações possíveis que estes equipamentos podem assumir para os estados provenientes do campo são os seguintes:

Aberto, Fechado, Bloqueado, Teste ou Inválido

4.6 Tramos

Símbolo criado para indicar o estado elétrico dos tramos de 750 Vcc e que podem ter as seguintes representações :

Energizado, Desenergizado ou Inválido

4.7 Barramento e Linhas de 22 kV

Símbolo criado para indicar o estado elétrico das barras de 22 kV, 750 Vcc ou de baixa tensão (460 V ou 480 V). A mesma representação também é utilizada para as linhas de 22 kV:

Energizado, Desenergizado, Bloqueado ou Inválido

4.8 Visores

Os visores foram criados para identificar elementos que não se encontram presentes no unifilar da Subestação, porém possuem relação direta na ação de comando sobre os elementos do unifilar. Nestes visores estão informações de lógicas, de automatismo ou de chaves de acionamento de controles, tais como :

- a) Chaves de Telecomando Local/Remoto;
- b) Chaves do Sistema SPAP e pontos de atuação;
- c) Chaves do Teste de via;
- d) Chaves do Sistema TAS.

4.9 Gráficos de Demanda

Foi desenvolvidas telas de IHM onde é possível acompanhar informações pertinentes a demanda elétrica. Este recurso atualmente não permite ações automatizadas de controle sobre a carga (trem) e encontra-se em fase de implantação.

4.9.1 Período Atual

Nesta janela é apresenta a leitura e o acompanhamento em tempo real (a cada quinze minutos) dos valores de Demanda Elétrica. Estão apresentados o valor real e o projetado para o final de cada período de integração, na forma de curvas de demanda situadas em um gráfico.

Estas curvas mudam de cor (amarelo, vermelho) quando ultrapassam os limites pre-estipulados .

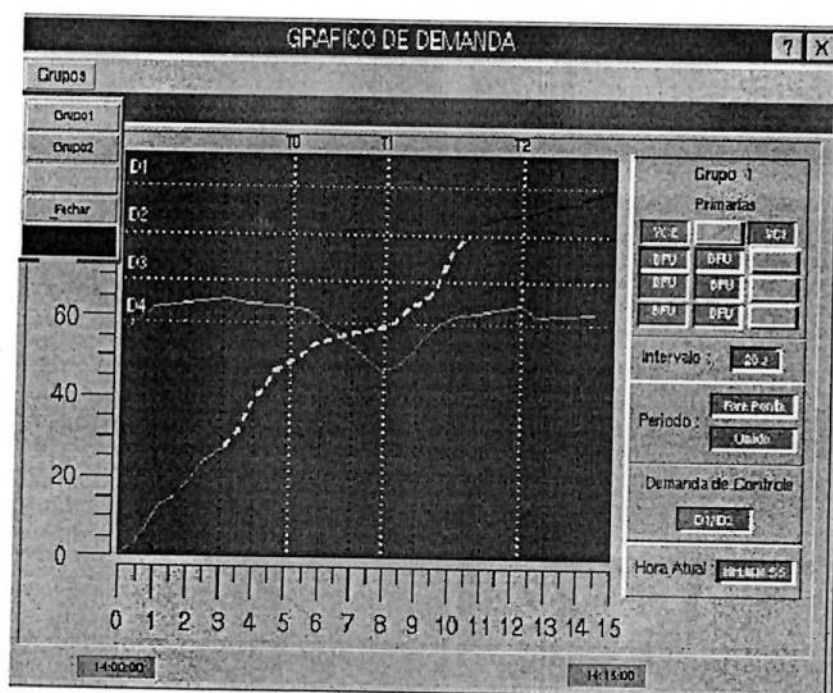
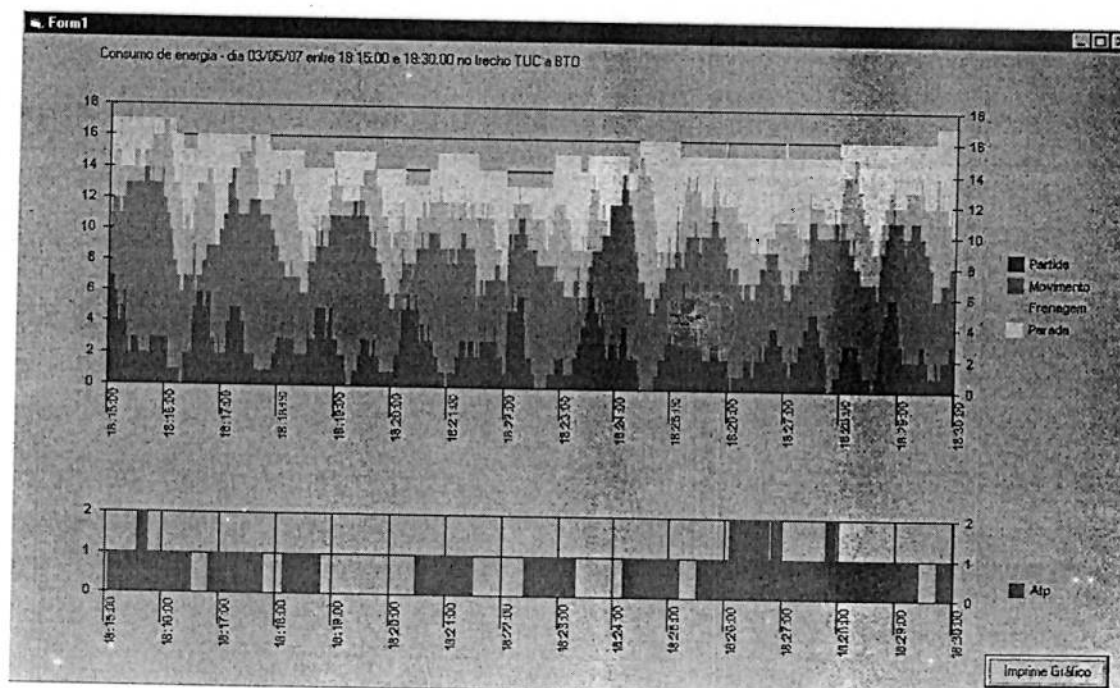
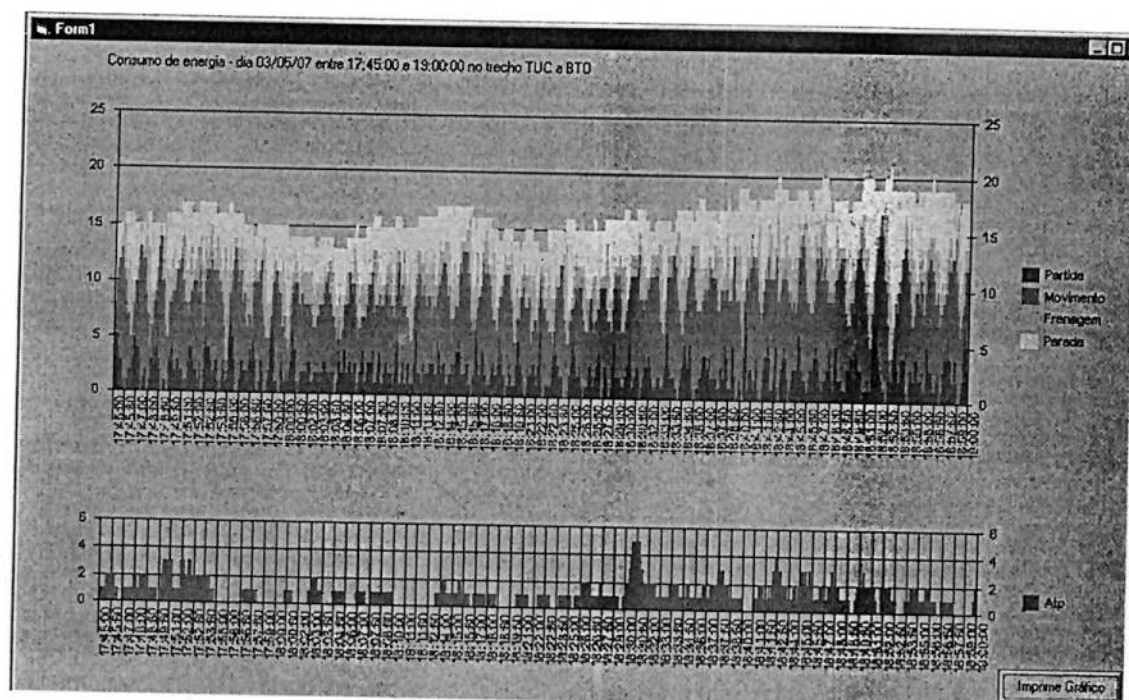


