



Análise e Gestão de Riscos de Acções de Manutenção na Operação e Imagem Comercial do Metro do Porto

Joana Lemos Costa Azevedo Barbosa
LGEI 2006



Análise e Gestão de Riscos de Acções de Manutenção na Operação e Imagem Comercial do Metro do Porto

Joana Lemos Costa Azevedo Barbosa

Relatório do Estágio Curricular da LGEI 2005/2006

Orientador na FEUP: Prof. Jorge Rui Guimarães Freire de Sousa

Orientador na Metro do Porto, SA: Eng.º Castro Vide



FEUP

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Licenciatura em Gestão e Engenharia Industrial**

2006-04-10

658(047.3)/LGEI 2005/BAR j

Universidade do Porto	
Faculdade de Engenharia	
Biblioteca 4	
Nº	882130
CDU	
Data	12 / 03 / 2007

“Manutenção...

Quando tudo vai bem, ninguém lembra que existe.

Quando algo vai mal, dizem que não existe.

Quando é para gastar, dizem que não é preciso que exista.

Porém, quando realmente não existe, todos concordam que deveria existir”.

Anónimo



Resumo

O presente relatório descreve as actividades desenvolvidas no período compreendido entre Setembro e Março de 2006 na empresa Metro do Porto, S.A., (MP) no âmbito de um estágio curricular intitulado “**Análise e Gestão de Riscos de Acções de Manutenção na Operação e Imagem Comercial do Metro do Porto**”.

A MP é o Dono de Obra, responsável pela gestão do contrato com a *Normetro*, consórcio vencedor do concurso para: Operação, Concepção, Construção e Equipamento; ficando encarregue da fiscalização de forma a garantir o cumprimento das exigências do contrato.

Aproximando-se uma altura crucial na vida da empresa Metro do Porto, SA, com a finalização da primeira fase, houve a necessidade de:

- proceder a um “balanço”, e
- actualizar as actividades de manutenção.

Para isso apareceu a proposta de estágio que teve como objectivos:

- A análise de incidências;
- A determinação e ponderação dos riscos inerentes ao funcionamento do metro e respectivos impactos;
- A elaboração de propostas de melhoria e de prioridades na manutenção;
- A determinação do comportamento na resposta a situações de risco e principais funções dos intervenientes.

Foi realizado um estudo sobre o Material Circulante e um mais detalhado referente às Instalações Fixas, análise realizada por estação, e elaborado ainda um estudo sobre todos os Subsistemas, com a identificação de Modos e Causas de Falhas e respectivos Efeitos. Fixada a probabilidade de ocorrência de um acontecimento perigoso e associado o nível de gravidade das suas consequências, encontra-se o Nível de Risco e propõem-se as consequentes medidas.

A utilidade deste trabalho para a empresa consistiu-se nos seguintes aspectos:

- Aumento da credibilidade da informação contida nos relatórios Jornal Diário e Winmac;
- Melhoria na identificação das causas e efeitos das incidências;
- Necessidade de proceder a um balanço colmatada.
- Actualização das actividades de manutenção.

Abstract

The aim of this report is to describe the activities developed in the period understood between September of 2005 and March of 2006 in the company Metro do Porto, S.A., (MP), in the scope of a curricular period of training titled **“Analysis and actions risks management’ Maintenance in the operation and commercial image of Metro do Porto”**.

The MP is the owner of the work, responsible of the contract management with Normetro, winning consortium of the contest for: Operation, Conception, Construction and Equipment; stayed entrust of the inspection in order to guarantee the fulfilment of the contract demands.

Approaching a crucial height in the life of Metro do Porto, SA, with the end of the first phase, it had the need of:

- Proceed to a “rocking”;
- **Bring up to date the activities of maintenance.**

For that appeared the proposal of period of training that had as objectives:

- The analysis of incidences;
- The determination and balance of the inherent risks to the functioning of the metropolitan and respective impacts;
- Elaboration of improvement proposals and priorities of maintenance;
- Determination of the behaviour in answer to risky situations, and main functions of the participants.

It was carried out a study on the Itinerant Stuff and another more detailed regarding the Set Installations, analysis carried out by station, and even developed a study about all the Subsystems, identifying the Ways and Faults’ Causes and its respective Effects.

By fixing the probability of occurring a risky event and associating the level of gravity of its consequences, it is found the Level of Risk and proposed its consequent measure.

The utility of this work to the company consisted in the following aspects:

- Increased information’s credibility in the Jornal Diário and WinMac reports;
- Improvement in identifying the incidence’s causes and effects;
- The need to proceed to a “rocking” was reached;
- Updating the maintenance’ s activities

Agradecimentos

O meu primeiro agradecimento vai para o Prof. Jorge Freire da *Faculdade de Engenharia* pela sua disponibilidade e interesse demonstrado, nomeadamente na visita às instalações da *Metro do Porto* para inteirar-se do meu trabalho de estágio.

Ao meu Tutor na empresa *Metro do Porto*, Eng. Castro Vide pelas ajudas constantes, por vezes difíceis, no sentido de adequar o meu trabalho aos requisitos temáticos exigidos pela *Faculdade de Engenharia*.

A todos os colaboradores da *Metro do Porto* por me possibilitarem uma boa integração e um bom ambiente de trabalho.

Ao Ricardo Borges, colega de estágio e amigo que me apoiou durante todo este projecto.

Às minhas amigas que deram contributos importantes para a elaboração deste trabalho.

Por último, aos meus pais e irmã pelo apoio e paciência nestes últimos tempos.

Índice de Conteúdos

1	Contextualização	1
1.1	O Sistema de Metro Ligeiro da Área Metropolitana do Porto.....	1
1.2	Realização de um estágio na Metro do Porto, SA.....	4
1.4	Objectivo a atingir no estágio - Estruturação do relatório	5
2	Descrição do Sistema	7
2.1	Os Subsistemas.....	7
2.2	Descrição do Processo de Manutenção.....	23
2.2.1	O papel do Jornal Diário.....	23
2.2.2	O papel do Winmac	25
2.2.2.1	Manutenção Correctiva	26
2.2.2.2	Manutenção Preventiva.....	27
3	Análise do Histórico.....	29
3.1	Material circulante.....	31
3.2	Instalações Fixas	35
3.2.1	Análise por local	36
3.2.2	Análise por Subsistema.....	39
3.2.2.1	Indentificar Modos de Falha	40
3.2.2.2	Identificar Efeitos.....	41
3.2.2.3	Identificar Causas	41
3.2.2.4	Diagramas de Causa-Efeito	42
4	Análise e Gestão de Riscos.....	55
4.1	Determinar Impactos	55
4.2	Determinar Probabilidade e Severidade do Risco.....	56
4.2.1	Matriz Gravidade-Probabilidade do risco.....	57
4.2.2	Identificação dos Factores de Riscos e Determinar acções	58
4.3	Resposta a casos de Risco (Emergência).....	68
5	Conclusão	72
5.1	Tranferência do Conhecimento e Tecnologias.....	72
5.2	Análise Pessoal.....	73
6	Referências e Bibliografia	75
7	Anexos	76

Índice Tabelas

Tabela 1:	Consórcio Normetro.....	2
Tabela 2:	Definição de Sistemas e seus componentes.....	7
Tabela 3:	Categoria da Avaria.....	55
Tabela 4:	Nível de Severidade dos acontecimentos.....	56
Tabela 5:	Frequência de ocorrência de acontecimentos.....	55
Tabela 6:	Níveis de Risco.....	57

Índice de Figuras

Figura 1:	Estrutura Organizacional da Metro do Porto, SA.....	3
Figura 2:	Calendarização do Estágio.....	5
Figura 3:	Via.....	7
Figura 4:	Catenária.....	8
Figura 5:	Veículo.....	10
Figura 6:	Telefónico SOS.....	11
Figura 7:	Instalação Sonora.....	12
Figura 8:	Painel de Tele-indicação.....	12
Figura 9:	Câmara de Videovigilância.....	12
Figura 10:	Painel de visualização de Operação do Sistema.....	13
Figura 11:	Sinalização de Trafego.....	15
Figura 12:	Sinalização na Via.....	15
Figura 13:	ATP(Automatic Train Proteccion).....	16
Figura 14:	Máquina de Venda de Bilhetes.....	17
Figura 15:	Validador.....	17



Figura 16:	Sistema de Bombagem	19
Figura 17:	Ascensores Elétricos.....	20
Figura 18:	Escadas Mecânicas.....	20
Figura 19:	Organigrama da Transdev	23
Figura 20:	Posto de Comando Central	24
Figura 21:	Descrição do Processo de Manutenção Correctiva	26
Figura 22:	Descrição do Processo de Manutenção Preventiva	27
Figura 23:	Curva da banheira	29
Figura 24:	Processo de Detecção de Anomalias	31
Figura 25:	Processo de Detecção de Anomalias	35
Figura 26:	Mapa das linhas de análise	36
Figura 27:	Aplicação do FMECA (1ªparte)	40
Figura 28:	Diagrama de Causa-Efeito da Via	43
Figura 29:	Diagrama Causa-efeito da Catenária	43
Figura 30:	Diagrama Causa-Efeito da SET/PDT.....	44
Figura 31:	Diagrama Causa-efeito da Iluminação e Força Motriz.....	45
Figura 32:	Diagrama Causa-efeito do subsistema Telefónico SOS.....	45
Figura 33:	Diagrama Causa-efeito do subsistema Telefónico	46
Figura 34:	Diagrama Causa-efeito do subsistema Informação ao Público.....	46
Figura 35:	Diagrama Causa-efeito do subsistema Videovigilância	47
Figura 36:	Diagrama Causa-efeito do subsistema Rádio Voz	47
Figura 37:	Diagrama Causa-efeito do Scada	48
Figura 38:	Diagrama Causa-efeito do Subsistema Agulha.....	48
Figura 39:	Motor da Agulha	48
Figura 40:	Diagrama Causa-efeito do Subsistema Circuitos de Via/Contadores de Eixo.....	49
Figura 41:	Diagrama Causa-efeito do Subsistema Sinais Ferroviários.....	49



Figura 42:	Diagrama Causa-efeito do Subsistema Passagens de Nível.....	50
Figura 43:	Diagrama Causa-efeito do ATP.....	50
Figura 44:	Diagrama Causa-efeito do Subsistema Rodoviária	50
Figura 45:	Diagrama Causa-efeito do Subsistema Bilhética – MAVB.....	51
Figura 46:	Diagrama Causa-efeito do Subsistema Bilhética – Validadores.....	51
Figura 47:	Diagrama Causa-efeito do Subsistema Ascensores Eléctricos.....	52
Figura 48:	Diagrama Causa-efeito do Subsistema Escada Mecânicas.....	52
Figura 49:	Diagrama Causa-efeito do Subsistema Estrutura da Estação e Abrigos	52
Figura 50:	Diagrama Causa-efeito do Subsistema Bombagem	53
Figura 51:	Diagrama Causa-efeito do Subsistema Ventilação.....	53
Figura 52:	Diagrama Causa-efeito de Detecção e Combate a Incêndio.....	54
Figura 53:	Aplicação do FMECA (2ª parte)	55
Figura 54:	Curvas de representação da matriz gravidade.....	57
Figura 55:	Procedimento numa situação de Risco.....	66

Índice de Gráficos

Gráfico 1:	Frequência de Falhas em cada Subsistema (1) e (2).....	32
Gráfico 2:	Falhas em cada Subsistema no 1º semestre de 2004.....	33
Gráfico 3:	Falhas em cada Subsistema no 1º semestre de 2005.....	33
Gráfico 4:	Falhas dos Subsistemas por Estação.....	36
Gráfico 5:	Falhas dos Subsistemas por Estação, excluindo a Bilhética	37
Gráfico 6:	Ocorrência de Vandalismo nos Subsistemas	37
Gráfico 7:	Ocorrência de Vandalismo nas Estações	38



1. Contextualização

1.1. O Sistema de Metro Ligeiro da Área Metropolitana do Porto

Em consequência do acentuado crescimento demográfico da Área metropolitana do Porto formou-se uma consciência colectiva acerca da necessidade de criar um sistema que fornecesse uma resposta eficaz às necessidades de mobilidade da região.

O primeiro passo foi dado em Setembro de 1989, num estudo realizado pela STCP, denominado “Transporte Colectivo em Sítio Próprio”, em que se propõe o sistema de metro ligeiro como solução para os problemas de mobilidade, sofrendo o projecto algumas alterações nos anos seguintes e sendo aceite num acordo envolvendo os nove municípios componentes da Área Metropolitana do Porto, em Julho de 1992.

A 22 de Outubro de 1992, é aprovada a constituição da empresa *Metro do Porto, S.A. (MP)*, enquanto entidade concessionária do serviço público de metropolitano ligeiro da mesma área, sendo formalmente constituída a 21 de Janeiro de 1993.

No mês de Dezembro de 1994, é lançado o *Concurso Público Internacional de Pré-Qualificação* para a concepção, construção, equipamento e operação do Sistema de Metro Ligeiro da Área Metropolitana do Porto, ocorrendo dois anos depois (1996) a apresentação da *Solução de Referência do Sistema de Metro Ligeiro da Área Metropolitana do Porto*, documento que define a rede de metro na sua forma final, com as suas quatro linhas, sessenta e seis estações e cerca de 70 km de extensão, sendo tomada a decisão de adjudicação do projecto ao *Agrupamento Complementar de Empresas (ACE) Normetro (NM)*, em Novembro de 1997.



Relativamente ao consórcio Normetro, a sua formação actual engloba diversas empresas com competências distintas, como se observa na Tabela 1:

Tabela 1 – Consórcio Normetro

Empresa	Área
Semaly	Planeamento e projecto.
Transmetro	Construção civil.
BBR	Electromecânica.
Bombardier Transportation	Material Circulante.
Transdev	Operação e Manutenção.

No âmbito do presente estágio, salienta-se a **Transdev**, cujo enquadramento é de capital importância para a sua compreensão, como testemunhamos nos capítulos seguintes.

Em finais de 1999, é completado o processo de reestruturação accionista da empresa, sendo accionistas a *Área Metropolitana do Porto*, com 59,9994% das acções, a STCP, com 25%, a CP, com 10%, o Estado, com 5%, e os municípios do Porto, da Maia, de Matosinhos, de Vila Nova de Gaia, de Vila do Conde e da Póvoa de Varzim, cada qual com 0,0001% do capital.

A 29 de Junho de 2002, inicia-se uma nova etapa na história da empresa, com abertura ao público, em fase experimental, da linha entre a Câmara de Matosinhos e o Viso, durante aproximadamente 19 semanas.

Finalmente, a 7 de Dezembro de 2002, é inaugurada a Linha A, que liga a Trindade à Câmara de Matosinhos, iniciando a operação comercial do Metro do Porto, a 1 de Janeiro de 2003.

Desde então, a extensão abrangida pela rede Metro, ao dispor do público, tem aumentando gradualmente, ocorrendo o último acréscimo a 17/09/2005, com a inauguração da linha amarela, que liga as estações do Pólo Universitário à Câmara de Gaia.

No *Anexo A*, é possível observar a rede de metro prevista, futuramente.

A empresa Metro assume a posição de Dono de Obra numa filosofia de “outsourcing”, ou seja, de adquirir externamente o que necessita, como se comprova no primeiro e mais importante contrato da Metro – o contrato Normetro, um contrato chave na mão, que especifica a concepção, construção, equipamento e operação do Metro, ficando a Metro apenas encarregue da fiscalização de forma a garantir o cumprimento das exigências do contrato.

O Departamento Infra-estrutura M1 trata de toda a obra inserida na primeira fase do Metro – a fase M1 realizada pela Normetro.

Os aditamentos ao contrato inicial e os novos contratos referentes a linhas não contempladas no projecto inicial, como sendo o prolongamento ao Estádio do Dragão ou o prolongamento ao Aeroporto Sá Carneiro, inseridas na segunda fase do Metro, são tratadas pelo Departamento Infra-estrutura M2.

Podemos observar, na figura 1, a estrutura organizacional da empresa:

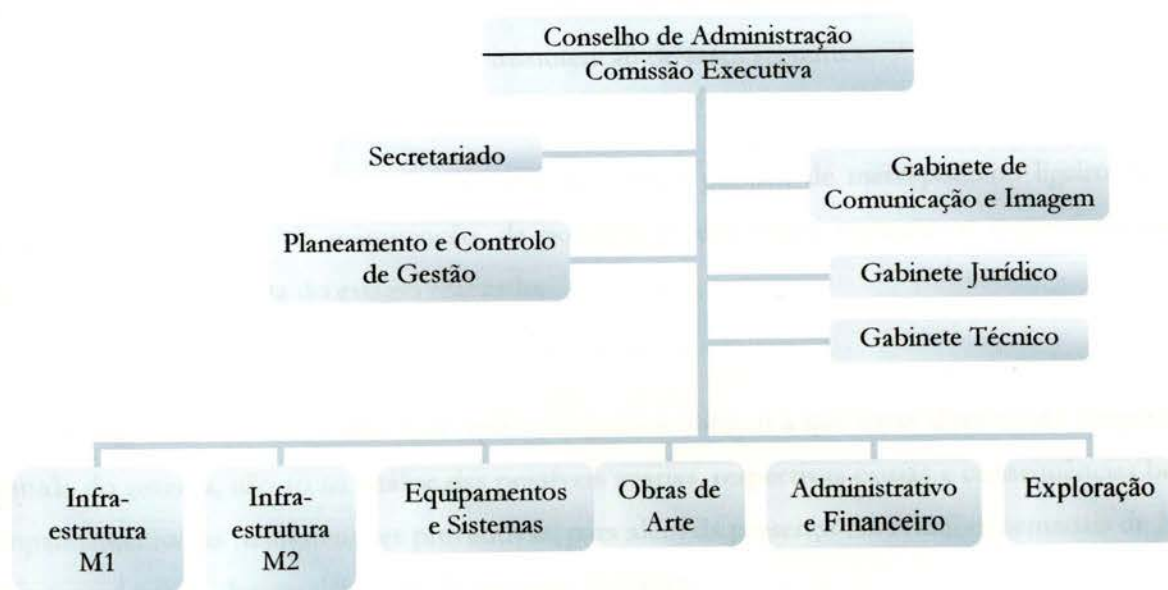


Figura 1 – Estrutura organizacional da Metro do Porto, SA

A área responsável pela Gestão da Manutenção encontra-se, neste momento, em fase de estruturação, finalizada a fase irá ser criada a **Unidade de Gestão da Manutenção das Instalações e Sistemas** que será enquadrada no mesmo patamar que as restantes unidades. A proposta do estágio curricular que originou o presente relatório atribuiu à aluna, autora deste documento, a inserção na área, ainda embrionária, responsável pela Gestão da Manutenção.

Seguindo a filosofia de “outsourcing”, a empresa Metro do Porto caracteriza-se por ter poucos colaboradores (cerca de 100), com uma média de idades baixa (36.2 anos) e com um elevado nível de Formação (58,4% de licenciados; 76,9%, se excluirmos os trabalhadores da CP e da REFER).

1.2. Realização de um estágio na Metro do Porto, SA

Aproximando-se uma altura crucial na vida da empresa *Metro do Porto, SA*, com a finalização das primeiras quatro linhas, sessenta e seis estações e cerca de 70 km de extensão (ver *Anexo J*) e, consequentemente, a finalização das obras incluídas no contrato de adjudicação do projecto ao *Agrupamento Complementar de Empresas (ACE) Normetro*, sentiu-se a necessidade de proceder a um “balanço” e a um diagnóstico inicial por áreas e questões associadas à obrigação da NM proceder à transferência de todas as tecnologias e competências para a MP, assunto que será retomado no último capítulo deste relatório. De facto, é necessário que a MP ganhe atitude crítica, já que nada garante que a próxima fase seja adjudicada ao mesmo consórcio, podendo mesmo os prestadores de serviços serem diversos, ou até ficar a MP com a responsabilidade de construção, operação e manutenção de fases seguintes.