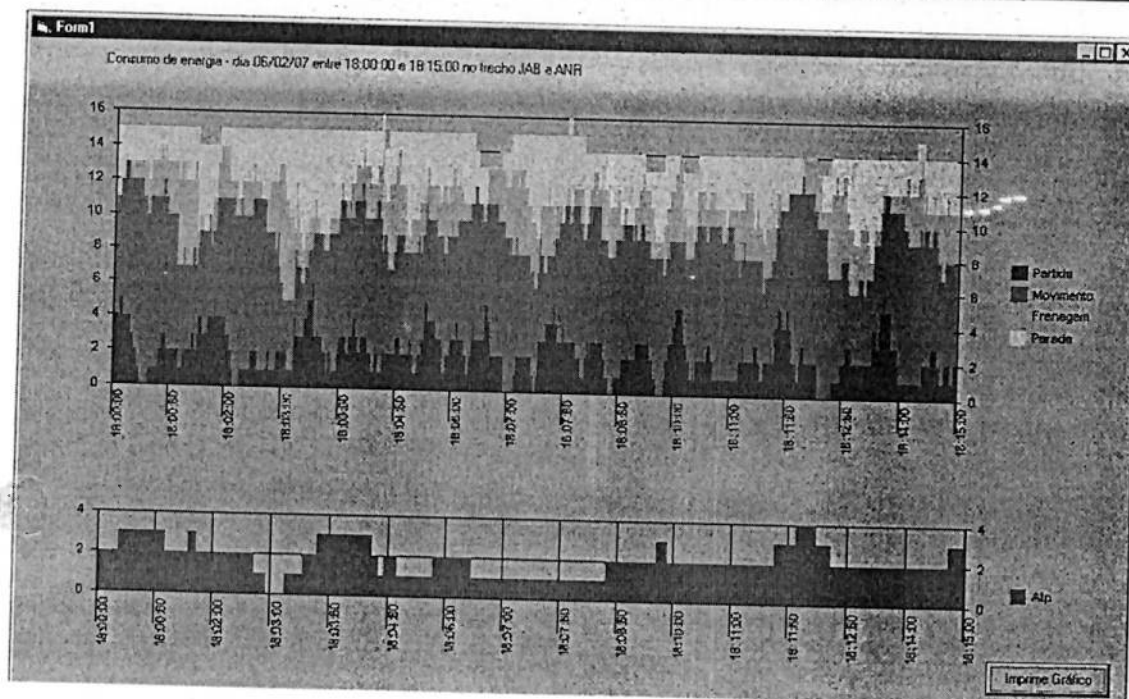
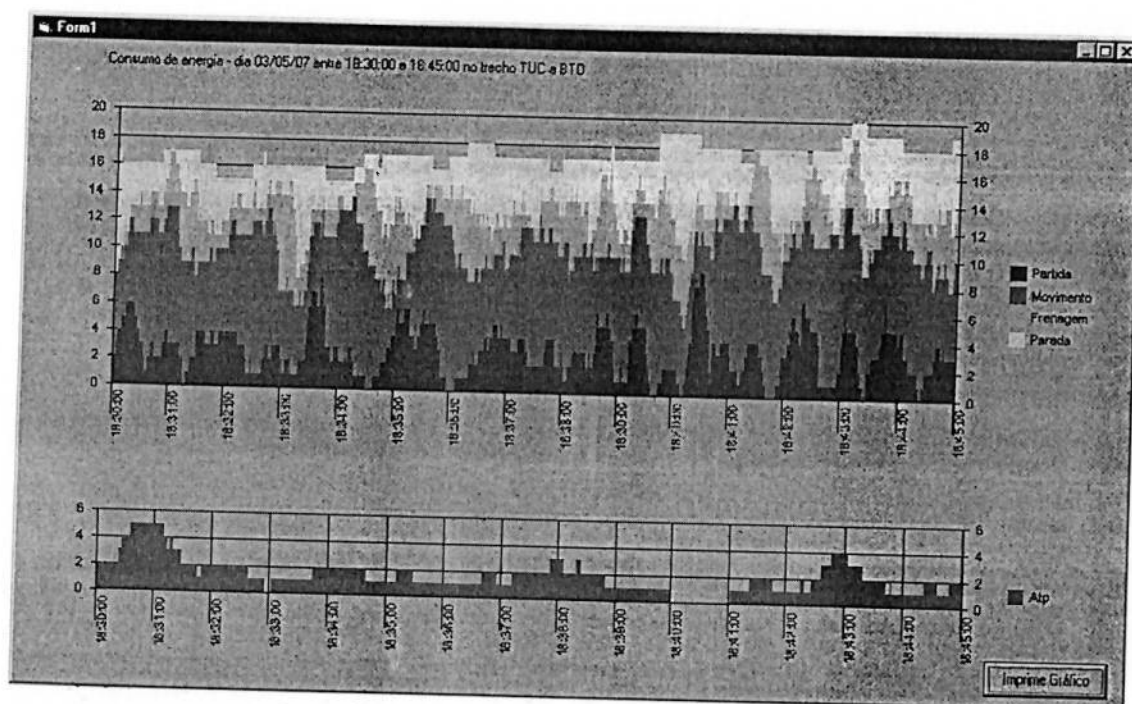
Figura 21. IHM de Gráficos de Demanda

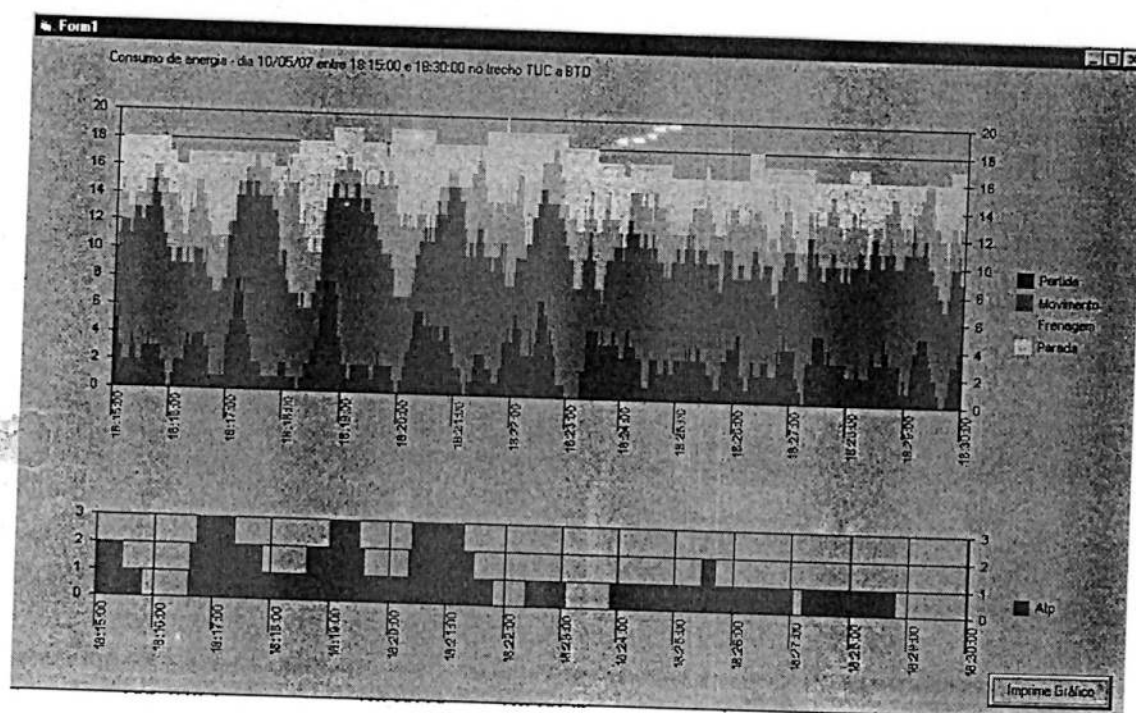
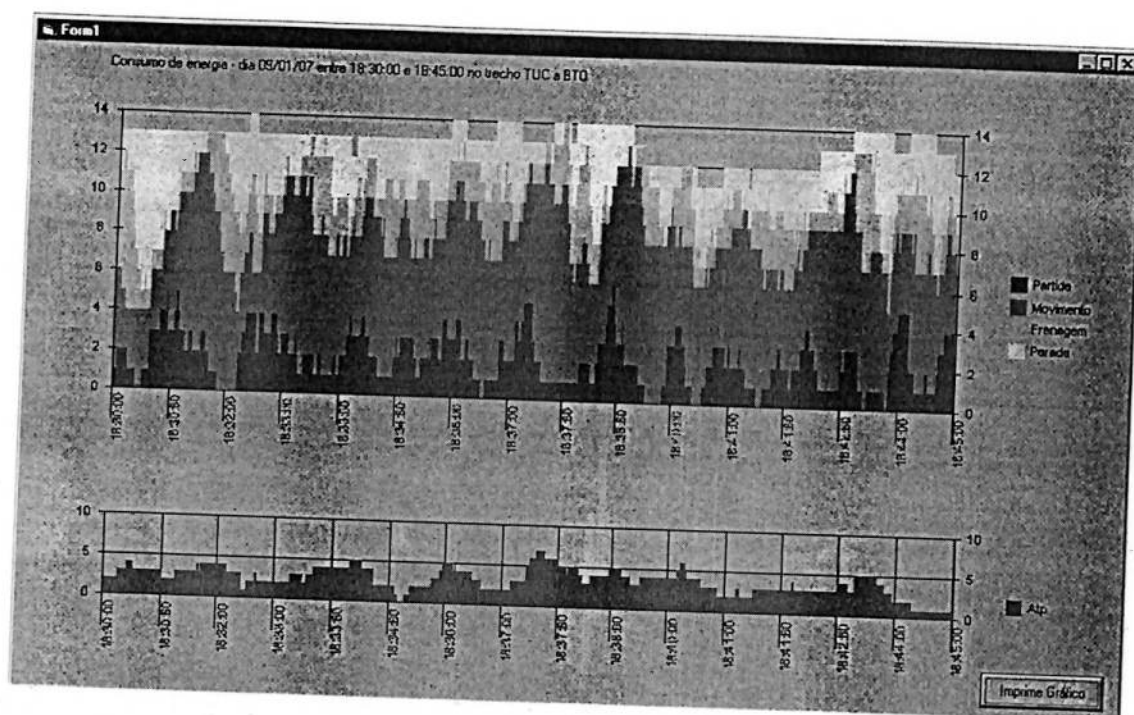
4.9.2 Histórico da Demanda