A exigência da entidade concessionária do serviço público de metropolitano ligeiro de actualização constante das actividades de manutenção, da ponderação dos riscos inerentes e respectivos impactos teve como resultante a proposta do estágio realizado.

A exigência de um trabalho com aplicação prática obrigou a que fosse dispensado tempo considerável ao estudo do sistema, não só na análise das possíveis avarias, respectivas causas e consequências bem como ao acompanhamento das manutenções preventivas, para além da presença em reuniões semanais de Manutenção, base essencial para o desenvolvimento do presente trabalho.

O acompanhamento das manutenções preventivas a todos os subsistemas não privilegiará apenas o estudo de cada subsistema, permitindo igualmente verificar a actuação da sociedade operadora. Assim, partindo da observação atenta da execução dos planos de manutenção e respectivo cumprimento, concluiu-se pela sua adequação.

Realizaram-se reuniões semanais de manutenção com a presença dos responsáveis das Instalações Fixas da Transdev e dois representantes do MP, elementos pertencentes à fiscalização. As referidas sessões permitiram, fundamentalmente, uma melhor percepção da realidade, dos problemas quotidianos e a prática diária na sua resolução. Foram objecto de exposição, análise e consequente ponderação os temas mais complicados da semana. As informações, conhecimentos, conclusões e reflexões revelaram-se de extrema utilidade na identificação de alguns problemas que descreverei neste relatório.

O presente trabalho constitui uma excelente oportunidade pessoal de participar numa aplicação prática de conhecimentos teóricos e científicos adquiridos ao longo do curso.

1.3. Objectivo a atingir no estágio – Estruturação do relatório

Um dos objectivos do estágio é a inserção do aluno numa realidade profissional, sendo, por isso, de carácter eminentemente prático e direccionado para a resolução de problemas concretos da empresa, colmatando algumas deficiências na análise à gestão da manutenção.

Constitui ainda uma finalidade importante a elaboração de propostas de prioridades na manutenção.

A calendarização que se segue teve uma função maioritariamente orientadora, tendo sofrido algumas alterações no decorrer do projecto de estágio.

ID	Task Name	Duration	Set 2005				Out 2005				Nov 2005				Dez 2005				Jan 2006				Fev 2006				Mar 2006		
			4-9	11-9	18-9	25-9	2-10	9-10	16-10	23-10	30-10	6-11	13-11	20-11	27-11	4-12	11-12	18-12	25-12	1-1	8-1	15-1	22-1	29-1	5-2	12-2	19-2	26-2	5-3
1	Período de Formação inicial	6w																											
2	Análise do Histórico	8w																											
3	Análise do Processo de Manutenção	3w																											
4	Compreensão da Aplicação do Jomal Diário	3w																											
5	Compreensão da Aplicação WinMac	3w																											
6	Análise das características e soluções a implementar	2w																											
7	Acompanhar as manutenções preventivas	11w																											
8	Análise de impactos e riscos	7w																											
9	Conclusões do estudo	4w																											
10	Revisão e apreciação dos orientadores	2w																											
11	Elaboração do relatório	14w																											

Figura 2 – Calendarização do estágio

O relatório é composto por seis capítulos, de que a presente introdução é parte integrante que descrevem não só o trabalho desenvolvido, mas também a abordagem metodológica seguida. A estrutura dos respectivos capítulos é descrita seguidamente:

Após a contextualização deste estágio e a caracterização da empresa Metro do Porto, SA, dedicamos o 2º Capítulo à descrição do sistema, explicitando os diferentes componentes e a descrição do processo de manutenção. O 3º Capítulo foi dedicado à análise do histórico, Material circulante e, com maior destaque, Instalações fixas. O 4º Capítulo aborda a análise e gestão de riscos e explicita quais as principais áreas de impacto e risco no sistema, descreve também a resposta a situações de risco – Emergência.

O relatório termina, no 5º Capítulo, com uma abordagem sobre a Transferência do Conhecimento e Tecnologias e finalmente as principais conclusões e uma análise do trabalho realizado.

2. Descrição do sistema e seu funcionamento

O sistema é o conjunto de instalações fixas, material circulante e de sistemas operativos que permitem o funcionamento de um Meio de Transporte de Alta Capacidade (LRT-Light Rail Transit).

Tabela 2 – Definição de sistema e seus componentes

Nível	Definição
Sistema	É um elemento que é composto por vários subsistemas .O sistema é considerado o "Metro do Porto"
Subsistema	É um dos elementos funcionais básicos requerido para executar uma função principal do sistema
Equipamento	É um dos elementos funcionais básicos requerido para executar uma função principal dum subsistema

Este sistema tem por objectivo permitir a condução segura dos veículos.

2.1. Os Subsistemas

O Sistema de Metro Ligeiro da Área Metropolitana do Porto encontra-se dividido em Subsistemas, alguns no âmbito das instalações fixas e outros, como o veículo e todos os equipamentos constituintes, no âmbito do material circulante.

A) Sistema de Via

A Via constitui uma parte importante da infra-estrutura do Metro do Porto. Uma parte importante do traçado aproveita o canal da via-férrea que, anteriormente, era propriedade da REFER. Há, também, uma parte do traçado à superfície, que se desenvolve em meio urbano, que teve de ser construído para o efeito. Uma



outra parte desenvolve-se em túnel e corresponde ao traçado localizado na zona mais antiga da cidade do Porto. A via consta do tradicional sistema travessa-carril e a cada um dos diferentes tipos de traçado que enumeramos, corresponde um tipo diferente de assentamento de via. No primeiro tipo, correspondente à via da REFER, optou-se por via balastrada, em geral. No traçado em meio urbano, utilizou-se a via embebida e nos túneis via com assentamento do tipo STEDEF.



Figura 3 - Via

B) Sistema de subestações eléctricas e postos de transformação

As subestações de tracção (SET) serão alimentadas através de nove ramais de alimentação de 15 KV provenientes da rede da EN e estarão interligadas por um anel aberto de 15 KV, a partir do qual se alimentarão também as estações subterrâneas. A fiabilidade do funcionamento é assegurada por SET's contíguas, que alimentarão o sistema, caso uma SET fique fora de serviço.

A subestação alimenta as estações através dos postos de transformação e fornece energia de tracção dos comboios através do sistema de distribuição (catenária). Neste último caso, a subestação encarrega-se da transformação e posterior rectificação da energia para a sua conversão a 750 V em corrente contínua, tensão utilizada pelos comboios para o seu funcionamento. A ligação desta energia com a linha de contacto da catenária realiza-se através dos correspondentes alimentadores.

Os equipamentos abrangidos por este documento são os que a seguir se referem:

- Quadro MT;
- Transformadores MT;
- Quadro de BT;
- Quadro de serviços auxiliares 110/48 V (cc);
- Carregadores e baterias de 48 e 110 V (cc);
- Quadro de sinalização e seccionadores de catenária;
- Armário exterior (de seccionadores e contactores de catenária);
- Armários de *interface*;
- Rectificadores de tracção – 1500 KW;
- Quadro de distribuição de corrente contínua;
- Terras.

C) Sistema de distribuição de Corrente Contínua (Catenária)

O esquema eléctrico da catenária permitirá a alimentação independente a cada uma das vias, de modo a permitir a continuação do serviço em via única, em caso de avaria, numa determinada secção, de uma das linhas aéreas de alimentação. Um sistema de disparo interligado, actuando em disjuntores ultra rápidos dos quadros de protecção de C.C. (DUR), assegurará a protecção da linha, sempre que o defeito se localizar longe do quadro respectivo. O conjunto disporá também de uma rede de terras, à qual estarão ligados todos os equipamentos e elementos susceptíveis de estar em tensão, para a protecção das pessoas e da própria instalação. Estão previstos diferentes tipos de catenária, conforme a natureza dos troços de linhas.



Figura 4 - Catenária

D) Sistemas de iluminação e força motriz

O sistema de iluminação e força motriz é o responsável pela distribuição de energia em Baixa Tensão (BT) para os diferentes tipos de consumidores (elevadores, escadas mecânicas, iluminação, etc.).

Dado os dois tipos de estações que existem na rede do Metro do Porto, subterrâneas e de superfície, existem também duas filosofias de distribuição de energia.

D1) Estações de Superfície

Nestas estações, a alimentação em BT é fornecida pela EDP através da rede da Electricidade do Norte (EN). Do quadro geral de baixa tensão (QGBT), onde chega o ramal de alimentação da EN, saem os vários cabos de alimentação para os circuitos de iluminação geral e/ou equipamentos da estação e ainda a alimentação de potência dos próprios equipamentos.

Os sistemas alimentados a partir do QGBT das estações de superfície são os seguintes:

- Iluminação dos cais e dos abrigos;
- Informação ao Público (Sonoro e Visual);
- Equipamentos de Bilhética (MAVB e validadores);
- Vídeo Vigilância;
- AC dos abrigos;
- SCADA (URT).

D2) Estações Subterrâneas

A alimentação em Baixa Tensão nas estações enterradas é fornecida por um posto de transformação (PT) MT/BT, localizado em cada uma das estações. Cada um destes PT's está, por sua vez, ligado à rede de Média Tensão interna do Metro do Porto de 15 kV. Em cada posto de transformação está prevista a instalação de dois transformadores de 15/0,4 kV de 800 kVA do tipo seco, garantindo a redundância do sistema.

Os transformadores serão alimentados por um quadro de MT e alimentarão o denominado QGBT (semelhante as das estações de superfície), do qual partirão as linhas de alimentação dos quadros de distribuição dos diferentes sistemas. Para além dos sistemas acima indicados, nas estações enterradas existem ainda os equipamentos que a seguir são mencionados:

- Serviços Gerais;
- Elevadores;
- Escadas Rolantes;
- Ventiladores;
- Bombagem.

D3) Sistema de Iluminação

O sistema de iluminação serve os túneis e estações, tanto subterrâneas como de superfície, executando as funções de iluminação em condições normais de funcionamento, de emergência, entrando em serviço quando o sistema principal não está activo, funcionando como sinalização de segurança, e ainda de vigilância. Esta última está sempre activa, tendo como função indicar os caminhos de fuga, escadas e saídas da estação.

O comando é efectuado remotamente via SCADA, mas, caso seja pretendido ou necessário, pode ser realizado localmente.

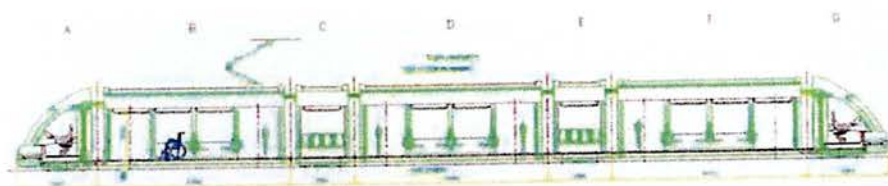
E) Veículo

Destaca-se pela sobriedade e fluidez das suas linhas, quer observando-o do exterior quer sentindo-o no seu interior. É um veículo muito modular (sete módulos), com engate automático, podendo ser acoplado a outro, formando composições de dois veículos. O veículo apresenta duas cabines e dois módulos intermédios, assentes sobre bogies.

Entre variadíssimos equipamentos, apresenta um sistema de retrovisão, que, em vez dos habituais espelhos, usa um sistema de câmaras de vídeo, bem como uma unidade de ar condicionado simples por cabine



e uma dupla por salão de passageiros, levando a níveis de redundância consideráveis em caso de falha de alguma delas.



Peso de veículo	ton	40.5
Comprimento (engate recolhido)	mm	35052
Velocidade máxima	Km/h	80
Lotação	4p/m2	215
Aceleração média de 0 a 30 km/h	m/s2	1.1
Desaceleração média de serviço	m/s2	1.2
Distância máxima de paragem na frenagem de serviço	m	200
Desaceleração média na frenagem de emergência	m/s2	2.4
Tensão de alimentação	Vdc	750

Figura 5 – Características do Veículo

Sistema de Telecomunicações:

F) Sistema de Transmissão

Este sistema encarrega-se de suportar as comunicações entre os diferentes locais técnicos do *Metro do Porto*. São instalados pontos de acesso a este sistema em todas as estações, PMO's e PCC. Este sistema suporta, além disso, uma rede de teleprocessamento IP, para as comunicações entre o equipamento dos subsistemas de videovigilância, subsistemas de sonorização, informação ao passageiro, bilhética e Scada, localizado nas estações, e no PCC.

G) Radiocomunicações

Este sistema está baseado num sistema de *trunking* analógico. Permite as comunicações de voz e dados dos operadores de tráfego do PCC com os motoristas, assim como as comunicações entre o pessoal de serviço, de manutenção e as comunicações com os serviços de emergência.

H) Sistema Telefónico

Este sistema é o encarregado de proporcionar comunicações de voz aos operadores de tráfego, pessoal técnico e utilizadores da rede de *Metro do Porto*, e assegurar as comunicações com outras redes telefónicas

exteriores. Este sistema apoia-se, a nível físico, no sistema de transmissão, através do qual se interligam todos os terminais de telefonia distribuídos ao longo da rede de metro. O sistema dispõe dos seguintes tipos de terminais:

- H1)** Telefones normais analógicos;
- H2)** Telefones de operação;
- H3)** Telefones de emergência ou intercomunicadores.



Figura 6 – Telefones SOS

Aos Telefones de Emergência, localizados nas plataformas das estações, está associada uma câmara do subsistema de videovigilância, que permite a gravação das imagens correspondentes no PCC.

I) Informação ao público (teleindicação e sonorização)

Este sistema estará encarregado de proporcionar informação visual e sonora sobre a circulação dos comboios, informação horária e de interesse geral, aos utilizadores do metro do Porto. O sistema de Sonorização possibilitará a difusão de mensagens sonoras. Estas mensagens serão geradas a partir do PCC, apesar de também poderem ser geradas a partir da própria estação, com autorização deste. Nas estações subterrâneas far-se-á, além do mais, a difusão da música ambiente. O sistema de Teleindicadores será encarregado de mostrar, de forma dinâmica, informação visual aos passageiros sobre o destino dos comboios, o tempo de espera ou informação horária, através de painéis de teleindicadores distribuídos pelas estações.



Figura 7 – Instalação Sonora



Figura 8 – Painel de Tele-indicação

J) Sistema de Videovigilância

O Sistema de Videovigilância da *Metro do Porto* permite que, do PCC, se proceda à vigilância, por meio de câmaras de vídeo, de certos locais das estações da rede do metro, zonas de manobra e cruzamentos de linhas. Os objectivos principais para a sua implementação são o de acompanhar o movimento dos passageiros, actuar como ferramenta de dissuasão contra actos de agressão e vandalismo, supervisionar as composições em zonas particularmente críticas, tais como parqueamentos e cruzamentos de linhas.



Este Sistema está baseado em *standards* e apresenta uma arquitectura piramidal, composta por um Posto de Controlo Central (PCC), e estações Remotas (ER). A comunicação entre cada estação e o PCC estabelece-se através de canais dedicados, suportados pelo Sistema de Transmissão.

Figura 9 – Câmara de Videovigilância

Tecnologias utilizadas no Controlo e Monitorização do Metro do Porto

Scada+Tms



Figura 10 – Painel de visualização da Operação do Sistema

K) Scada – Supervisão Controlo e Aquisição de dados

O sistema de SCADA compreende o Centro de Comando (no PCC) e as URTs (nas estações, subestações e passagens de nível) e a sua função é, por um lado, a recolha de todas as informações relevantes

de cada estação/subestação e respectivos subsistemas / equipamentos associados e, por outro, o comando remoto dos mesmos, realizado sempre por iniciativa do operador.

É um sistema de supervisão e controlo centralizado, que permite uma supervisão técnica e o telecomando das estações, supervisão e telecomando do abastecimento de energia à linha bem como a supervisão técnica das passagens de nível. Este sistema centraliza a manutenção das instalações e, consequentemente, todos os sistemas devem reportar a ele os alarmes da manutenção dos equipamentos num primeiro nível.

CONTROLO:

- Catenária (energia) – 750V;
- Rede MT (energia) – 15KV;
- Iluminação;
- Escadas Mecânicas;
- Elevadores;
- Contactores de *bypass*.

SUPERVISÃO:

- Temperatura;
- Velocidade do Subsistema de Ventilação;
- Medidas (U, I);
- Serviços Auxiliares;
- URT;
- PN;
- Subsistema de Detecção de Incêndios.

Os operadores têm funções automáticas avançadas no sistema de gestão de tráfego, *Traffic Management System* o qual permite:

- O estabelecimento automático de itinerários;
- O posicionamento e seguimento dos veículos;
- A visualização de estado e controlo remoto sobre todos os equipamentos que constituem o sistema de sinalização;
- Funções de regulação da rede - por horário ou por intervalo;
- A gestão de junções, correspondências, etc;
- Accionamento de alarmes e eventos do sistema de sinalização.

Sistema de Sinalização:

N) Sinalização Ferroviária

O sistema de sinalização assegura o controlo e segurança da circulação de veículos com base em tecnologia específica, a qual garante um nível de segurança SIL 4 de acordo com as normas CENELEC. Este



sistema tem como base os encravamentos electrónicos Ebilock 950 que controlam todos os equipamentos de sinalização tais como: motores de aparelhos de mudança de via, sinais, circuitos de via, passagens de nível, etc.

O sistema tem as seguintes características:

- Sinalização normal para o tráfego do lado direito e sinalização de contravia para o tráfego do lado esquerdo da via;
- Detecção de veículo por circuitos de via/contadores de eixos sem juntas isolantes TI-21;
- Sinais luminosos com dois focos e três aspectos (Vermelho, Verde e Vermelho Intermitente);
- Todas as agulhas são motorizadas e controladas a nível central;
- Funções seguras de encravamento com Ebilock 950;
- Protecção Automática de Veículo (*Automatic Train Protection*, ATP) com Ebicab 900;
- Passagens de nível para tráfego rodoviário com barreiras e para peões protegidas com sinais de trânsito e alarmes sonoros;
- Sistemas semafóricos de prioridade ao veículo nas zonas urbanas.

O) Sistema de encravamentos locais (Ebilock)

O conjunto da rede encontra-se dividido em zonas. Cada uma destas zonas está controlada por um sistema de encravamento local descentralizado, que tem por objectivo a execução livre e segura dos itinerários estabelecidos para os comboios.

P) Sistema de detecção de comboios

A detecção dos comboios pelo sistema de controlo de tráfego realiza-se basicamente por meio de circuitos de via sem juntas, colocados ao longo dos túneis e nas estações, e pelos dispositivos de contagem de eixos existentes ao longo dos troços em superfície segregados e nas zonas de manobras nos troços não segregados.



Figura 11 – Sinalização de Tráfego

Q) Sinais

A sinalização de tráfego é fundamentalmente vertical, efectuada através de sinais luminosos de 2 ou 3 aspectos situados nas estações, cruzamentos, passagens de níveis e zonas de manobras.



Figura 12 – Sinalização na Via

R) Accionamento de agulhas e controladores de passagens de níveis

Estes elementos têm por objectivo o controlo das agulhas e passagens de nível, para a circulação segura dos veículos.

S) ATP

Os veículos dispõem de um sistema de protecção automático da condução, que impede o alcance dos comboios, a ultrapassagem de um sinal vermelho e atingir velocidades superiores às permitidas, mediante a travagem automática dos comboios, se necessário.