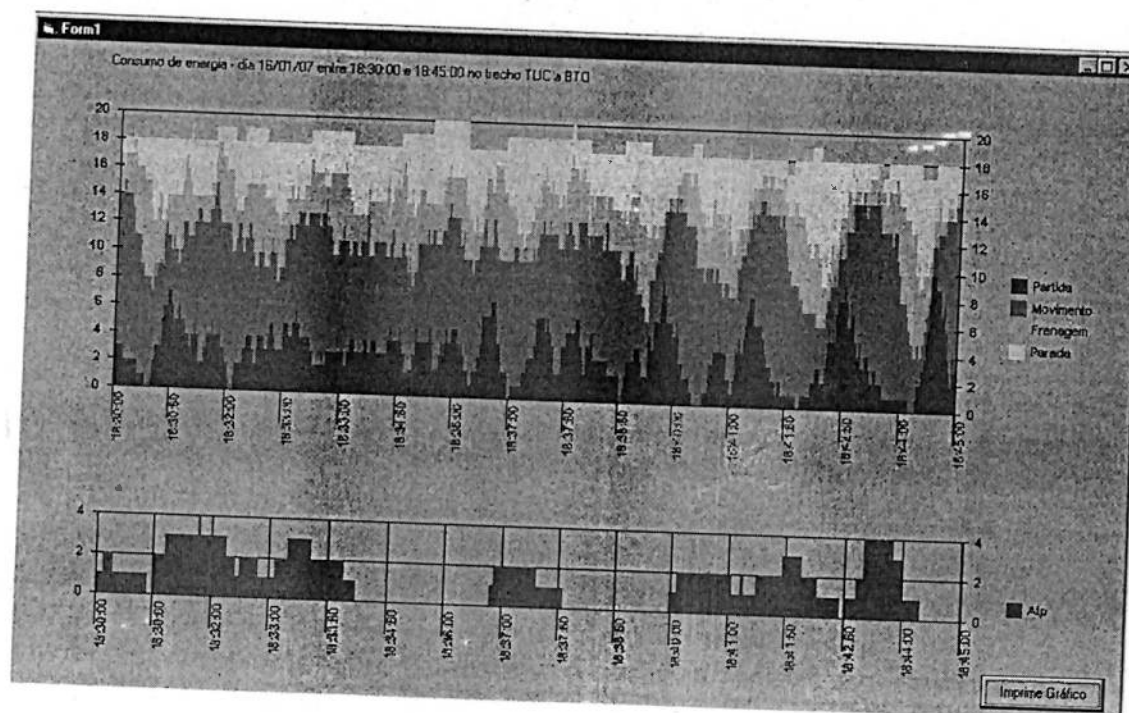
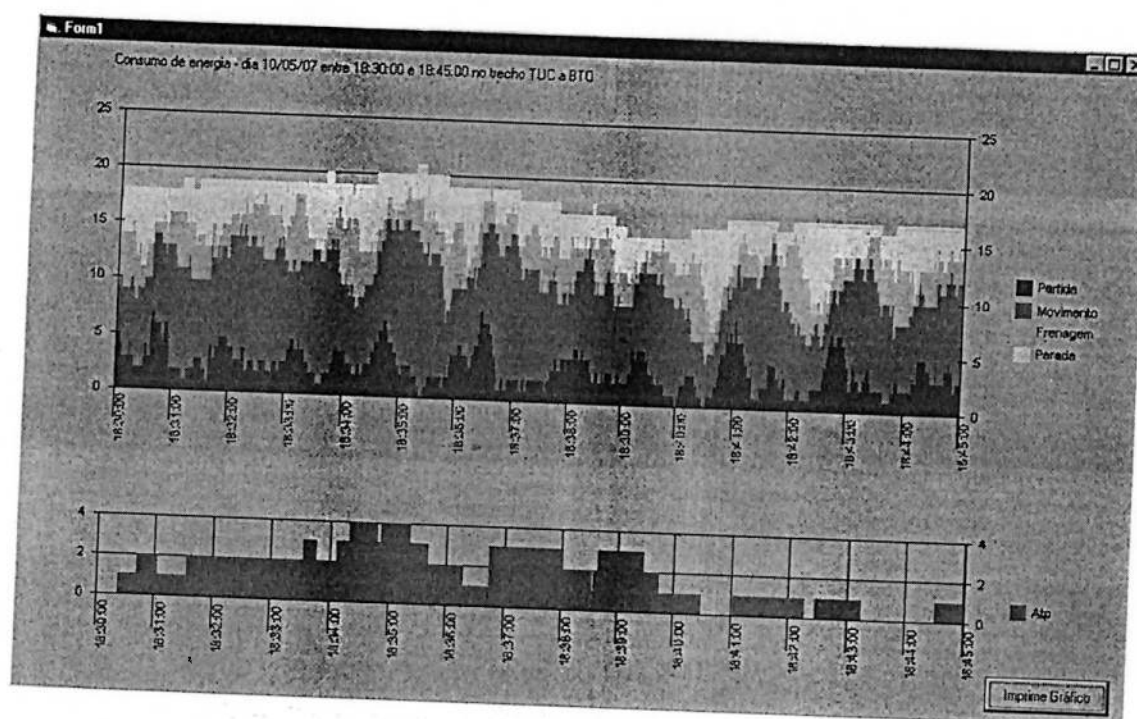
Nesta janela é apresentada o histórico das últimas vinte e sete (27) horas dos valores de demanda armazenados no sistema, sendo apresentado o valor acumulado de cada intervalo de 15 minutos.