Figura 13 – ATP (Automatic Train protection)

Todo este conjunto de subsistemas é controlado adicionalmente, de forma global, através do Sistema de Controlo de Tráfego (TMS) centralizado. Este sistema, complementado com os relativos às comunicações (rádio, telefonia, informação aos passageiros, etc), garante uma condução em conformidade com o esquema de exploração previsto.

T) Sinalização Rodoviária

O sistema de sinalização em zonas urbanas é complementado pelo sistema de semafórico de prioridade ao veículo Metro, o qual permite gerir o sistema de semáforos que gere os cruzamentos rodoviários com o canal Metro.

A detecção de veículos Metro é realizada através de espiras electromagnéticas ou circuitos de via, sendo o mesmo detectado a uma distância tal que, transmitida ao programador que a processa em tempo real, fecha os sinais rodoviários, permitindo obter prioridade no atravessamento do cruzamento.

Os veículos rodoviários são também detectados através de espiras electromagnéticas, permitindo otimizar a gestão de tempos entre fases diferentes, nomeadamente mudando para a fase seguinte, sempre que a anterior não registre movimentos. Tendo a fase do Metro sempre prioridade sobre as restantes, a troca de fases, para o efeito de diminuição de tempos de espera, ocorre entre as fases de trânsito não ferroviário.

U) Sistema de Bilhética

Trata-se de um sistema integrado numa rede de controlo, gestão e tratamento da informação, que permite a integração, no mesmo cartão, de meios de pagamento electrónico, como sejam a banda magnética para pagamentos de MB (Multibanco), ou o *chip* para pagamentos PMB (porta moedas Multibanco). Os equipamentos que integram este sistema são os que se destinam a:

U1) Venda de títulos de transporte

A co-existência de títulos de transporte em papel (baixo valor e curta duração, tipicamente bilhetes simples) e tecnologia sem contacto (alto valor e longa duração, tipicamente passes), oferecem um conjunto de equipamentos de venda que permite responder às diversas situações de tráfego e aos mais comuns meios de pagamentos:

- Máquinas de venda automática;
- Máquinas de venda manual (BOM);
- Terminais portáteis de venda ambulante;
- Terminais de venda para agentes/depositários.



Figura 14 – Máquina de venda de Bilhetes

U2) Validação e controlo de títulos de transporte

A rede da Metro do Porto é, do ponto de vista de controlo de entradas e/ou saídas nas estações, um sistema “aberto”, ou seja, sem dispositivos/barreiras de controlo de acessos. Como tal, o sistema de bilhética oferece como dispositivos de validação e controlo de títulos de transporte:

- Validadores
Validação de títulos sem contacto, em locais fixos na estação.
- Terminais portáteis de Controlo/Fiscalização.
Utilizam-se, para controlo ambulante dos títulos e emissão de multas e respectivo comprovativo.



Figura 15 – Validador

U3) Comunicações e gestão

A arquitectura geral do Sistema de Bilhética baseia-se numa filosofia LAN/WAN sobre o protocolo TCP/IP, na qual se garante uma conectividade permanente entre o sistema central e os restantes dispositivos.

Para a comunicação entre o PCGB e os vários equipamentos de bilhética, é disponibilizado o número de canais de 64 Kbit/s necessários entre o PCC e cada estação, agrupados em ligações E1 (através de multiplexadores de estação) na rede de transmissão SDH do Metro do Porto.

V) Sistema de Ventilação

O sistema de ventilação dos túneis e estações subterrâneas tem dois propósitos: criar condições ambientais necessárias ao conforto dos clientes – isto é, níveis adequados de temperatura, humidade e qualidade do ar – e garantir a segurança das pessoas e instalações, em caso de emergência, permitindo a eliminação de fumos e criando as condições ambientais para a evacuação dos passageiros e para o controlo da situação de emergência. Por último, nas salas técnicas é necessário manter as condições ambientais adequadas para o correcto funcionamento dos equipamentos e para as actividades do pessoal de serviço e manutenção.

VI) Ventilação dos Cais e das estações

A ventilação destes locais tem duas componentes:

A primeira, do **tipo natural**, é provocada pelo diferencial de temperaturas de ar e ainda pelo movimento dos comboios, que “empurram” o ar, na sua frente, ao entrar nas estações e o “aspiram”, atrás de si, quando saem, provocando (alternadamente) eventuais sobrepressão/depressão sobre o cais e os respectivos acessos. Estes valores não serão significativos, dada a relação reduzida entre a área frontal do comboio e a área do túnel (via dupla).

A criação de duas chaminés de ventilação, entre o túnel e o exterior, nos topos das estações, para além das funções em emergência que mais à frente analisaremos, aliviará, assim, este efeito de sobrepressão/depressão, admitindo alternadamente o escape e a compensação, não sobreinfluenciando os cais da estação.

A segunda, em paralelo com a ventilação natural acima citada, existe num sistema de **ventilação mecânica (forçada)**, com ranhura de aspiração, ao longo de cada cais, ligada a ventiladores de extracção, que removerão o calor/ar viciado provocado pelos utentes no cais, e pelos comboios que aí param e respectivos equipamentos. A compensação de ar extraído far-se-á pelos acessos de passageiros, assegurando a renovação de ar das áreas ocupadas, garantindo condições de bem-estar e higiene.

A arquitectura das diversas estações impõe a existência de dois sistemas, de idêntica filosofia de funcionamento, mas materialmente diferentes.

Um quadro eléctrico alimentará os equipamentos associados a este sistema.



V2) Ventilação dos Túneis

A ventilação normal nos túneis é promovida, de forma reduzida, pelo movimento dos comboios no seu interior – efeito pistão, compressão do lado posterior e a aspiração pela zona anterior do comboio. Chaminés criadas nos topos dos túneis junto das estações promovem o escape /admissão de ar, através de um *dampers* normalmente aberto, provocando assim uma ventilação natural, algo acelerada pelo declive dos túneis e comprimentos variáveis das chaminés de ventilação (estratificação de temperaturas).

A um sinal de alarme, o responsável remoto ou local pela gestão da rede/estação, accionará o sistema de emergência.

Assim, será parada a ventilação normal da estação, fechado o registo de *by-pass* que servia a ventilação natural, abertos os *dampers* dos ventiladores instalados nos poços de ventilação e executado o respectivo arranque dos ventiladores. Ainda remotamente, será dada ordem sobre o sentido de rotação dos motores, podendo uma chaminé de ventilação funcionar em pressurização com ar novo e a outra, na extremidade oposta do túnel, em desenfumagem, permitindo limpar do túnel os ambientes nocivos e permitindo um caminho preferencial da evacuação de pessoas, contrário ao escape do eventual fumo.

Um quadro eléctrico local, em cada poço de ventilação, alimentará os equipamentos de emergência. Este quadro recebe força electromotriz de duas fontes alternativas.

W) Sistema de bombagem

A função do Sistema de Bombagem é a de elevar os eventuais canais de água, procedentes de infiltrações nos troços subterrâneos do Metro do Porto, através das aduelas, no caso dos poços em túnel, e os gerados pelas chuvas, de forma directa, através das grelhas dos poços de ventilação, dos acessos às estações e das bocas dos túneis, no caso dos poços das estações.

O Sistema de Bombagem faz a elevação dos caudais até à rede de drenagem municipal, à superfície, nas imediações de cada estação.

Os caudais gerados pelo eventual combate a incêndio são também considerados no dimensionamento dos equipamentos de drenagem e de bombagem, tanto de túnel como de estação.



Figura 16 – Sistema de Bombagem

A instalação do sistema de recolha de drenagens e infiltrações inclui as estações de bombagem instaladas em poços, o equipamento de bombagem e a infra-estrutura de obra civil necessária para captação das águas e a sua evacuação até à respectiva rede municipal.

Nas estações existe um poço em cada lado da plataforma, para onde são encaminhadas as águas. Os dois poços comunicam entre si por intermédio de uma conduta inferior, com válvula de seccionamento, que permite realizar a manutenção de um deles, sem prejuízo do restante sistema de drenagem. Por se formar um sistema de vasos comunicantes, duplica-se a capacidade de armazenamento, muito útil no caso de qualquer avaria. Destes poços de bombagem, apenas um se encontra equipado.

Estão previstas *conduites* visitáveis verticais, para instalação da tubagem de compressão dos grupos electrobomba, desde o poço até à câmara de descompressão, localizada à superfície, a montante da ligação ao colector municipal.

Fora das estações, em cada ponto baixo do traçado em túnel, existe também um poço de bombagem, cuja conduta de descompressão é encaminhada para um poço de estação e, daí, a descarregar à superfície.

X) Sistema de Ascensores eléctricos e Sistemas de Escadas Mecânicas

O conjunto das instalações de elevadores que constituem este sistema tem como função facilitar aos utentes o acesso cómodo às diferentes plataformas existentes nas estações do Metro Ligeiro, entre os níveis da rua e dos cais.

De forma específica, os elevadores possibilitam e facilitam a transferência entre níveis dos utilizadores que, por sofrerem de limitações físicas, ou por transportarem bagagens, tenham dificuldade em aceder aos mesmos, através das instalações disponíveis para o fluxo principal de passageiros.

O sistema é dimensionado para os diferentes modos de operação, características e exigências do caudal de passageiros nas diferentes condições de utilização (nominal/emergência) e ambientais (intempérie/interior).



Figura 17 – Ascensores Eléctricos

Os ascensores são de accionamento hidráulico, por pistão lateral. As cabinas são construídas em aço inox, facilmente laváveis e menos sujeitas a actos de vandalismo. As portas de patamar e cabina são de accionamento automático, com dois painéis, para facilitar o acesso a pessoas com mobilidade reduzida e passageiros com bagagens. Os acessos poderão ser efectuados a 0°, a 90° e a 180°. Os quadros de comando são do tipo Miconic.



Figura 18 – Escadas Mecânicas

O sistema de escadas mecânicas garante parte do fluxo dos utilizadores das Estações, facilita a sua transferência entre diferentes níveis, flexibilizando e ordenando a sua movimentação durante 20 horas por dia, 7 dias por semana, 52 semanas por ano.

As escadas serão equipadas com interruptores de chave, colocados nos topos inferiores e superiores, que permitem efectuar o seu arranque ou a sua paragem. Também a partir da central de gestão técnica, é possível ligar ou desligar as escadas mecânicas.

Y) Sistema de Detecção e Combate a Incêndios

O Sistema Automático de Detecção de Incêndios (SADI) é responsável pela detecção de incêndio, accionamento do alarme e sinalização ao Sistema de Gestão Técnica (SCADA), de forma a este executar comandos de emergência.

Para cumprir com este objectivo o sistema é constituído por um conjunto de centrais de detecção de incêndio, instaladas nas Estações, Subestações de Tracção e nos Parques de Manutenção do Metro do Porto.

Estas centrais de incêndios estão ligadas por contactos livres de potencial ao sistema de Gestão Técnica, que faz a gestão e comando de todos os subsistemas e equipamentos a partir de um Posto de Comando Local (PCL) e, remotamente, do Posto de Comando Central (PCC).

Estes Centros de Comando permitem o comando *online* dos equipamentos de cada instalação, e a sua activação em caso de emergência. Para além disso, permitem a visualização, em gráficos sinópticos, das plantas referentes às áreas protegidas. Em caso de alarme de uma zona de incêndio, o sinóptico respectivo sinalizará essa ocorrência.

Relativamente aos meios de combate de incêndio, está prevista a montagem de rede de água para o sistema de incêndios, alimentando carretéis, instalados nos cais das estações e ao longo dos túneis (colunas secas), e, ainda, por recurso a extintores de pó químico e CO₂ conforme os casos. Na extinção

contemplam-se ainda cortes de alimentação eléctrica com rotinas de segurança, incluindo o corte de energia à catenária.

A cada central de incêndios estão ligados anéis de detecção e alarme de incêndio, interligando detectores e outros módulos de alarme endereçáveis de vários tipos, de acordo com os locais a proteger. Os detectores são agrupados por zona ou local, para facilitar a rápida localização do incêndio. Cada zona ou local é controlada e sinalizada individualmente no painel de alarmes da central de incêndios.

Como elementos detectores automáticos são usados:

- Detectores ópticos de fumos;
- Detectores termovelocimétricos;
- Detectores lineares de feixe infravermelho (nos PMO's);
- Modulo de interface técnico com os sistemas de extinção.

Como complemento dos equipamentos de detecção automática acima descritos, existem botões de alarme (quebra de vidro), que permitem activar manualmente um alarme. Serão instalados nos túneis e em locais estratégicos nas estações, principalmente a nível do cais. No caso de locais onde a visualização de um detector não é possível, sem entrar no local de acção do mesmo, serão instalados repetidores de acção para fácil identificação.

O sistema fixo e automático de extinção de incêndios é utilizado nos compartimentos das máquinas das escadas mecânicas e dos elevadores. Este sistema é composto por contentores (geradores de aerossol) de reduzidas dimensões que, quando recebem um sinal eléctrico, produzem e expelem carbonato de potássio em estado de aerossol. A sua interacção com o meio envolvente da chama provoca a extinção do fogo, evitando uma re-ignição da chama.

Os meios instalados para combater um possível incêndio são:

- Subestações de Tracção (SET's): (CDI local e remota), Extintores portáteis CO₂;
- Estações Subterrâneas: SADI (CDI local e remota), RIA (níveis superiores), Coluna Seca (nível do cais), Extintores portáteis, Ventilação e Desenfumagem;
- Ascensores e Escadas mecânicas: Detecção e Extinção automática;
- Túneis: Coluna Seca, Ventilação e Desenfumagem;
- Túnel Trindade / Lapa: Extintores portáteis Pó Químico ABC, baldes de areia.

Como resumo da descrição do Sistema de Metro Ligeiro da Área Metropolitana do Porto (SMLAMP), apresentam-se as principais características no *Anexo B*.

2.2. Descrição do Processo de Manutenção

É hoje fundamental maximizar a utilização dos equipamentos (activos) eliminando as causas que originam as falhas (ou minimizando as suas consequências) e, assim, aumentar drasticamente a sua fiabilidade e disponibilidade. Esta deve ser a preocupação crescente dos responsáveis da manutenção nas empresas: GERIR os recursos (pessoas, equipamentos, materiais e dinheiro) de forma eficaz e, também, da forma mais eficiente possível.

Cabe à Transdev, por via do contrato de exploração e manutenção, garantir a Operação e Manutenção do sistema de Metro da área metropolitana do Porto, ficando incumbida da responsabilidade de execução dos trabalhos de manutenção dos equipamentos e instalações do Metro do Porto afectos à Operação.

Na Figura 19 podemos ver as diferentes áreas de intervenção da Transdev, destacando-se a Direcção do Material Circulante e a Direcção de Instalações fixas.



Figura 19 – Organigrama da Transdev

2.2.1. Papel do Jornal Diário



O Jornal Diário consiste numa aplicação informática, desenvolvida com o propósito de auxiliar o funcionamento interno, dando origem ao início do fluxo de informação, garantindo um registo inicial das incidências perturbadoras da exploração comercial do sistema de Metro.

Para uma melhor compreensão do processo, efectuou-se uma análise global ao fluxo de informação gerado, estabelecendo-se duas etapas claras e consistentes que o definem sequencialmente.

- **Percepção da incidência/ocorrência:**

Fase inicial em que os agentes no terreno têm como obrigação reportar, sempre que tenham conhecimento, por via directa ou indirecta, um incidente que, pela sua natureza, interfira ou possa interferir, com as instalações da Metro do Porto, SA ou afectem a exploração, no âmbito da movimentação de veículos.

Consideram-se agentes no terreno:

- Agentes de Estação, cuja função consiste no apoio operacional a um pequeno conjunto de estações e também ao cliente;
- Agentes de Condução, responsáveis pela condução dos veículos;
- Reguladores do PCC, (Posto de Comando e Controle) responsáveis pela monitorização e controlo da sinalização, tráfego e informação ao público, através de sistemas centralizados nesse local;



Figura 20 – Posto de Comando Central

- Responsáveis de Linha que como o próprio nome indicia monitorizam e gerem todos os aspectos afectos à operação de uma linha em particular;

- Reguladores do Terreno, que prestam apoio operacional no terreno aos condutores.

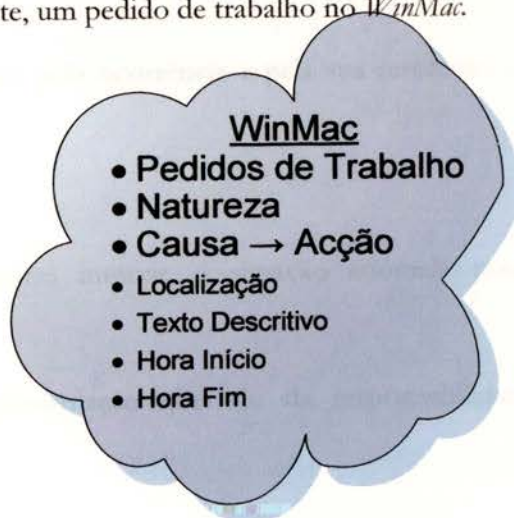
- **Tratamento de informação:**

Esta etapa é da responsabilidade dos reguladores do PCC que, para além de todas as funções já referidas no ponto anterior, necessitam ainda de estar permanentemente disponíveis para atender às solicitações de novas ocorrências que possam surgir, encontrando-se atribuída a operação do PCC ao Departamento de Operação da Transdev. As informações relativas a incidências na exploração do sistema de Metro são numa fase inicial inseridas manualmente num caderno próprio para o efeito. Nesta fase, a informação é analisada e, caso seja considerada relevante, é introduzida posteriormente no Jornal Diário, onde é alvo de uma catalogação e descrição, sendo esse processo efectuado através de vários campos. No caso de incidências que não requeiram uma intervenção por parte dos outros departamentos da Transdev, o fluxo de informação da ocorrência cessa nesta fase, passando para a próxima, caso se justifique.

Tal como referido no ponto anterior, as ocorrências que requeiram intervenções correctivas evoluem para esta nova fase, onde são objecto de um “Pedido de Trabalho”, que é posteriormente validado e origina uma obra a realizar. Na criação do pedido de trabalho, o Jornal Diário cria uma referência num *software* de suporte para a Gestão da Manutenção denominado WINMAC.

2.2.2. Papel do Winmac

Este *Software* é a principal ferramenta de gestão da manutenção permitindo gerir a manutenção de uma forma global. Após ser detectada a incidência perturbadora da exploração comercial do sistema de metro, se for necessária de uma acção correctiva, é criado, automaticamente, um pedido de trabalho no *WinMac*.



2.2.2.1 Manutenção Correctiva:

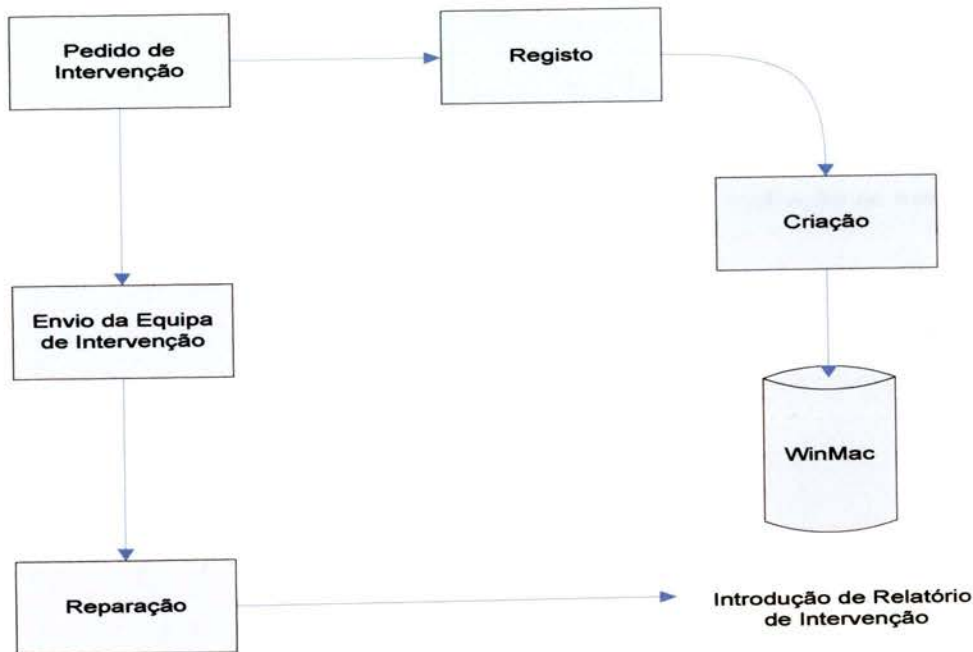


Figura 21 – Descrição do Processo de Manutenção Correctiva

Todos os pedidos de trabalho, agora já como referência no *WinMac*, são directamente enviados ao Sector de Manutenção respectivo, Material Circulante ou Instalações Fixas, independentemente do seu grau de prioridade, e de lá são encaminhados para os centros prestadores de trabalho (oficinas ou entidades externas), de forma a promover a sua execução.

Finalizada a acção correctiva, é elaborado um relatório de obra, onde são descritas todas as acções nela efectuadas, fechando desta forma o pedido de trabalho, que conclui a actividade de manutenção. Enquanto o problema não estiver resolvido, a obra mantém-se aberta ou pendente. No caso do seu cancelamento, as razões devem-se a:

- Garantia do equipamento, a responsabilidade pela ocorrência e pela sua resolução cabe à empresa que o comercializou.
- Fora da responsabilidade da Transdev.
- Ausência de intervenção, não foi necessário intervir, a situação anómala pode ter normalizado de seguida
- Comunicado ao projecto, falhas de implementação que são da responsabilidade do projecto.

2.2.2.2. Manutenção Preventiva:

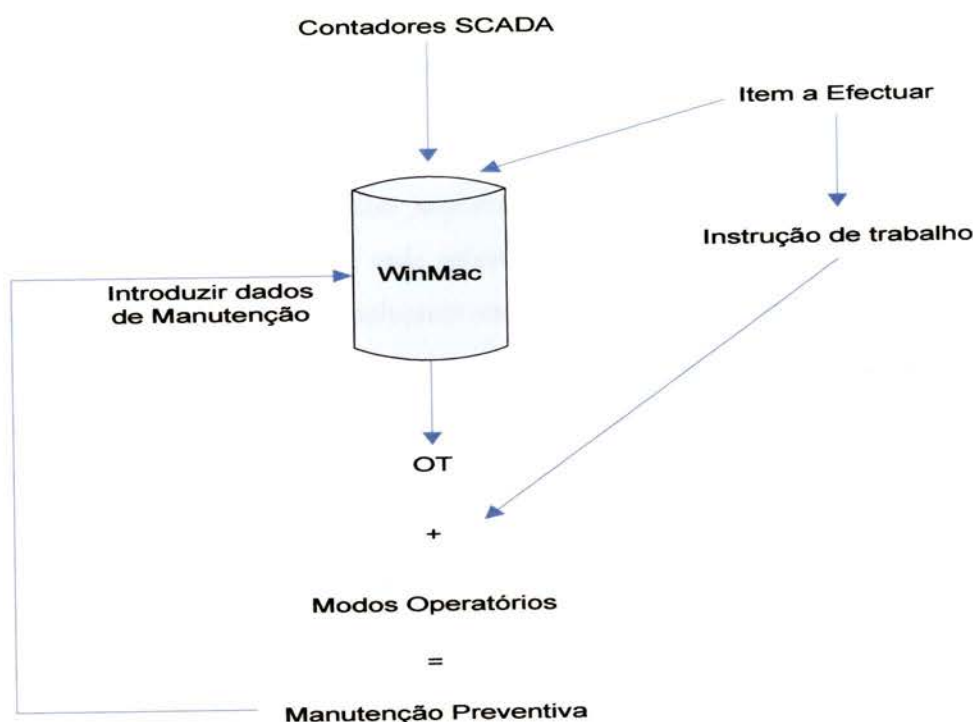


Figura 21 – Descrição do Processo de Manutenção Preventiva

Para além da funcionalidade acima descrita, este *software*, carregado com os planos e gamas de manutenção de cada subsistema, elabora um plano anual de manutenção, que dá origem à manutenção preventiva. Estes elementos definem as tarefas de manutenção preventiva a levar a cabo em cada subsistema, respectiva periodicidade e recursos necessários.

A planificação dos trabalhos de manutenção preventiva é suportada em indicações dadas pelos fornecedores dos diversos equipamentos (recomendações técnicas), *feedback* do terreno, resultante quer da actuação de todos os elementos da Direcção das Instalações Fixas (DIF) e Direcção do Material Circulante (DMC) no terreno, quer através dos agentes de condução da Direcção de Operação, ainda, em recomendações da Transdev (resultado da troca de informações com redes de Metro Ligeiro cuja manutenção é efectuada pela Transdev).

Este plano terá a sua dinâmica e, portanto, será continuamente reajustado, sendo revalidado semanalmente.

Após validação pelas partes, a Direcção de Instalações Fixas e a Direcção do Material Circulante procede à emissão das Ordens de Trabalho. Esta operação é preparada pelos Técnicos de trabalhos e métodos

da Sociedade Operadora em alguns subsistemas e noutros preparada pelos respectivos subcontratados, sendo assegurado que todas as partes operacionais intervenientes utilizam a mesma plataforma informática (Winmac), essencial para que a Sociedade Operadora possa realizar também a gestão de toda a manutenção.

A abertura das Ordens de Trabalho suporta a realização das respectivas gamas, garantindo o cumprimento técnico das especificidades de cada subsistema. Na sua realização, poderão surgir anomalias ou serem identificados sinais de alerta que impliquem uma acção simultânea de manutenção correctiva. Desta acção pode resultar a resolução definitiva do problema, ou uma resolução apenas provisória, que, neste caso, originará a abertura de uma Ordem de Trabalho, a qual ficará suspensa e dará origem ao planeamento de uma intervenção posterior com vista à resolução definitiva do problema.

Após a programação da manutenção preventiva, aquando da abertura da obra, é criada automaticamente uma ordem de trabalho com todos os parâmetros a verificar, consoante a gama da manutenção a realizar.

Semanalmente, é emitido um relatório que evidencia a taxa de execução, permitindo a verificação das manutenções que foram realizadas e se procedeu ao seu replaneamento, caso estas não tenham sido executadas.

Quando houver desvios relativos à execução das actividades de manutenção, estes são contabilizados como executados fora do prazo, e reportados como tal, para análise, pelo respectivo responsável do subsistema.

3. Análise ao Histórico

Por melhor que seja o sistema ou os componentes de um sistema, mais tarde ou mais cedo ocorreram modos de falha. Nada é eterno em matéria de equipamentos.

Por outro lado, um qualquer subsistema/equipamento serve, normalmente, para mais de uma função – a função primária, que é a razão da sua existência e, adicionalmente, outras funções secundárias, menos óbvias, mas cuja falha pode ter consequências graves.

Assim, a definição das funções dum sistema permite caracterizar, de uma forma eficaz, o seu papel e estabelecer quais as suas causas ou modos de falha.

Em manutenção, o importante é actuar ao nível das causas ou modos de falha, permitindo prever, detectar ou corrigir essas mesmas falhas. A análise ao histórico foi elaborada com esse objectivo, o de determinar como cada equipamento/subsistema poderá avariar, as respectivas causas e efeitos.

Importa salientar que o material de análise é referente ao ano de 2004 e primeiro semestre de 2005, numa fase inicial da operação e manutenção do metro ligeiro do Porto. Com o auxílio da curva da taxa de falhas de grande número de componentes e sistemas, *Curva em Banheira*, na qual se distinguem 3 regiões, podemos entender, que a grande maioria das falhas dos componentes/subsistemas se encontram ainda na **Região J**:

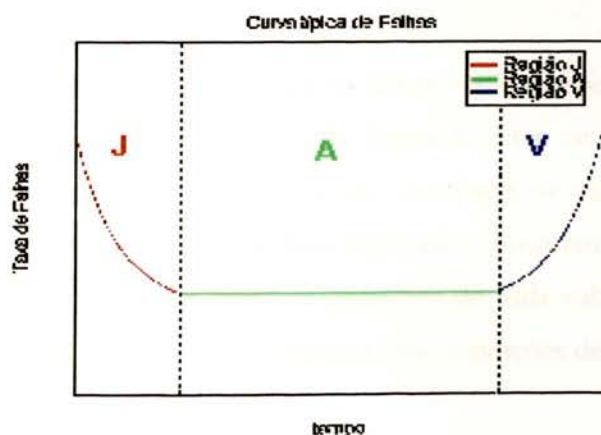


Figura 23 - Curva da banheira

Região J: Falhas Precoces - Componentes fracos e mal projectados;

Região A: Falhas Aleatórias - Taxa de falhas e defeitos constantes;

Região V: Falhas de Desgaste - taxa de falhas crescente.

Região J, designada como Período de Taxa de Falhas Inicial. Corresponde ao período de início de vida do componente ou sistema e é caracterizado por uma taxa de falhas relativamente alta, a qual decresce com o tempo tendendo para um valor mais baixo e constante. As causas dos problemas devem-se, fundamentalmente, a: má concepção, má montagem e desadequação.

Região A, designada como Período de Taxa de Falhas Constante (ou período adulto). Durante este período, que normalmente abrange a maior parte da vida útil do componente ou sistema, a taxa de falhas é, aproximadamente, constante.

Região V, designada como Período de Falhas devidas à Deterioração. É um período que se segue ao de taxa de falhas constante e durante o qual a taxa de falhas sobe rapidamente, devido a processos de deterioração. As avarias, se não forem tomadas precauções prévias (manutenção preventiva), acabam por se suceder catastroficamente em todos os equipamentos.

Depois de referido o período temporal do material em análise, resta explicar o seu conteúdo. Este material refere-se a incidências, de todo o tipo, relacionadas com as Instalações Fixas e com o Material Circulante.

O primeiro trabalho consistiu em catalogar as falhas verificadas e possíveis, procedendo ao estudo das hipotéticas situações de mau funcionamento, de forma a obter um conjunto alargado de itens, que permitisse uma maior uniformidade na designação da ocorrência de falha. Verificámos que os eventos relacionados com o Material Circulante estão melhor tipificados, possuem um maior nível de especificação, sendo fornecidos mensalmente relatórios sobre os impactos de cada subsistema, como podemos ver um exemplo no *Anexo D*. Após essa primeira fase estávamos em condições de proceder a uma análise de dados mais rigorosa.

3.1. Material Circulante

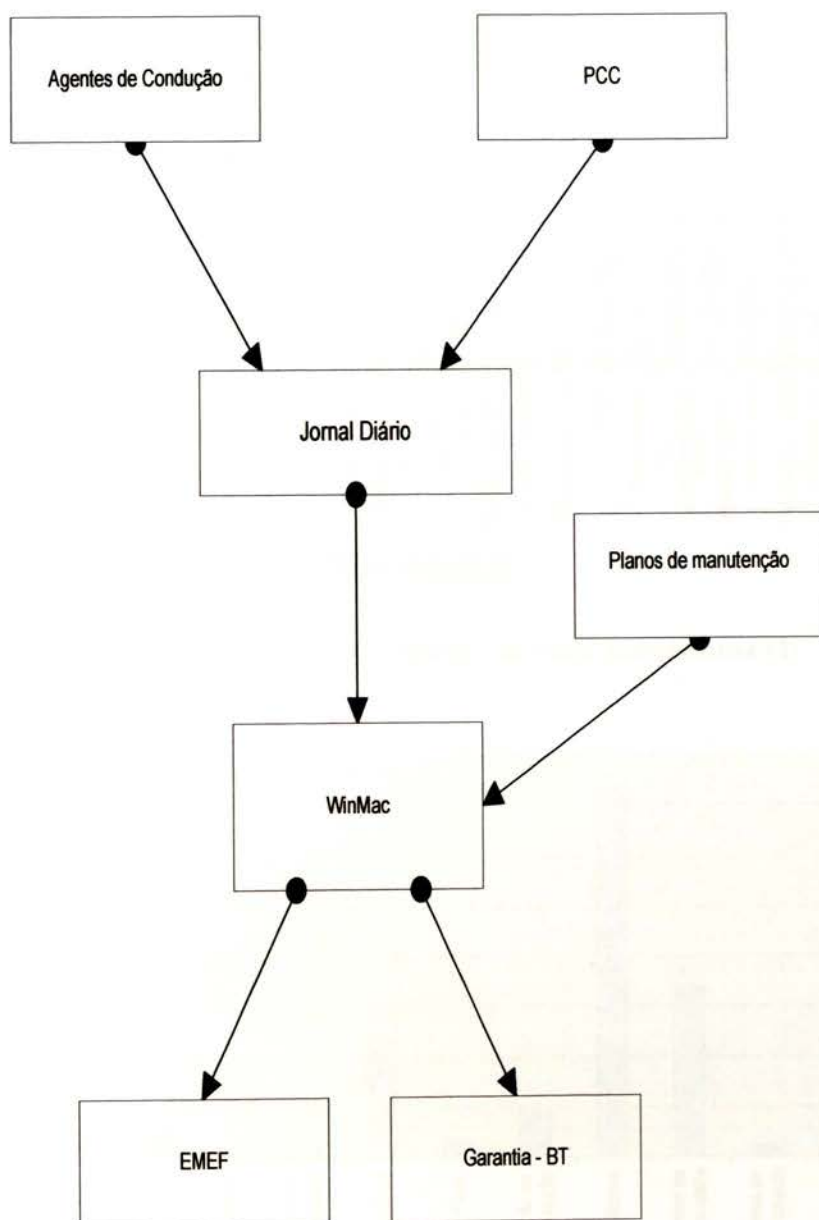


Figura 24 – Processo de Detecção de Anomalias

A Manutenção correctiva e preventiva do Material Circulante pode ser realizada pela EMEF (antigas oficinas da Refer), realizando arranjos rápidos ou pela Subcontratada Bombardier. (Ver *Anexo C*)

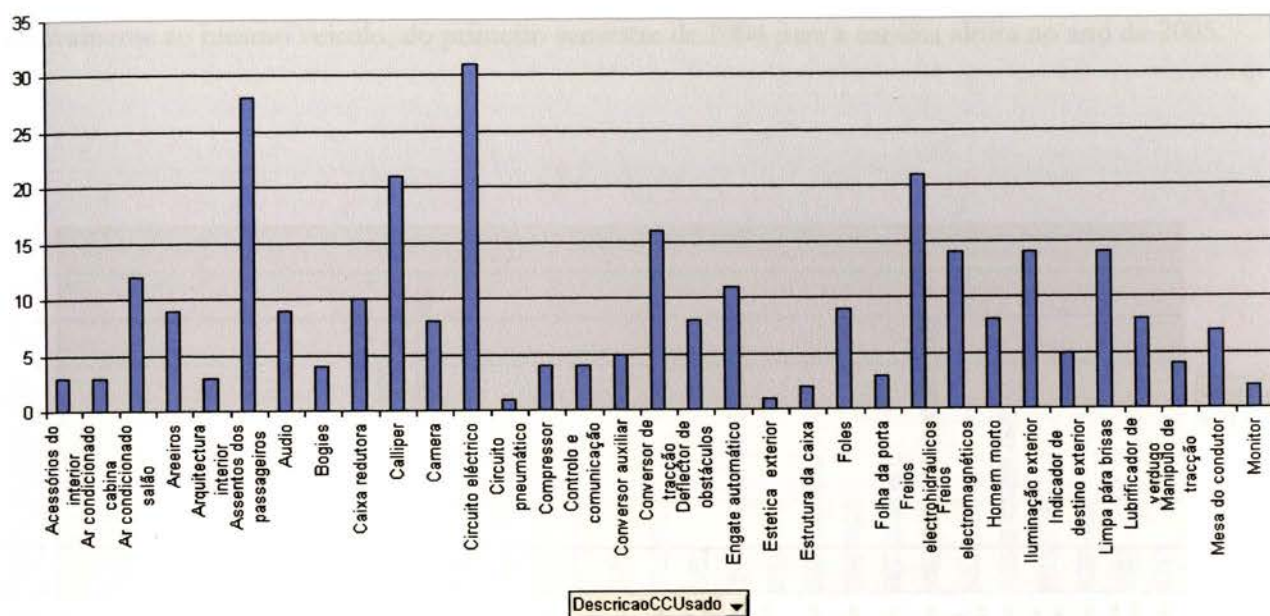


Gráfico 1 – Frequência das falhas em cada Subsistema (1)

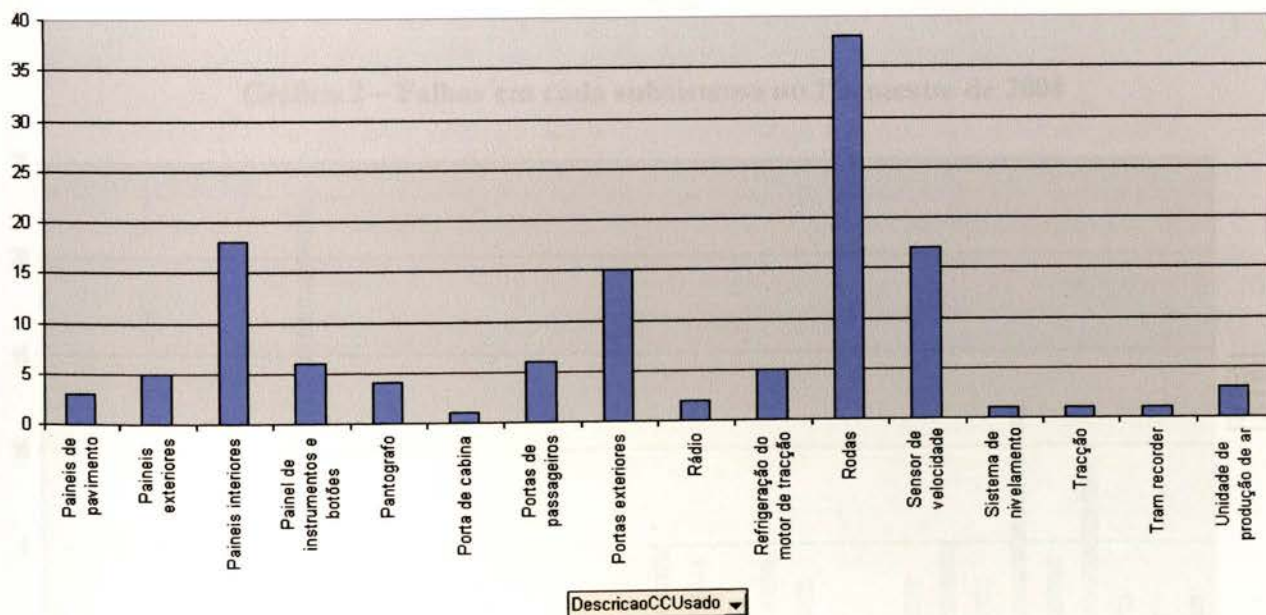


Gráfico 1 – Frequência das falhas em cada Subsistema (2)

Como neste campo os problemas estão muito trabalhados (Ver *Anexo D*), foi feito um estudo diferente. Tentámos entender a evolução dos problemas bem como as principais modificações, relativamente ao mesmo veículo, do primeiro semestre de 2004 para a mesma altura no ano de 2005.