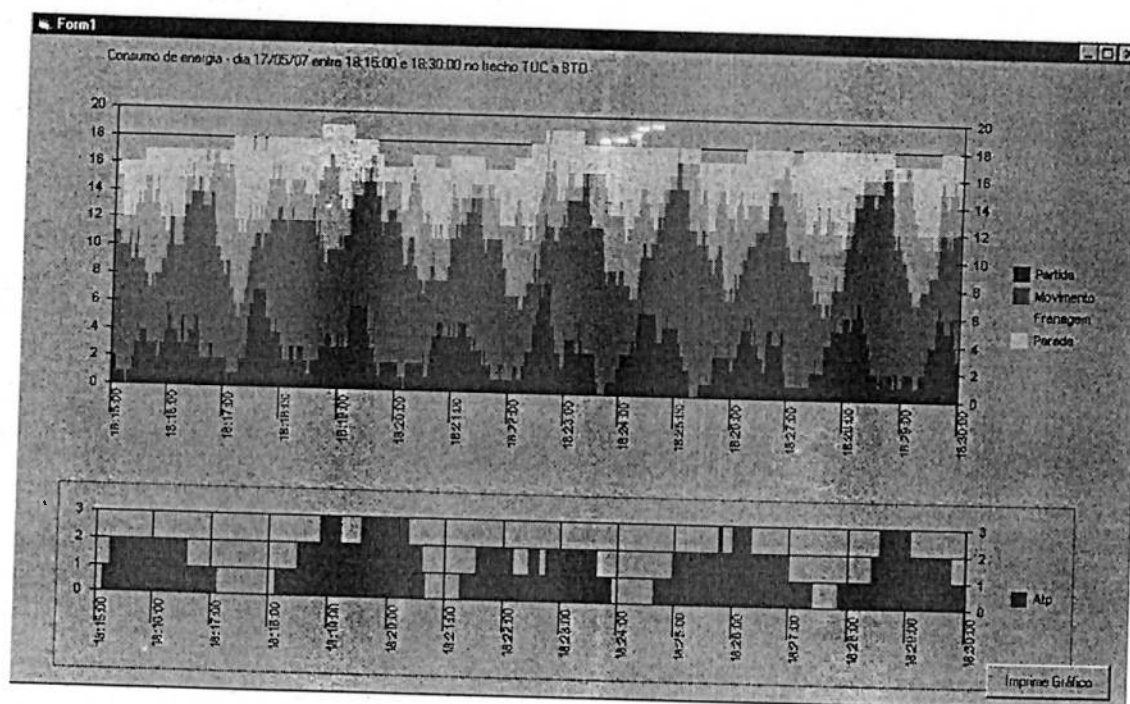
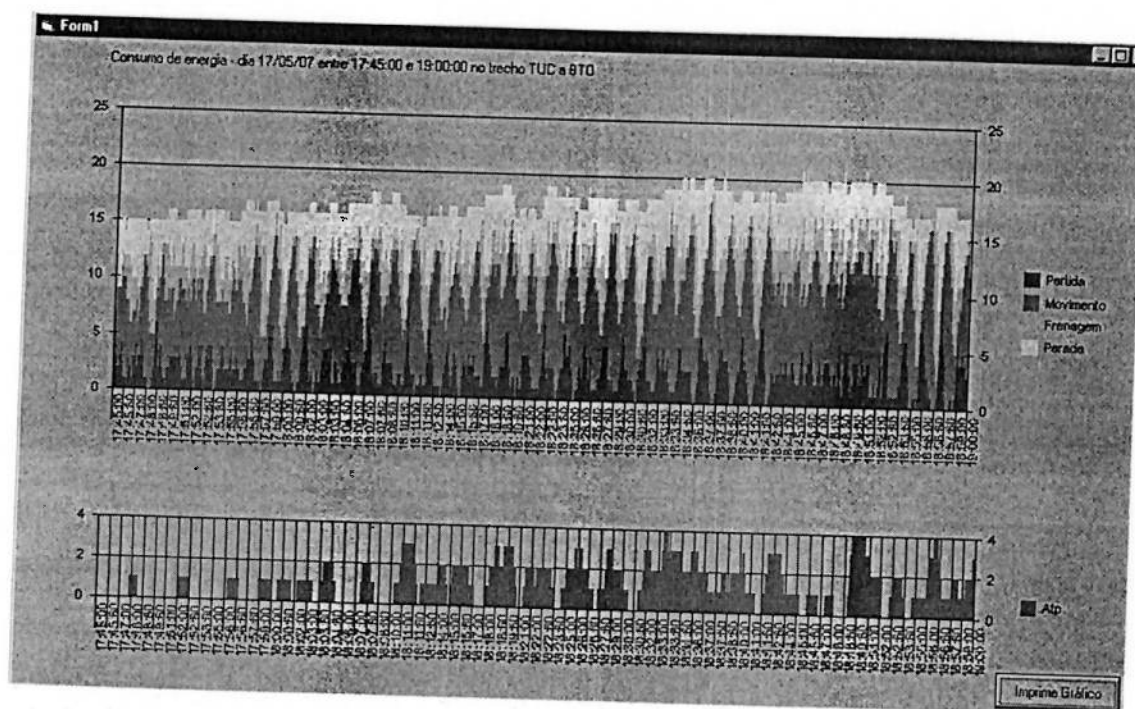
ANEXO II. Gráficos do Sistema de Controle dos Trens

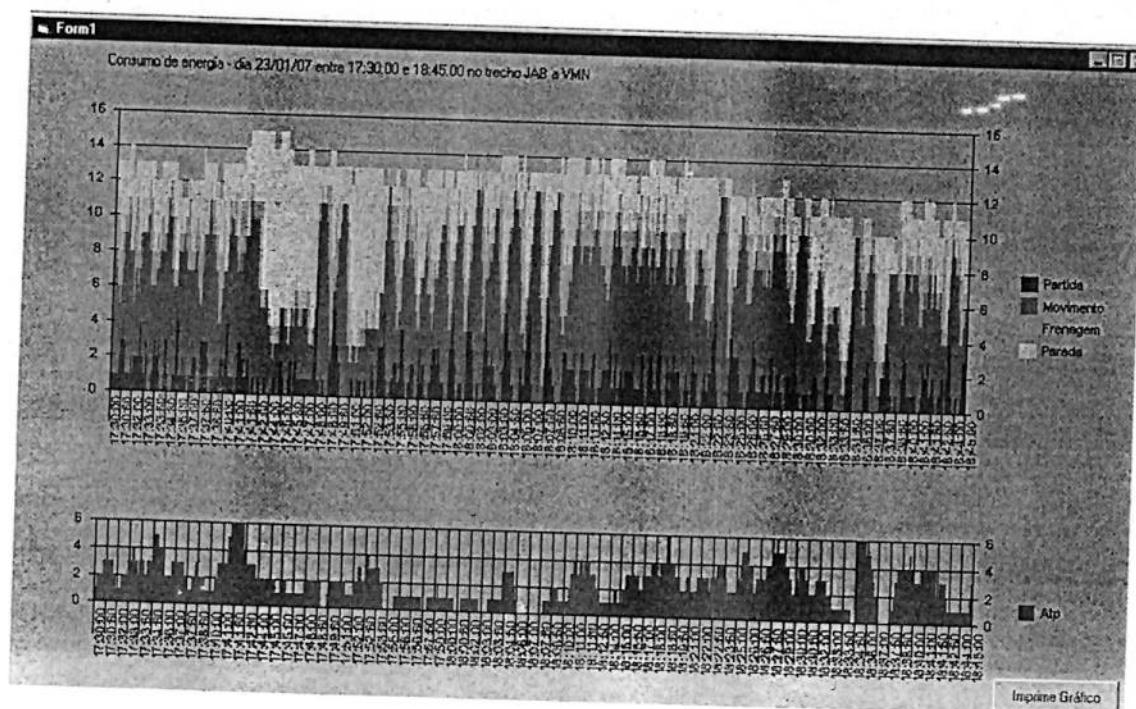
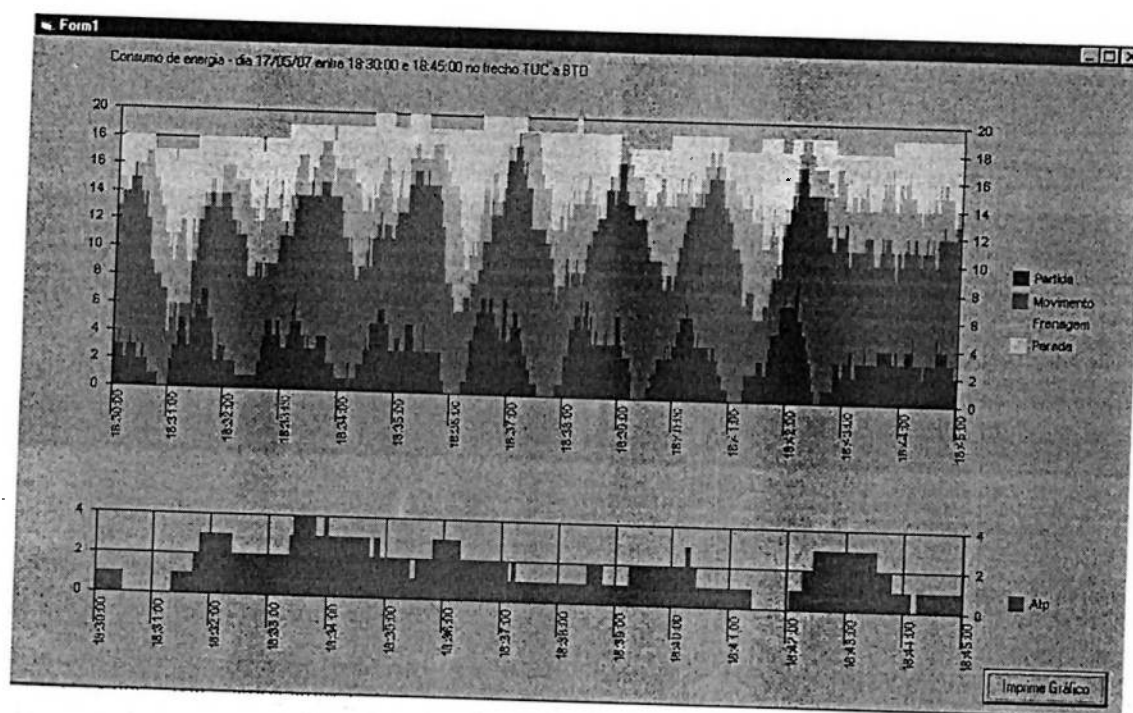