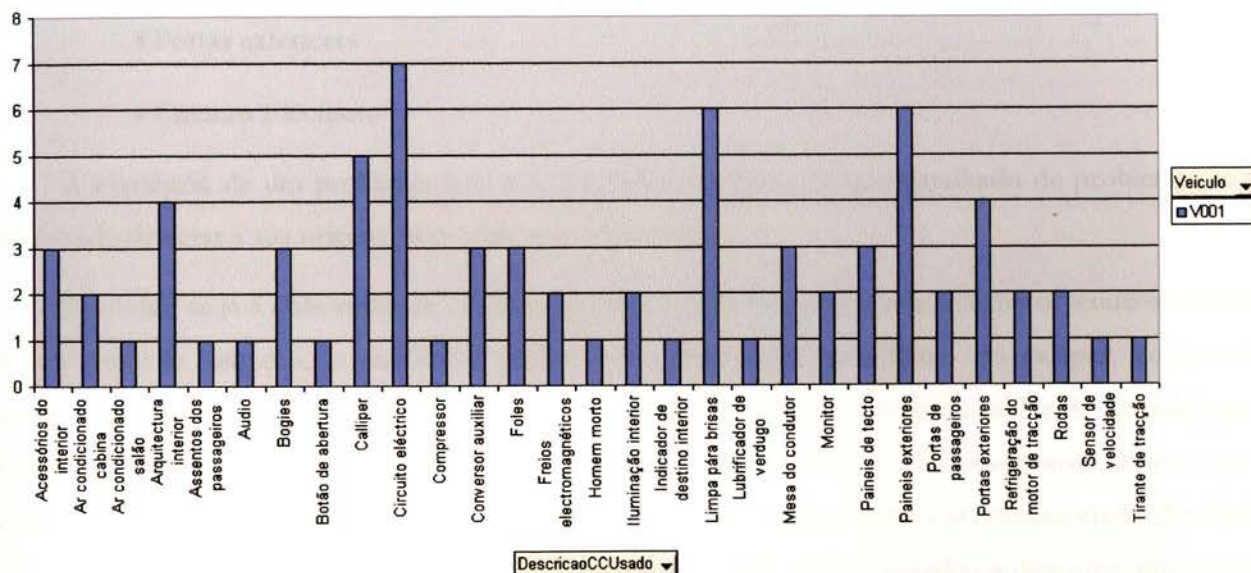


Gráfico 2 – Falhas em cada subsistema no 1º semestre de 2004

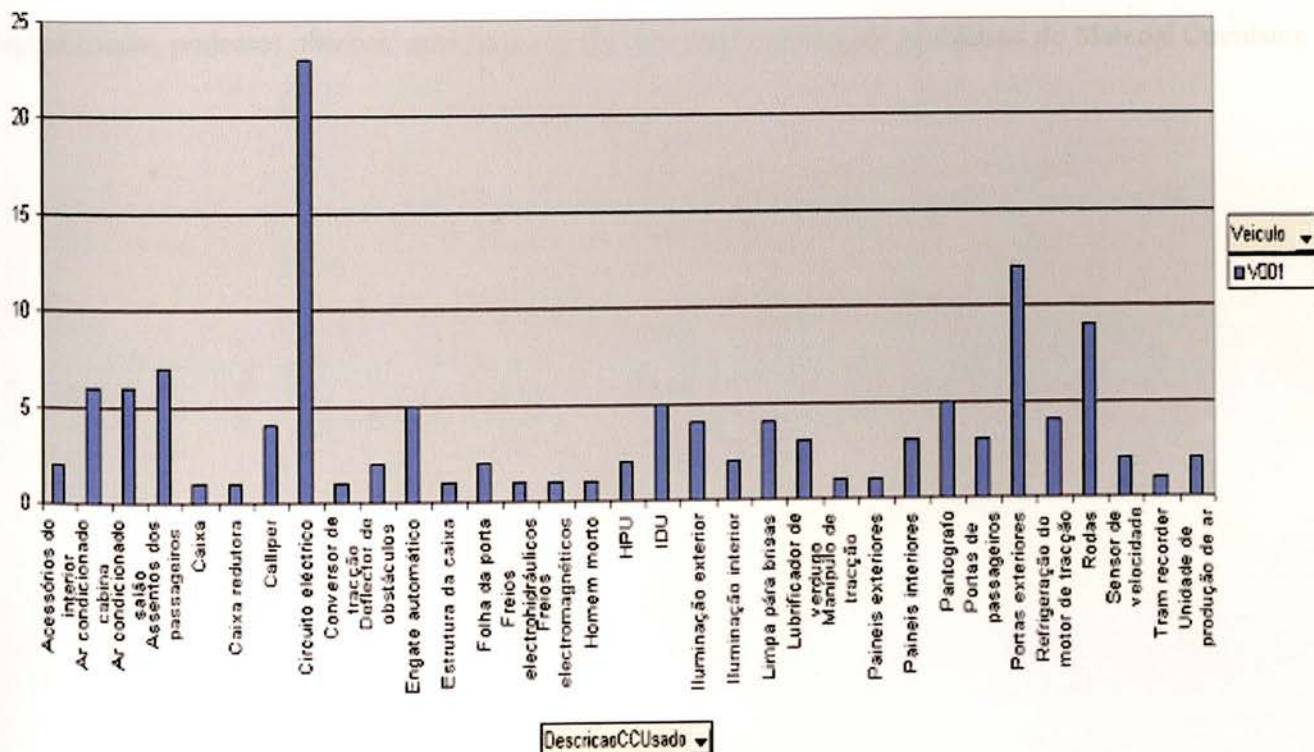


Gráfico 3 – Falhas em cada subsistema no 1º semestre de 2005

Verificámos a existência de um aumento de situações problemáticas, para o que será possível encontrar uma justificação lógica, decorrente do aumento do número de linhas. No ano de 2004 existiam apenas 2 linhas, já em 2005 a inauguração da Linha da Maia aumentou para 3 o número de linhas.

Como podemos verificar os grandes problemas são:

- Portas exteriores
- Circuito Eléctrico

A existência de um problema leva a *MP* a realizar *retrofites*, estudo detalhado de problemas, com o objectivo de detectar a sua origem, com vista a sua resolução.

Procedeu-se já à elaboração de *retrofites* às portas exteriores e ao circuito eléctrico, tendo-se concluído que, na primeira situação, o problema residia nas cablagens e, na última, no calliper, componentes responsáveis pelo elevado número de falhas como se pode visualizar nos gráficos 2 e 3. Actualmente, os problemas encontram-se resolvidos. Em conversas com os responsáveis, conseguimos apurar que os problemas ocorrem por fases: há 2 anos existiam elevados problemas com o ar condicionado das cabines, tendo sido elaborado um estudo que colmatou o problema, tendo-se-lhe seguido os descritos anteriormente e, no futuro, será provavelmente o ATP com os problemas esperados de implementação.

Pelo que já referi anteriormente, a análise foi sobretudo direccionada para as Instalações Fixas. Seguidamente, podemos observar uma pequena abordagem aos principais problemas do Material Circulante.

3.2. Instalações Fixas

Finalizada a pequena análise sobre o Material Circulante, dedicámo-nos inteiramente ao estudo das Instalações Fixas.

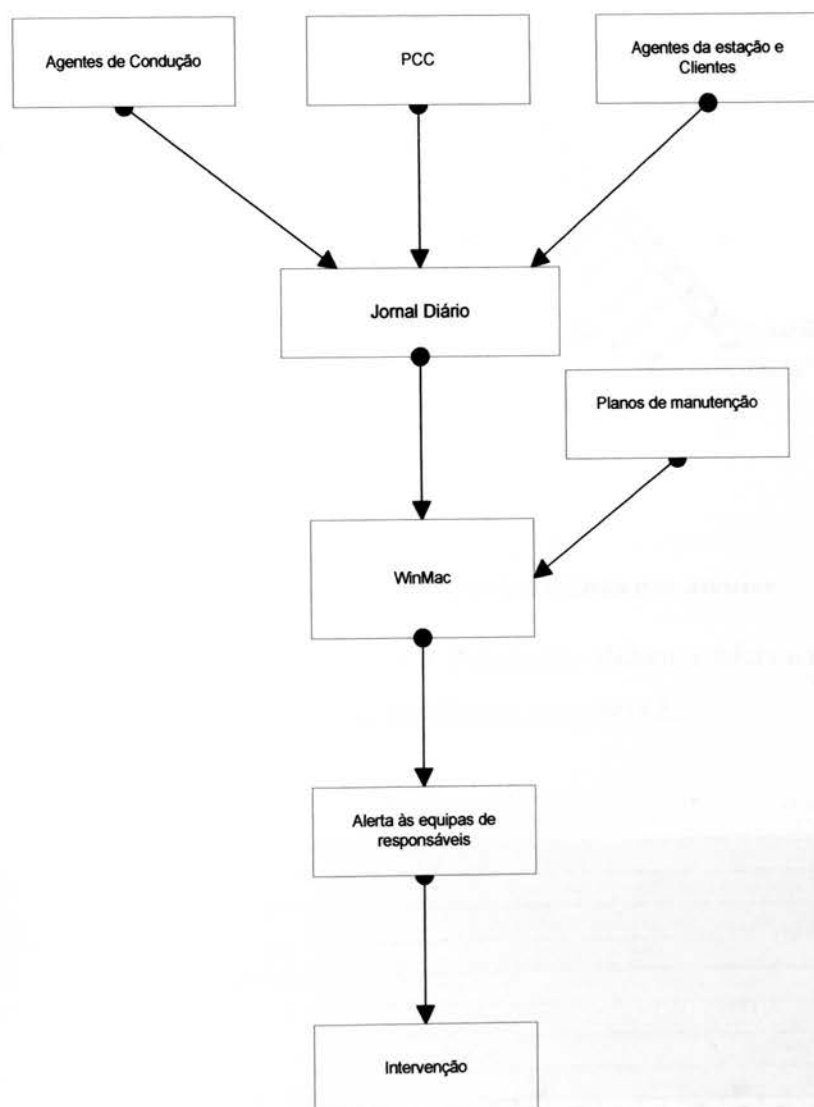


Figura 25 – Processo de Detecção de Anomalias

3.2.1. Análise por local

Numa primeira fase, mostra-se o estudo de falhas por estação. Por vezes, a causa da falha tem relação com o local e/ou estação.



Figura 26 – Mapa das linhas em análise

Como se pode verificar pelo gráfico 4, o Subsistema Bilhética lidera a incidência de avarias, como se pode visualizar com o respectivo registo de incidências, no Anexo E.

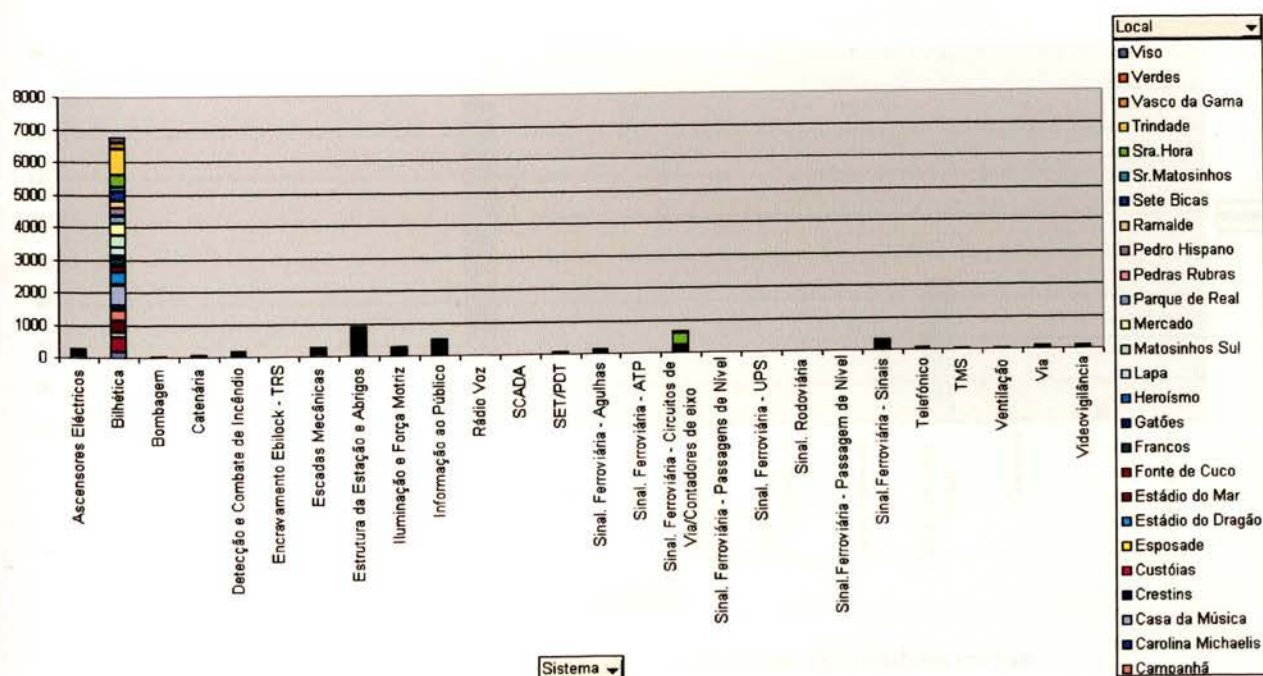


Gráfico 4 - Falhas dos Subsistemas por Estação

Retirando a coluna do Subsistema Bilhética, conseguimos observar a frequência das falhas nos outros Subsistemas.

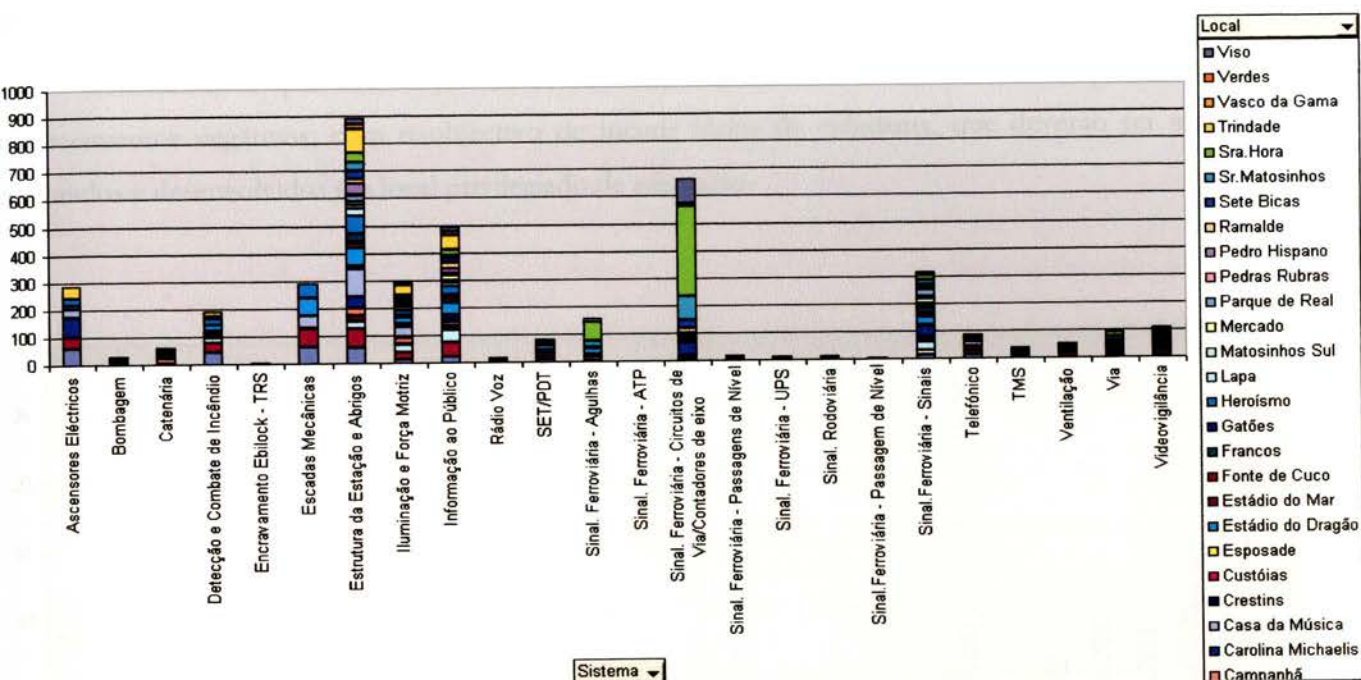


Gráfico 5 – Falhas dos Subsistemas por Estação

Analisando as incidências, verificámos uma coluna em evidência no Subsistema Estrutura da Estação e Abrigos, que se deve, essencialmente, a vandalismo, assim como sobressai a coluna referente ao Subsistema Sinalização Ferroviária – Sinais. (Ver Anexo F- A) Conforme se pode comprovar pelo gráfico:

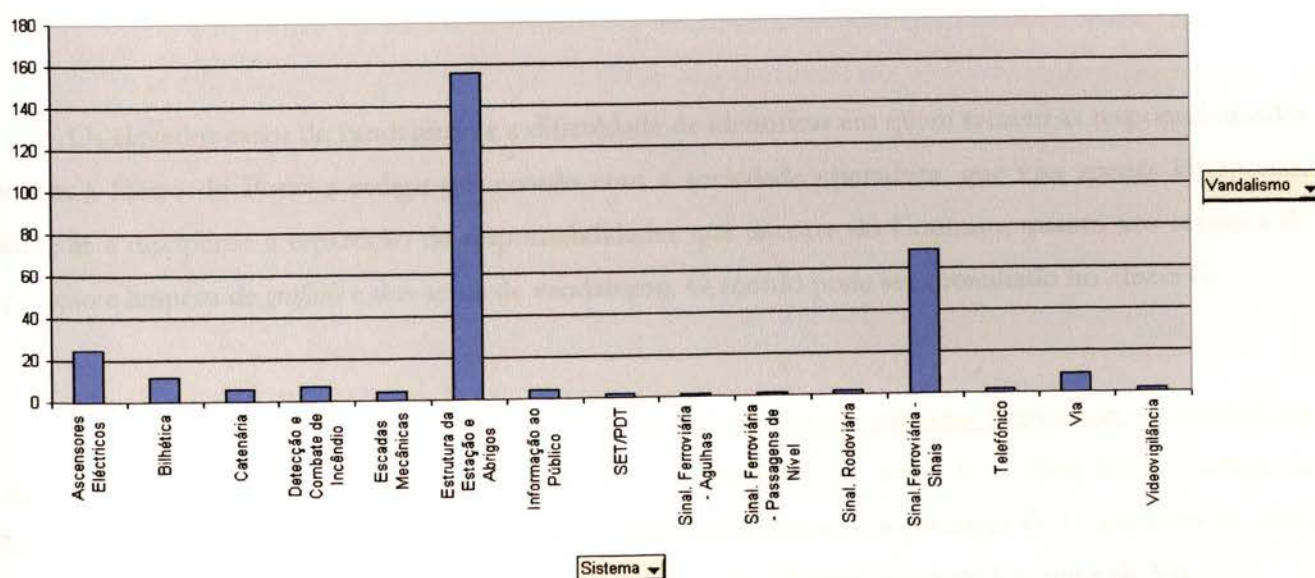


Gráfico 6 – Ocorrência de Vandalismo nos Subsistemas

Evidencia-se também, uma estranha incidência de falhas por vandalismo nos Ascensores Eléctricos.

Este facto acontece, principalmente, na estação de Carolina Michaelis (Ver *Anexo F-B*) facto que tem como justificação a acção destrutiva dos alunos da Escola Secundária Carolina Michaelis.

Consideramos que uma acção de sensibilização junto dos alunos da escola poderá travar tais acontecimentos negativos, com o objectivo de incutir ideais de cidadania, que deverão ser amplamente explorados e desenvolvidos em local privilegiado de educação.

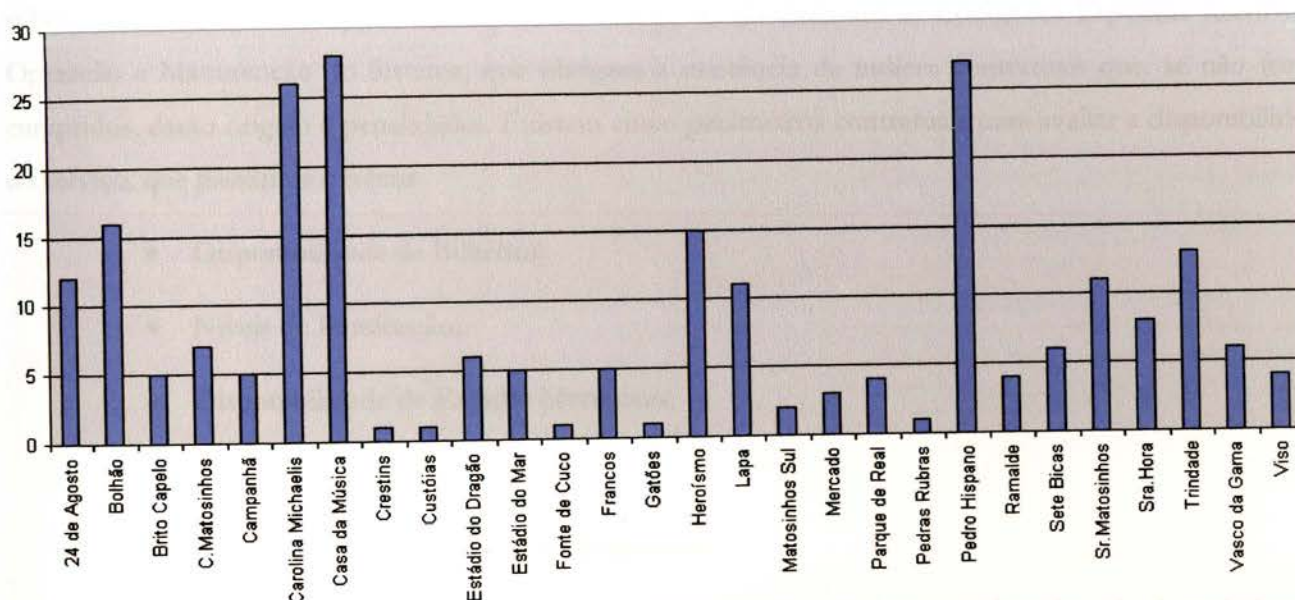


Gráfico 7 – Ocorrência de Vandalismo nas Estações

Os elevados casos de vandalismo e a dificuldade de identificar em quem recaem as responsabilidades levaram a Metro do Porto a redigir um acordo com a sociedade operadora, que visa apenas interpretar, distinguir e disciplinar a repartição de responsabilidades que decorre do Contrato, quanto aos serviços de reparação e limpeza de *graffitis* e dos actos de vandalismo. O acordo pode ser consultado no *Anexo G*.

Observámos um elevado número de falhas no Subsistemas Sinalização Ferroviária – Circuitos de Via/ Contadores de eixo nas estações da zona de Matosinhos (Ver *Anexo F-C*) (Sete Bicas, Senhor de Matosinhos, Viso e principalmente Sr.Hora), facto que fica a dever-se à presença de Contadores de eixo, com elevadas falhas, pelo que se encontram, no momento a ser substituídos pelos Circuitos de Via.

Procedendo à leitura do gráfico 5, verificamos que a coluna referente ao Subsistema Informação ao Público também se apresenta elevada. (Ver *Anexo F-D*) Tal é justificado por falhas de integração no sistema de Transmissão, tema que será abordado posteriormente no presente relatório.

As elevadas incidências do Subsistema Catenária na Estação de Campanhã (Ver *Anexo F-E*) devem-se aos problemas nos isoladores de secção.

A *Metro do Porto*, na sua qualidade de “dono de obra”, terá que fiscalizar o trabalho das empresas subcontratadas. Sendo assim, encontram-se no Anexo 42 do Contrato as Condições Especiais Relativas à Operação e Manutenção do Sistema, que obrigam a existência de índices contratuais que, se não forem cumpridos, darão origem a penalidades. Existem cinco parâmetros contratuais para avaliar a disponibilidade do serviço, que passamos a referir:

- Disponibilidade de Bilhética;
- Níveis de Iluminação;
- Disponibilidade de Escadas Mecânicas;
- Limpeza;
- Disponibilidade de Ascensores Eléctricos.

Actualmente, os valores dos parâmetros contratuais que originam penalizações são estabelecidos sobre o sistema. No entanto, somos de opinião que se aumentaria consideravelmente a sua eficácia se o cálculo fosse estabelecido por estação, já que tal alteração permitiria uma melhor adequação à realidade e, portanto, uma melhor avaliação.

3.2.2. Análise por Subsistemas

Para esta análise socorremo-nos da ferramenta FMEA (*Failure modes and Effects Analysis*, isto é, Análise dos Efeitos e Modos de Falha), que proporciona a identificação e/ou o levantamento dos modos e causas de falhas e seus respectivos efeitos sob o ponto de vista do cliente. Para além de permitir uma melhor compreensão do processo analisado, é um instrumento que se mostra bastante promissor como mecanismo de auxílio à melhoria do nível de serviço.

O FMEA é uma ferramenta de gestão de risco, que tem por objectivo identificar os possíveis modos de falha de um dado subsistema e suas respectivas causas, bem como os efeitos sobre o cliente e a operação e, através de procedimentos apropriados, permite actuar sobre tais itens de forma a reduzir e/ou eliminar a

probabilidade de tais falhas virem a ocorrer. Conhecidas as informações mencionadas anteriormente, realiza-se a determinação do impacto de uma dada falha sobre o cliente, tal como a probabilidade de uma dada causa e/ou modo de falha ocorrer e ainda a possibilidade de se detectar o modo da falha e/ou a causa, antes que o problema atinja o cliente.

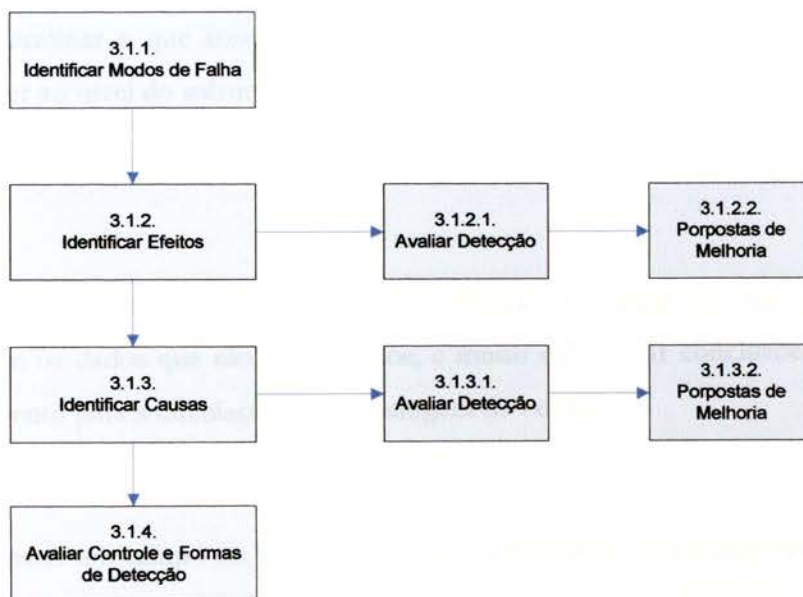


Figura 27 – Aplicação do FMEA (1ª parte)

3.2.2.1. Identificar modos de Falha

Iniciou-se a implementação do FMEA através da determinação das falhas nos respectivos subsistemas. O modo de falha consiste em saber, apoiando-se no histórico e em reuniões com os responsáveis da Transdev, de que maneira é que o equipamento pode falhar, quando sujeito a condições de trabalho. Em manutenção preventiva, este conceito é de uma importância vital, pois é a base de todo o raciocínio tendente à sua eficácia.

Os resultados da análise e as respectivas frequências encontram-se descritos no *Anexo H*.

Quando a incidência de um modo de falha é demasiado frequente e a sociedade operadora pensa saber resolvê-la com uma mudança mais ou menos fácil no equipamento e/ou subsistemas a Transdev elabora uma Informação Técnica para o Cliente (ITC), que não é mais que uma análise do problema com propostas de melhorias, que é enviada para a *Metro do Porto*. Neste momento, a resposta e análise pelo Metro do Porto não é funcional, já que existe muita gente encarregue de analisar a situação mas ninguém

- Avaliar a Detecção

Aparecem poucas vezes devidamente registadas, pelo que não permitem grandes conclusões. No Jornal Diário, afigura-se-nos que o seu registo não fará muito sentido, visto que os reguladores não têm grande informação e até conhecimento acerca da causa do problema, mas consideramos que, na perspectiva do *WinMac*, será aconselhável o seu registo, após conclusão e respectivo fecho da obra.

- Propostas de melhorias

Colocação de campos obrigatórios no *WinMac* e Jornal Diário.

3.2.2.4. Diagrama de Causa-Efeito

O diagrama de causa-efeito, também conhecido como diagrama espinha de peixe (pela sua forma) ou diagrama de *Ishikawa* (nome de seu criador), é uma ferramenta básica que permite o rastreamento dos factores principais e secundários que influenciam, negativamente ou positivamente, um resultado. Permite o conhecimento mais aprofundado dos problemas. Pode ser facilmente aprendida e imediatamente posta em prática por pessoas de qualquer nível dentro da empresa, estimulando a participação de todos e direccionando o conhecimento de cada pessoa, no sentido de identificar as causas ou os factores responsáveis por um dado problema ou situação (efeito). Permite, assim, a organização das ideias e sua visualização agrupada destacando as áreas mais significativas.

O diagrama revela, como pontos fortes:

- Boa ferramenta de levantamento de direccionados;
- Boa ferramenta de comunicação;
- Estabelece a relação entre o *efeito* e suas *causas*;
- Possibilita um detalhe das causas.

No diagrama evidencia-se o efeito no topo, representando cada uma das espinhas uma causa, um modo de falha, sendo as sub-causas as espinhas menores.

De seguida, apresenta-se para cada subsistema o(s) respectivo(s) diagrama(s) de Causa-efeito. Num primeiro nível, encontram-se o **Subsistema Via, Catenária, Subestação e Força Motriz**.

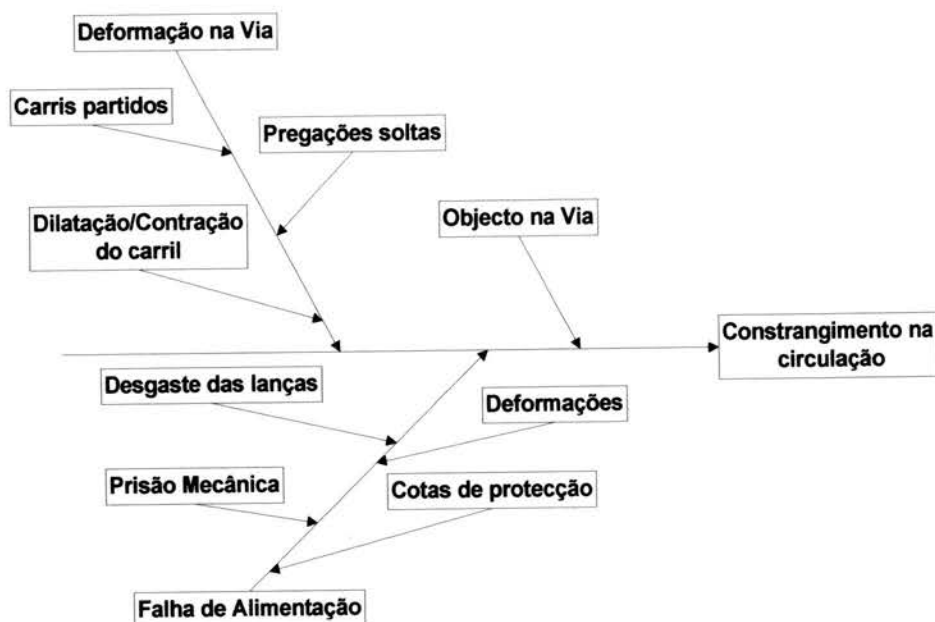


Figura 28 – Diagrama de Causa-efeito da Via

Como se pode observar no diagrama, todas as falhas neste subsistema originam constrangimento na circulação.

Na manutenção regular à via existe a necessidade de efectuar, de uma forma periódica, um levantamento geométrico. Esta actividade permite antecipar acções que, caso não sejam verificadas em tempo útil, podem conduzir a custos elevados de reparação bem como a acidentes.

O que acontece, por vezes, é a existência de obra mal executada e, por isso, a libertação de tensões internas que podem dar origem a deformação da Via.

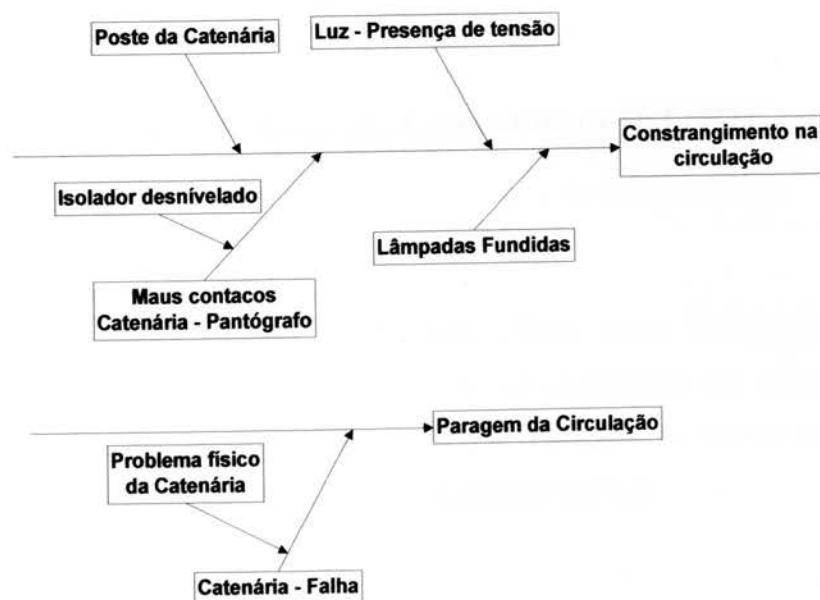


Figura 29 – Diagrama Causa-efeito da Catenária

Como se pode verificar, uma falha na catenária pode ter dois efeitos e qualquer um deles tem elevado impacto, é minimizado por um sistema de redundância, o que permite a continuação do serviço em via única em caso de avaria.

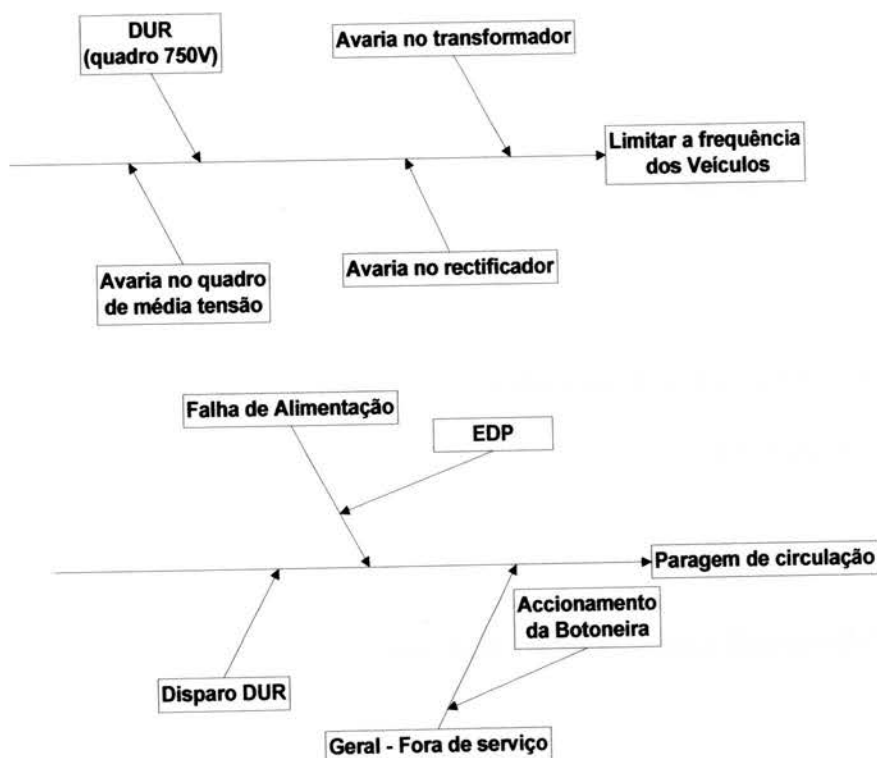


Figura 30 – Diagrama Causa-efeito da SET/PDT

Como se pode observar existem dois grandes efeitos como consequência duma falha neste subsistema, a paragem de circulação e a obrigação de limitar a frequência dos veículos no tronco comum. Apesar do seu funcionamento ser assegurado por SET's contíguas, no tronco comum, dada a elevada frequência de veículos, é impossível assegurar o funcionamento normal.

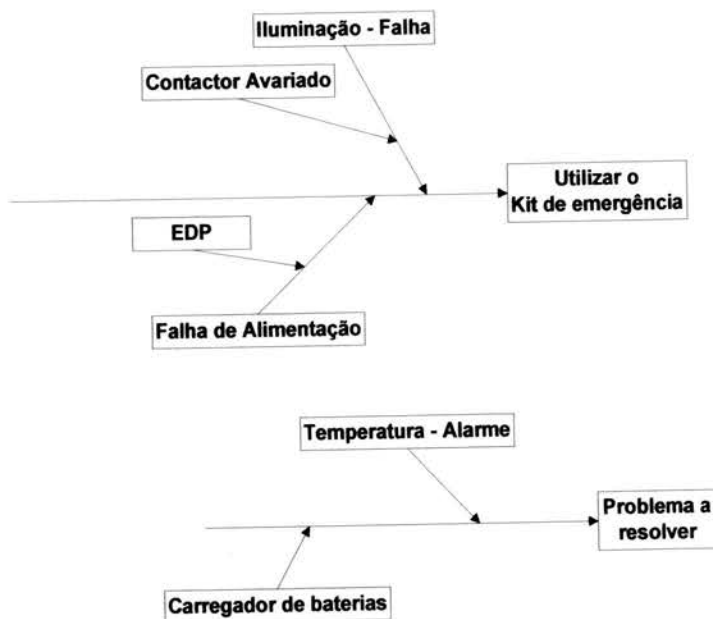


Figura 31 – Diagrama Causa-efeito da Iluminação e Força Motriz

Uma falha neste subsistema não tem grande impacto, já que existe um Kit de emergência que, nesse caso, resolve a situação.

Imediatamente a seguir encontra-se o Sistema Telecomunicações e Sistema de Sinalização.