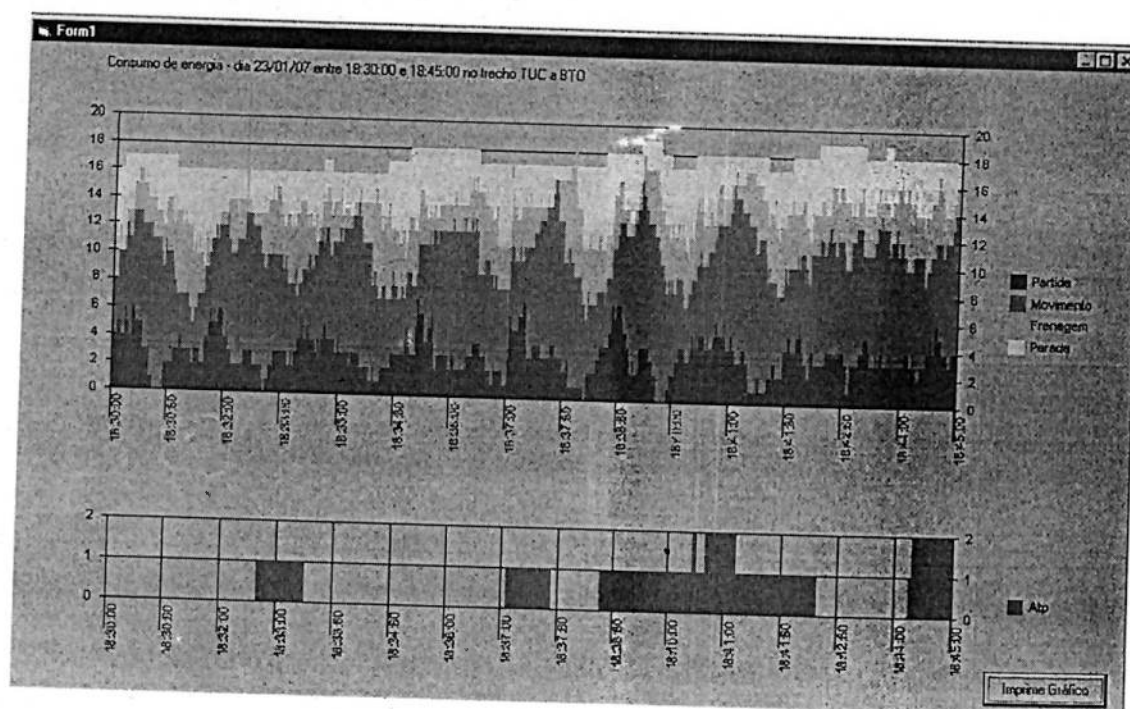
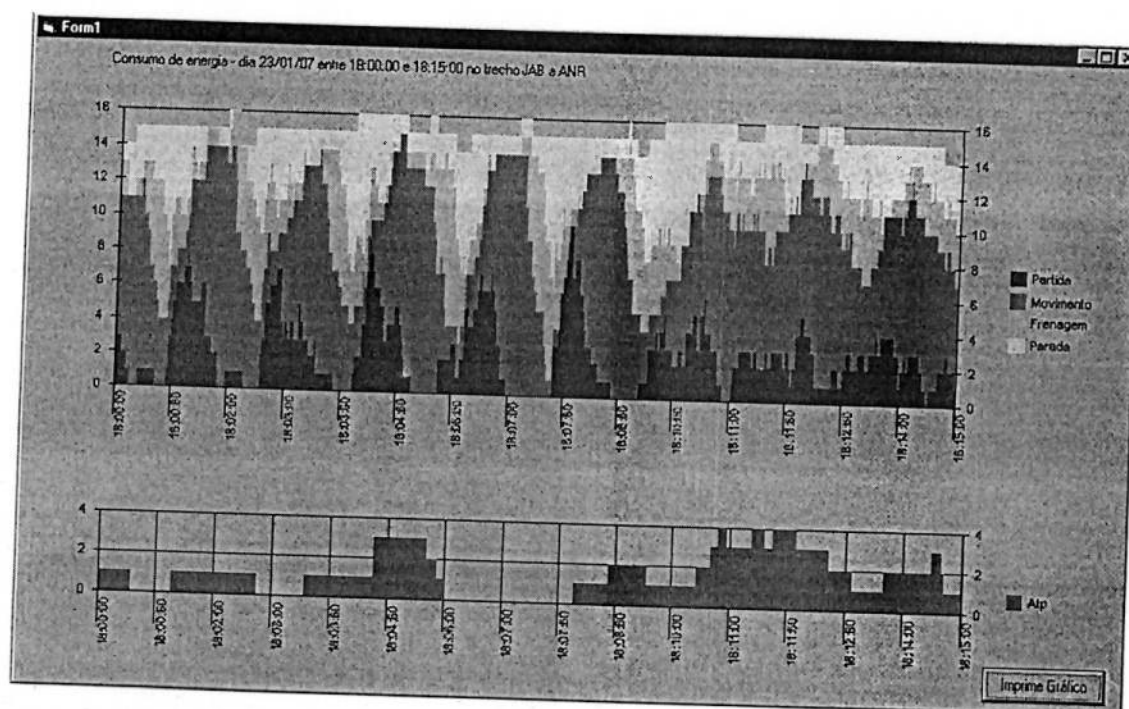