Telecomunicações

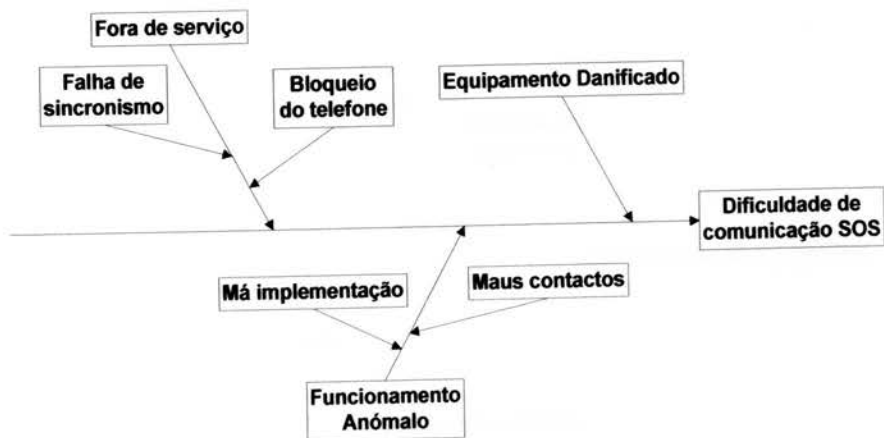


Figura 32 – Diagrama Causa-efeito do subsistema Telefónico SOS

A dificuldade de comunicação é a consequência duma falha neste sistema. É mais grave se for nos telefones de emergência, pois estes servem para, como o nome indica, situações de emergência.

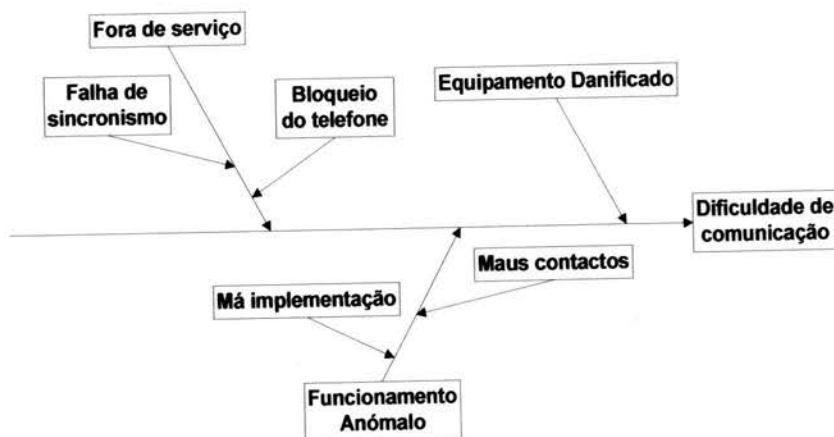


Figura 33 – Diagrama Causa-efeito do subsistema Telefónico

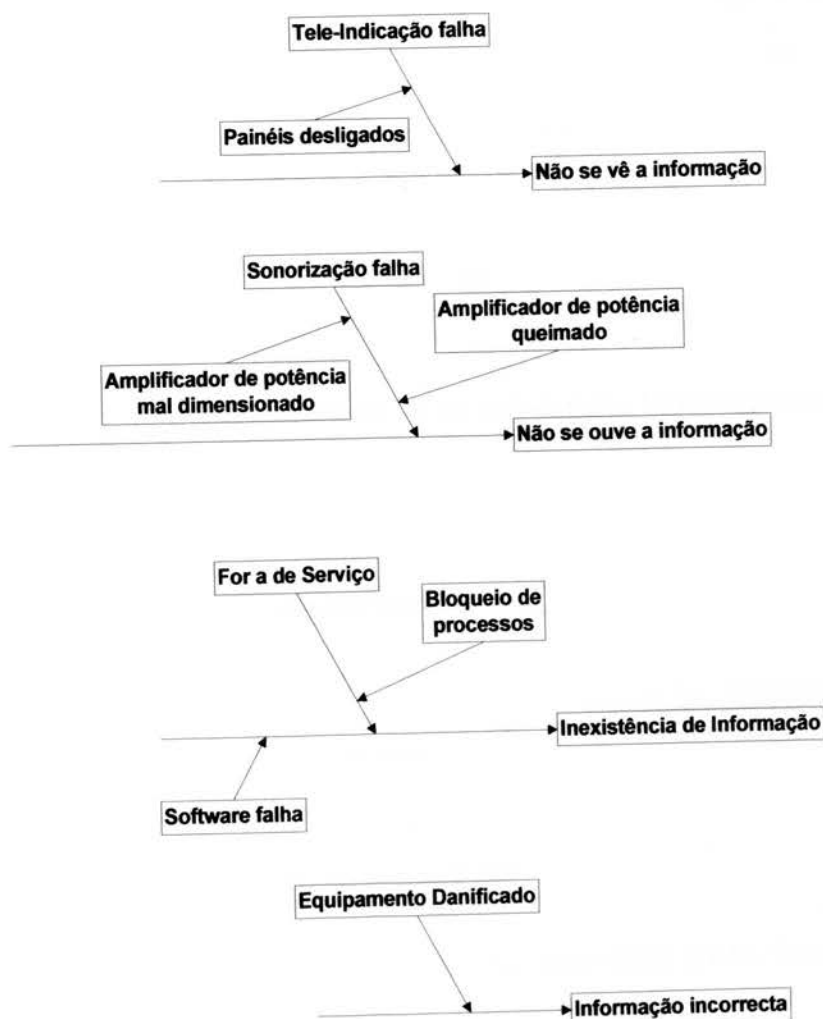


Figura 34 – Diagrama Causa-efeito do subsistema Informação ao Público

A dificuldade de ouvir a informação está muito relacionada com o mau dimensionamento do amplificador, uma falha que se encontra nitidamente na região J da curva da banheira. Actualmente a falha já se encontra resolvida.

Equipamento Danificado não tem muito impacto, porque os servidores têm redundância, sendo pouco provável que a informação esteja incorrecta.

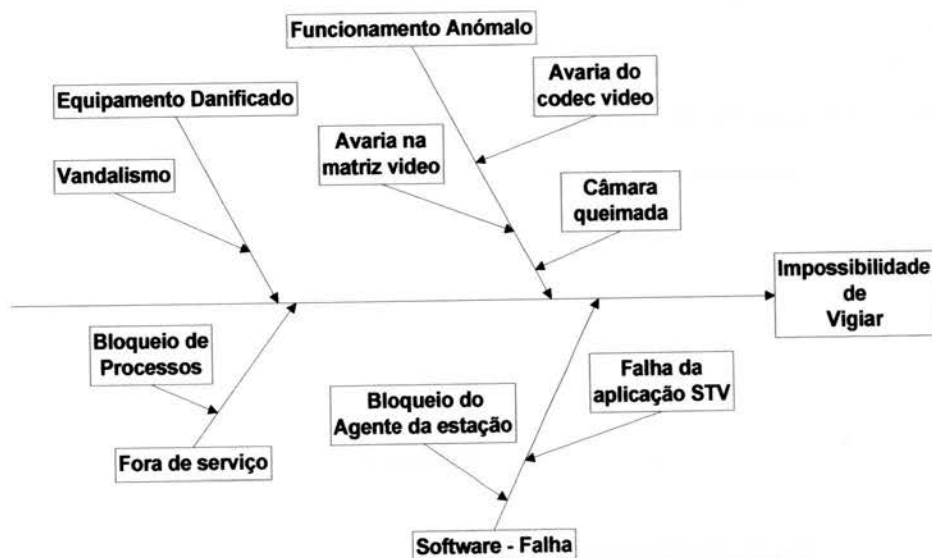


Figura 35 – Diagrama Causa-efeito do subsistema Videovigilância

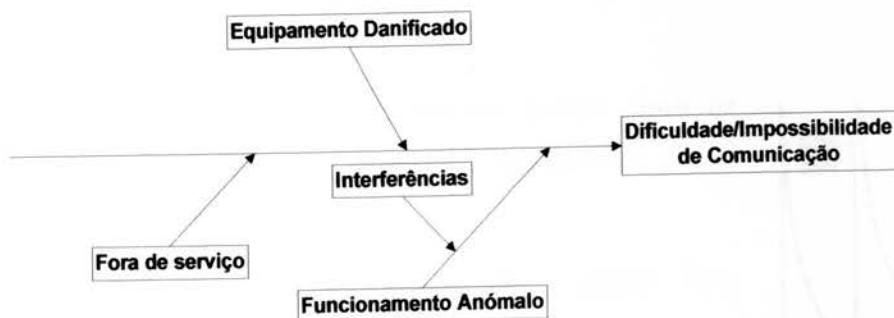


Figura 36 – Diagrama Causa-efeito do subsistema Rádio Voz

Este subsistema tem elevada fiabilidade. As falhas acontecem a maioria das vezes por interferências com os rádios dos barcos, quando o veículo se aproxima da costa; para ultrapassar essa dificuldade, usam-se os telemóveis.

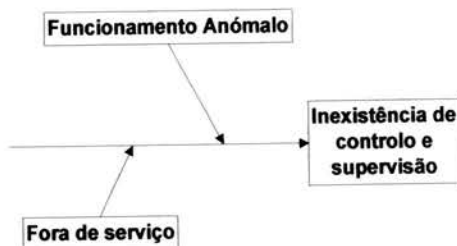


Figura 37 – Diagrama Causa-efeito do Scada

Uma falha no Sistema Scada tem elevado impacto, pois sendo este um sistema de controlo e supervisão, quando não se encontra funcionar convenientemente, resulta na inexistência de alarmes e sem a possibilidade de colocar a funcionar e visualizar vários subsistemas remotamente.

Sistema de Sinalização

Sinalização Ferroviária

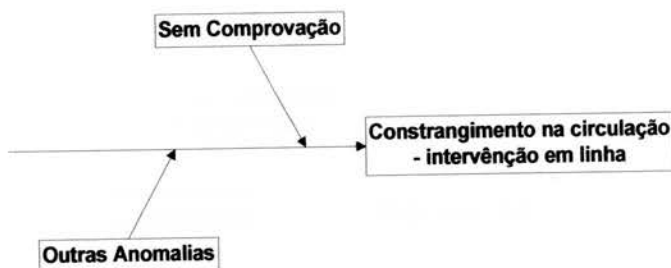


Figura 38 – Diagrama Causa-efeito do Subsistema Agulha

A Agulha e o seu respectivo Motor têm a função de conseguir a mudança de via do veículo como se pode ver na Figura 39.

Este subsistema é dos mais críticos do sistema, porque ainda há elevadas falhas e uma falha neste subsistema apresenta consequências graves para a operação do Metro ligeiro do Porto.

“Sem comprovação” representa a hipótese de a agulha ficar indefinida numa posição; “outras anomalias” significa o não movimento desta. Para diminuir a prisão do veio e melhorar o tempo de resposta, a Transdev alterou o procedimento de lubrificação dos veios, passando-o de quadrimestral para trimestral.

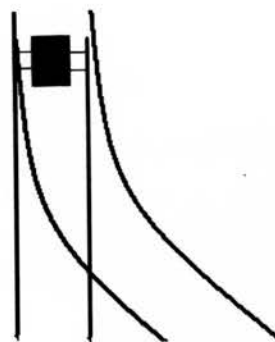


Figura 39 – Motor da Agulha

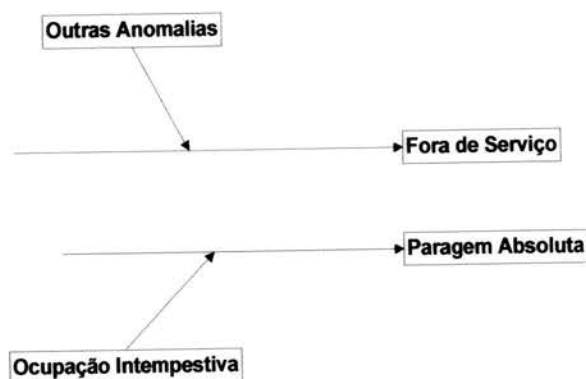


Figura 40 – Diagrama Causa-efeito do Subsistema Circuitos de Via/Contadores de Eixo

Há vantagens e desvantagens relativas entre estes dois sistemas: há casos em que não podemos usar circuitos de via e outros em que não são nada aconselháveis os contadores de eixo.

Os Contadores de eixos têm vantagens na implementação, mas a maior fiabilidade reside nos circuitos de via. Neste momento, os Contadores de eixos só estão a funcionar na Senhora da Hora e no Terminal de Matosinhos, mas deverão ser retirados e substituídos por circuitos de via proximamente.

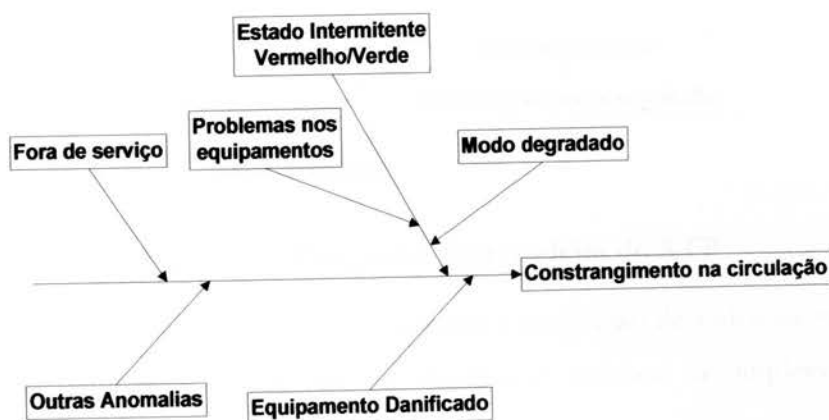


Figura 41 – Diagrama Causa-efeito do Subsistema Sinais Ferroviários

Este subsistema refere-se exclusivamente aos sinais ferroviários. Como é fácil de constatar, uma falha neste sistema origina constrangimento na circulação.

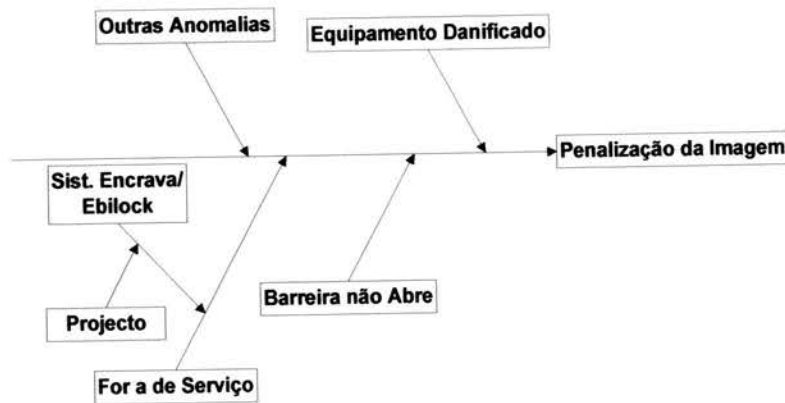


Figura 42 – Diagrama Causa-efeito do Subsistema Passagens de Nível

O vandalismo nas barreiras pode ter impacto a nível da operação e também a nível da imagem comercial.

Uma falha neste subsistema tem elevado impacto na imagem comercial, não só nos clientes que viajam no veículo, mas também e, principalmente, nos que viajam pela rodovia e que têm de esperar que tudo volte à normalidade e a passagem fique aberta.

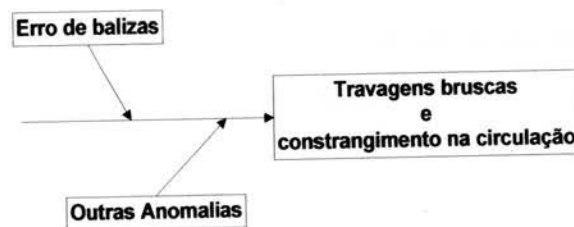


Figura 43 – Diagrama Causa-efeito do ATP

A existência de anomalia neste sistema constrange a circulação de todos os veículos. É importante realçar que as falhas têm sido, principalmente, devidas a defeitos de implementação e falhas no equipamento.

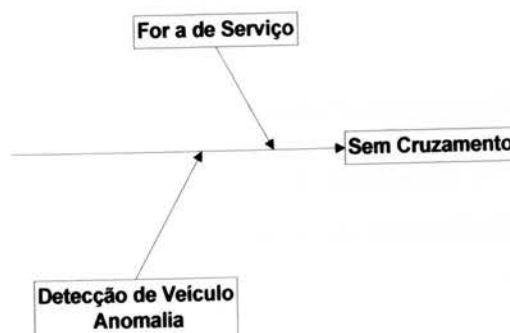


Figura 44 – Diagrama Causa-efeito do Subsistema Rodoviária

A “Detecção de Veículo Anomalia” tem elevado impacto para a imagem comercial, pois o semáforo fica vermelho para os carros e não passa nenhum veículo. Verificam-se um elevado número de reclamações à Câmara, motivada pelas queixas dos utentes.

Num terceiro e último nível encontram-se os **sistemas de Bilhética, Bombagem, Ventilação, Detecção e Combate a Incêndio**

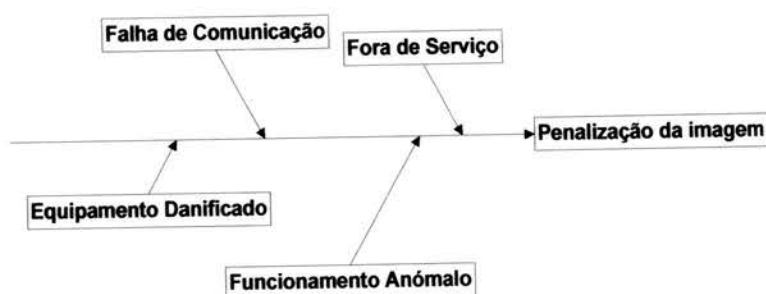


Figura 45 – Diagrama Causa-efeito do Subsistema Bilhética – MAVB

O Subsistema de Bilhética é, sem dúvida, o que apresenta maiores problemas no SMLAMP. A causa prende-se, principalmente, com alguma inaptidão por partes dos utentes em operar eficazmente em Máquinas de Venda de Títulos de Transporte, que resultam na avaria ou funcionamento anómalo do referido equipamento, devido à colocação indevida de dinheiro.



Figura 46 – Diagrama Causa-efeito do Subsistema Bilhética – Validadores

A impossibilidade de validação dos títulos de transporte, os Andantes, tem consequências graves tanto para a imagem comercial como para a exploração da Metro do Porto.

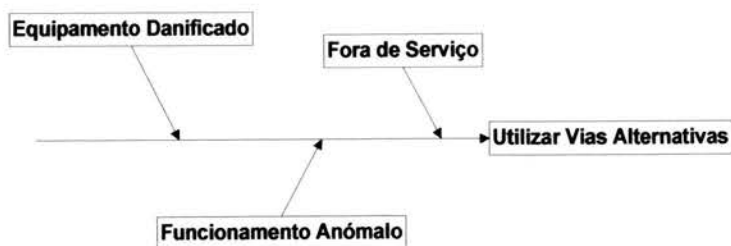


Figura 47 – Diagrama Causa-efeito do Subsistema Ascensores Eléctricos

Uma falha neste subsistema que imobilize o ascensor eléctrico terá consequências graves, em particular, para os clientes com mobilidade reduzida.

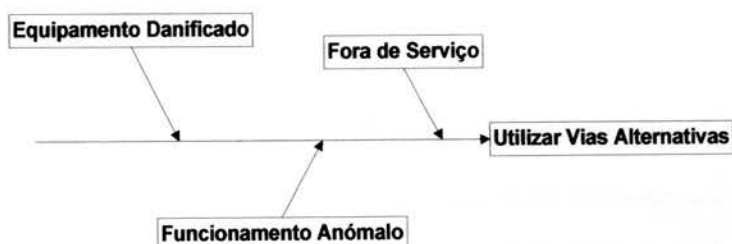


Fig.48 – Diagrama Causa-efeito do Subsistema Escadas Mecânicas

Como em todas as estações existem as escadas fixas, uma falha neste subsistema tem um impacto relativo na imagem comercial.