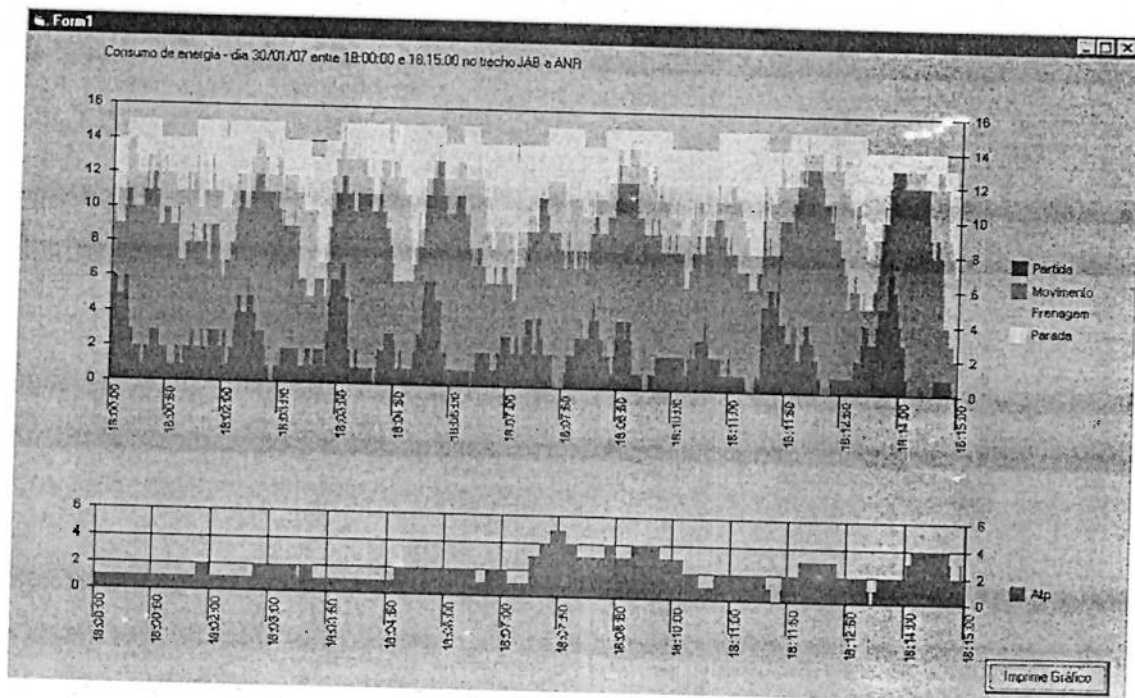
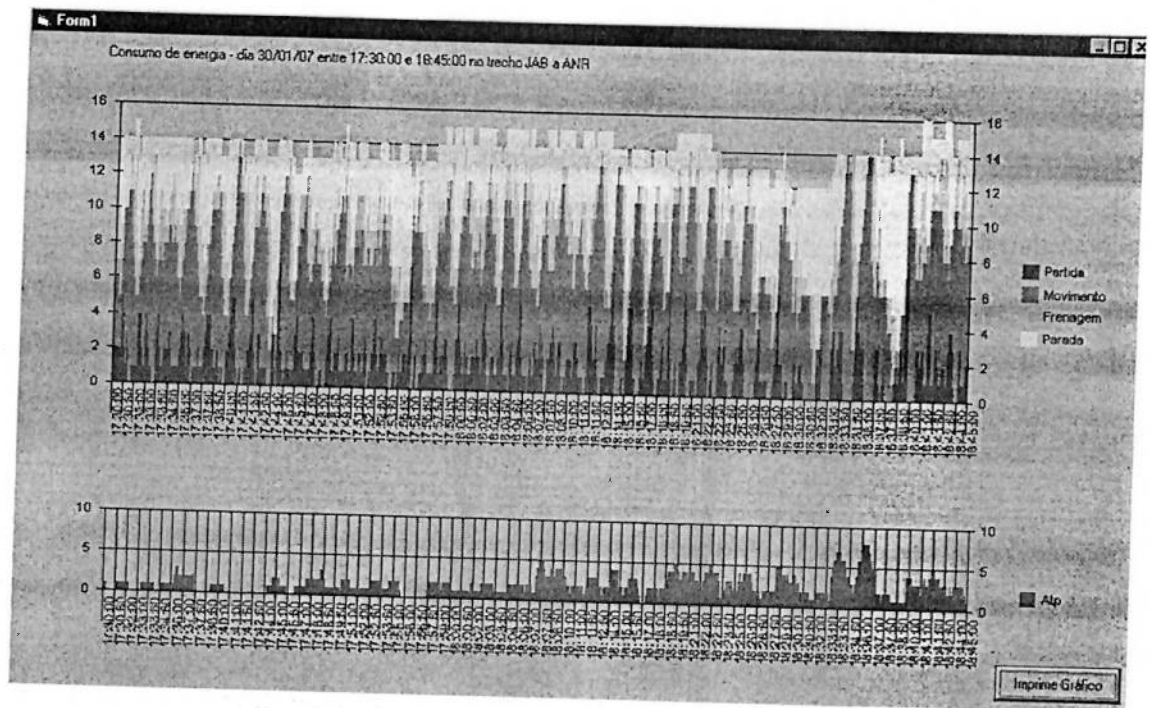












REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

SANTOS, S. A .; Determinação de Nível de Desempenho e Tempo de Parada de Trens Metroviários Utilizando Teoria Difusa, São Paulo, 2005 - Dissertação USP.

MARTINS, E.W.; RAMOS, A.P.; IGARASHI, M.Y.; Estudo para a Racionalização da Energia Elétrica Consumida nos Trens do Metrô-SP, São Paulo, 2004 - Dissertação USP.

VASCONCELOS, V.M.A.S.; Estudo de Limitações de Carga nas Subestações Retificadoras de Sistemas de Transporte de Passageiros Utilizando Tração Elétrica, São Paulo, 2005 - Dissertação USP.

CAMPOS, ALEXANDRE de; Gerenciamento pelo Lado da Demanda: Um Estudo de Caso, São Paulo, 2004 – Dissertação USP.

TURBUK, D., LAURINO S.; Considerações sobre Energia Elétrica nos Sistemas Metro-Ferrovíários, 1985 - I Seminário de Operação Metro-Ferroviaria – ANTP.

TURBUK, D.; Energia Elétrica para o Transporte Público: Uma Experiência Contratual, dez/1987 – Revista dos Transportes Públicos – ANTP.

TURBUK, D., FRATINI, W.; Controle de Tráfego Reduz Consumo de Energia, 1987 -III Seminário de Operação Metro-Ferroviaria – ANTP.

TURBUK, D., GANZAROLLI, J.C..; Conservação de Energia Elétrica Através do Controle de Tráfego, 1992 – Encontro Nacional de Conservação de Energia – Setor Metro-Ferrovíário

SANTORO M.C.; Fundamentos do Planejamento e Programação Operacional, 2006
– Apostila do Curso de Especialização de Tecnologia Metro-Ferroviária – Segunda
Turma.