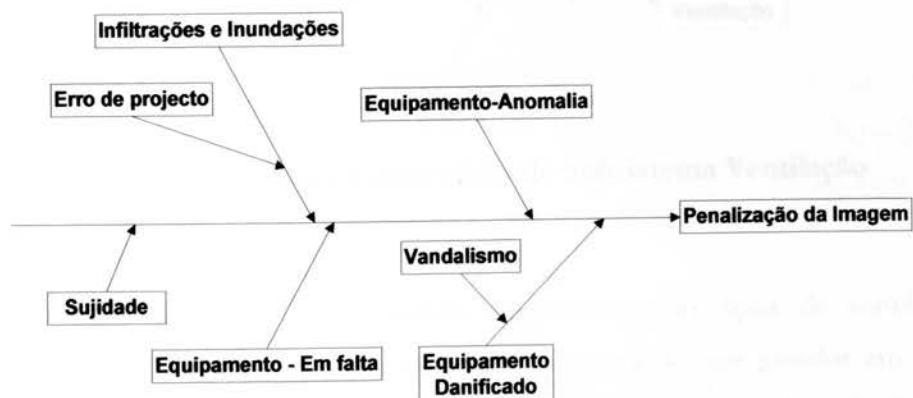


Figura 49 – Diagrama Causa-efeito do Subsistema Estrutura da Estação e Abrigo

Qualquer falha neste subsistema penaliza a imagem da empresa, mas não tem qualquer interferência com a circulação do veículo. São de realçar os actos de vandalismo que, lamentavelmente, ocorrem sendo os alvos preferenciais a conspurcação e destruição dos vidros.

A troca dos vidros normais existentes por vidros de policarbonato resultaria numa fiabilidade muito elevada, tornando-se num investimento que resultaria proveitoso, já que diminuiriam ou anular-se-iam as incidências.

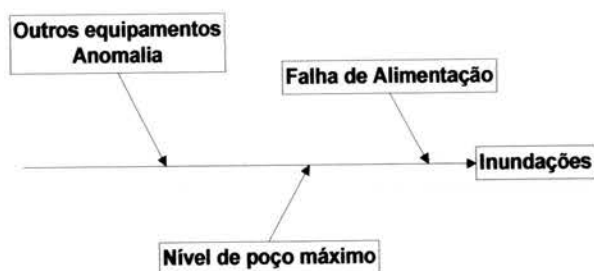


Figura 50 – Diagrama Causa-efeito do Subsistema Bombagem

Como refere o digrama, no limite, o efeito duma avaria neste subsistema é a inundação do túnel, da estação enterrada ou da subestação. Tal situação dificilmente ocorre pois este subsistema tem redundância, já que se houver uma falha de alimentação, existe um gerador de emergência.

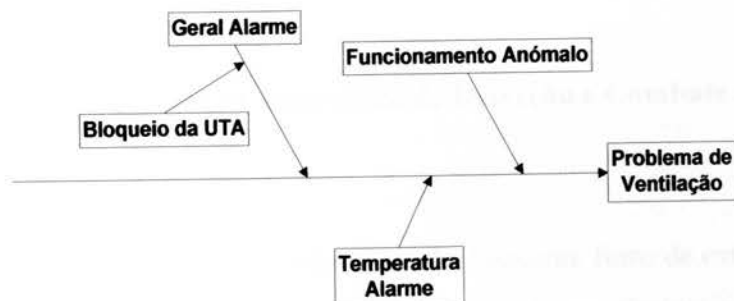


Figura 51 – Diagrama Causa-efeito do Subsistema Ventilação

No sistema Metro ligeiro do Porto podem encontrar-se três tipos de ventilação: Ventilação Desenfumagem, que será utilizada em caso de incêndio, apresentando um gerador em caso de falha de alimentação, Ventilação das SET/PDT, que tem como objectivo ventilar a casa das máquinas para que todas funcionem à temperatura adequadas, e, finalmente, Ventilação das Estações de Superfície (Abrigos), que terá como principal objectivo a ventilação das máquinas do sistema de telecomunicações e de bilhética aí presentes.

O diagrama de Causa-Efeito é igual para os três tipos com a excepção, da espinha menor, Bloqueio da Unidade de Tratamento de ar – UTA, já que não existe na Ventilação Desenfumagem.

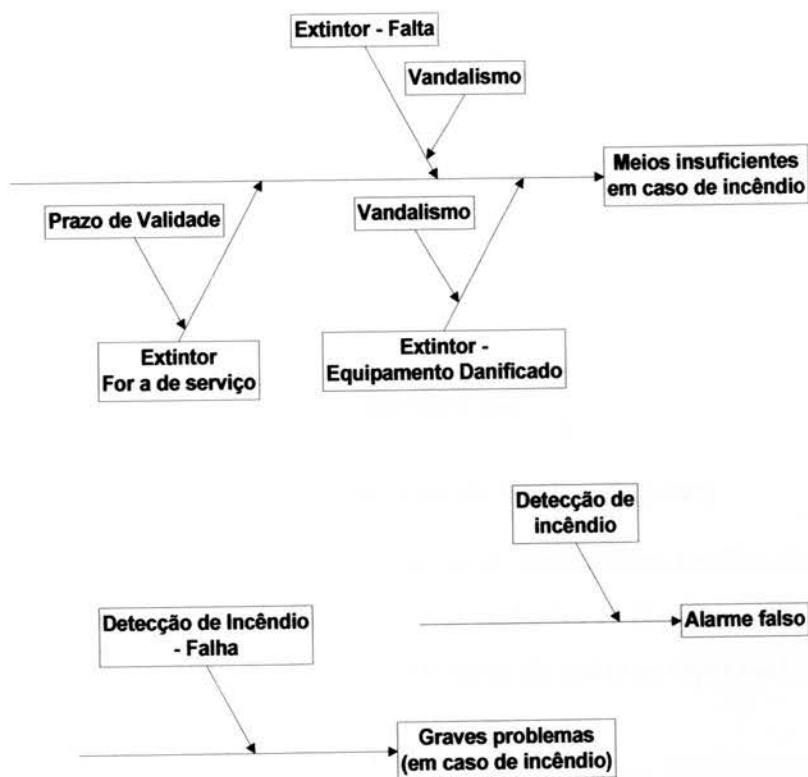


Figura 52 – Diagrama Causa-efeito de Detecção e Combate a Incêndio

O vandalismo constitui um grave problema, sendo frequente furto de extintores. Afigura-se-nos que a resolução da situação passaria por colocar uma caixa mais robusta. Quanto ao “Alarme Falso”, como o sistema é sensível, qualquer indicação de subida de temperatura acciona o alarme, não correspondendo necessariamente a um incêndio.

4. Análise e Gestão de Riscos

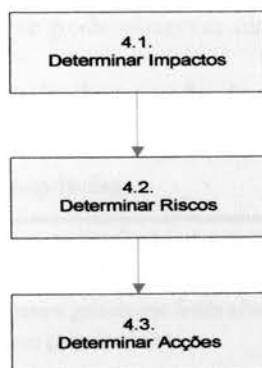


Figura 53 - Aplicação do FMEA (2ª parte)

A análise e gestão de riscos exige a obtenção previa de informações (análise dos registos de avarias das áreas de manutenção, análise das causas das avarias ou acidentes de menores taxas de ocorrência, e dos registos de ocorrências das áreas de exploração) dos técnicos de todas as especialidades e de quem possa concorrer para o risco em causa.

4.1. Determinar impactos

Após a análise dos registos foram identificados e listados quais os componentes que poderiam afectar o normal desempenho da função de cada equipamento ou subsistema.

O primeiro passo da análise de risco é quantificar a gravidade dos efeitos. Para isso, levou-se em conta a definição da norma NP EN 50126, com o modo de avaria adaptado ao equipamento/subsistema em causa. Um exemplo representativo da hierarquização das categorias é mostrado na tabela X:

Tabela 3 – Categoria da Avaria

Categoria da Avaria	Definição
Grave	Uma avaria que inibe a utilização de qualquer equipamento e origina paragem na operação e/ou prejuízos na imagem comercial
Importante	Uma avaria que não permite a utilização correcta de qualquer equipamento e origina constrangimento na operação e/ou imagem comercial
Menor	Uma avaria que não impede a utilização correcta de qualquer equipamento, embora algum componente não se encontre nas condições normais de funcionamento
Insignificante	Uma avaria que não tem significância

4.2. Determinar probabilidade e severidade do risco

Depois de identificado o nível de severidade, o passo seguinte é identificar o nível de severidade do risco e a sua probabilidade. Consideraram-se quatro níveis distintos para a severidade do risco e seis níveis distintos para a probabilidade do risco, como se pode observar nas tabelas seguintes:

Tabela 4 – Frequência de ocorrência dos acontecimentos

Nível de Severidade	Consequências	Consequências para a operação
Catastrófico	Morte e/ou várias pessoas gravemente feridas e/ou prejuízos muito graves para o ambiente	Perda de sistemas principais
Critico	Uma morte e/ou uma pessoa gravemente ferida e/ou prejuízos graves para o ambiente	Eventual perda dos sistemas principais
Marginal	Ferimentos menores e/ou ameaça grave para o ambiente	Prejuízos graves para um (ou vários) componente(s) do sistema principal
Insignificante	Eventualmente um ferido ligeiro	Prejuízos menores para o sistema

A probabilidade de ocorrência de cada falha retira-se do registo das avarias ou anomalias dos equipamentos e subsistemas.

Tabela 5 – Frequência de ocorrência dos acontecimentos

Categoria	Definição
Frequente	Fortes hipóteses de ocorrer frequentemente
Provável	Pode ocorrer muitas vezes. Pode-se esperar que a situação potencialmente perigosa ocorra muitas vezes.
Ocasional	Fortes hipóteses de ocorrência algumas vezes no ciclo de vida do sistema. É razoável esperar que a situação potencialmente perigosa possa ocorrer.
Remota	Poucas hipóteses de ocorrer, mas possível. Pode-se assumir ocorrência excepcional de perigo potencial.
Improvável	Muito poucas hipóteses de ocorrer mas possível.

Fixada a probabilidade de ocorrência do acontecimento perigoso e entrando com o nível de gravidade das suas consequências, definido com base no histórico da empresa, obtivemos o nível de risco e o tipo de medidas a propor à autoridade ferroviária.

4.2.1. Matriz gravidade – probabilidade

A construção duma matriz de risco exige um trabalho multidisciplinar para determinação da probabilidade ou frequência de ocorrência dum acontecimento perigoso.

As curvas que se representam na Figura 53 pretendem ilustrar, de uma forma sugestiva, a definição da escala numérica arbitrada para entrada na matriz e a busca da faixa de classificação do risco. O risco é crescente, à medida que aumentam a frequência da ocorrência da falha/avaria, e a gravidade das suas consequências. O nível ou faixa de risco pode manter-se, à medida que aumenta a gravidade das consequências da ocorrência, mas diminui a frequência dessa ocorrência.

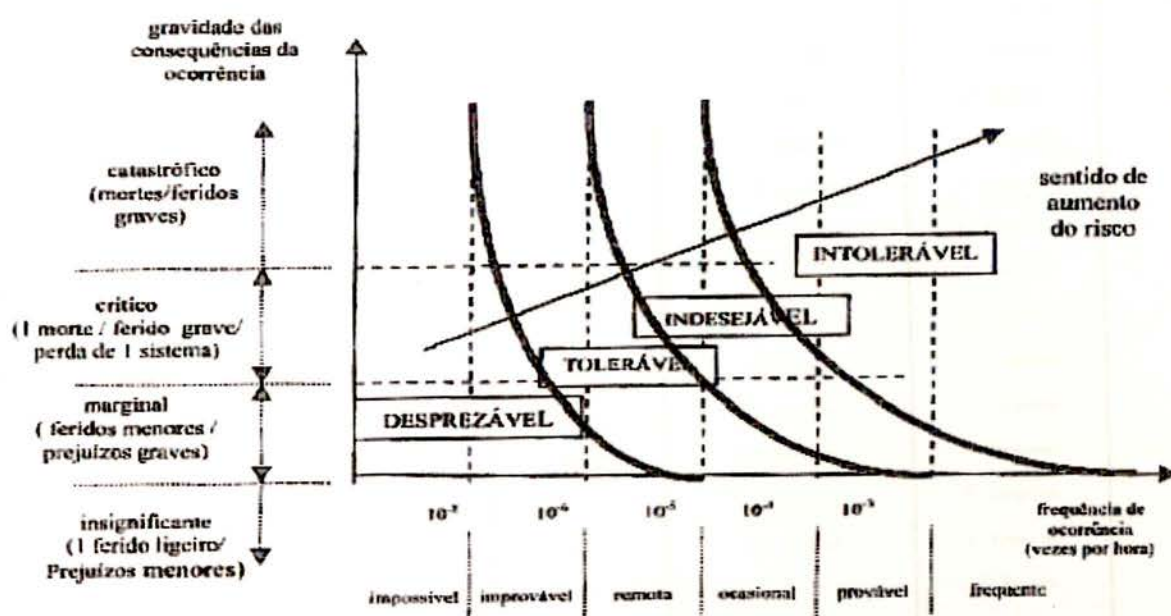


Figura 54 – Curvas de representação da matriz gravidade

Tabela 6 – Níveis de Risco

Nível	Probabilidade de ocorrência de uma situação potencialmente perigosa	Níveis de Risco			
A	Frequente	Indesejável	Intolerável	Intolerável	Intolerável
B	Provável	Tolerável	Indesejável	Intolerável	Intolerável
C	Ocasional	Tolerável	Indesejável	Indesejável	Intolerável
D	Remota	Desprezável	Tolerável	Indesejável	Indesejável
E	Improvável	Desprezável	Desprezável	Tolerável	Tolerável
		Insignificante (IV)	Marginal (III)	Crítico (II)	Catastrófico (I)
Severidade das consequências de uma situação potencialmente perigosa					

4.2.2. Identificação dos factores de risco determinar acções

Depois do estudo detalhado de cada modo de falha de cada subsistema e de os enquadrar seguindo as várias categorias acima descritas, passamos a analisar os modos de falha que realmente preocupam, isto é, os que obtiveram um nível de risco indesejável e intolerável.

Subsistema	Modo de Falha	Código de Severidade	Código de Severidade do Risco	Probabilidade do Risco	Índice do Risco
Via	Objectos na Via - Dimensões consideráveis	Grave	II - Crítico	C - Ocasional	Indesejável
Catenária	Luz - Presença de Tensão	Menor	III - Marginal	C - Ocasional	Indesejável
Subestação	Disparo do DLR	Grave	III - Marginal	C - Ocasional	Indesejável
Subestação	Gerál - Fora de serviço	Grave	II - Crítico	C - Ocasional	Indesejável
Subestação	Carregador de Baterias	Importante	II - Crítico	C - Ocasional	Indesejável
Telefónico	SOS Fora de serviço - Bloqueio do telefone	Menor	III - Marginal	C - Ocasional	Indesejável
Informação ao Público	Software - Falha	Importante	II - Crítico	D - Remota	Indesejável
Videovigilância	Equipamento Danificado	Insignificante	IV - Insignificante	A - Frequente	Indesejável
Videovigilância	Software - Falha	Menor	IV - Insignificante	A - Frequente	Indesejável
Radio Voz	Funcionamento Anómalo	Menor	IV - Insignificante	A - Frequente	Indesejável
Sinalização Ferroviária - Agulhas	Sem Comprovação	Menor	II - Crítico	B - Provável	Intolerável
Sinalização Ferroviária - Agulhas	Outras Anomalias	Grave	I - Catastrófico	D - Remota	Indesejável
Sinalização Ferroviária - Contadores de eixo	Ocupação Intempestiva	Grave	II - Crítico	A - Frequente	Intolerável
Sinais ferroviários	Equipamento Danificado	Menor	III - Marginal	A - Frequente	Intolerável
Passagens de Nível	Equipamento Danificado	Menor	III - Marginal	A - Frequente	Intolerável
ATP	Erro de Balizas	Grave	I - Catastrófico	A - Frequente	Intolerável
Sinalização Rodoviária	Equipamento Danificado	Menor	III - Marginal	A - Frequente	Intolerável
Sinalização Rodoviária	Deteccção de veículo - Anomalia	Grave	II - Crítico	D - Remota	Indesejável
Bilhética	MAVB - Equipamento Danificado	Menor	III - Marginal	A - Frequente	Indesejável
Bilhética	Validador - Falha de Comunicação	Menor	IV - Insignificante	A - Frequente	Indesejável
Bilhética	MAVB - Fora de Serviço	Grave	II - Crítico	C - Ocasional	Indesejável
Bilhética	MAVB - Funcionamento Anómalo	Importante	III - Marginal	A - Frequente	Intolerável
Bilhética	Validador - Fora de Serviço	Grave	II - Crítico	C - Ocasional	Indesejável
Bombagem	Níveis de poço máximo - Tuncis	Importante	II - Crítico	D - Remota	Indesejável
Ventilação - Desemfumagem	Temperatura Alarme	Menor	II - Crítico	C - Ocasional	Indesejável
Ventilação - Desemfumagem	Gerál Alarme - Caso de Incêndio	Grave	I - Catastrófico	D - Remota	Indesejável
Deteccção e Combate a Incêndio	Extintor - Falta	Importante	III - Marginal	C - Ocasional	Indesejável
Deteccção e Combate a Incêndio	Extintor - Fora de Serviço	Importante	III - Marginal	C - Ocasional	Indesejável
Estrutura da estação e abrigos	Inundações e Infiltrações	Grave	II - Crítico	D - Remota	Indesejável

No Anexo K pode observar-se a análise feita a todos os subsistemas e todos os modos de falha.

Subsistema Via:

Via	Objectos na Via - Dimensões consideráveis	Grave	II - Crítico	C - Ocasional	Indesejável
-----	---	-------	--------------	---------------	-------------

O Agente de condução terá de imobilizar o veículo para remover o objecto. Uma das formas de evitar esta situação, ou reduzir o constrangimento, seria efectuar um estudo detalhado do arvoredo que se encontra junto à via, prevenindo-se assim a hipótese de queda de árvores, já que esta é uma das principais causas de “Objectos na Via”. Se isso acontecer, é considerada uma situação de emergência e o seu procedimento está descrito no próximo capítulo deste relatório.

Subsistema Catenária:

Catenária	Luz - presença de tensão	Menor	III - Marginal	C - Ocasional	Indesejável
-----------	--------------------------	-------	----------------	---------------	-------------

Lâmpada fundida ou problema nos conversores de tensão, equipamento que transmite a informação à lâmpada, a acção a realizar será substituir a lâmpada e/ou os conversores.

Subsistema Subestação:

Subestação	Disparo DUR	Grave	III - Marginal	C - Ocasional	Indesejável
------------	-------------	-------	----------------	---------------	-------------

Se o disparo ocorrer por sobrecarga, que é o mais frequente, rearma automaticamente, demorando aproximadamente 1 minuto. Por outro lado, se for um disparo da TIDT, o que acontece quando são atingidos valores superiores aos limites da Curva de protecção do relé, é necessário a deslocação dum técnico ao local.

Subestação	Geral - Fora de Serviço	Grave	II - Crítico	C - Ocasional	Indesejável
------------	-------------------------	-------	--------------	---------------	-------------

Esta falha acontece devido, principalmente, a actos de vandalismo. Os procedimentos a seguir são o rearme da botoneira e um *reset* central ao corte de catenária. Neste momento, não pode ser feito remotamente pelo que aqui se propõe o estudo de um sistema que conseguisse fazer o rearme da botoneira remotamente.

Seria necessário um armário mais robusto, para que não fosse alvo de fácil acesso.

Subestação	Carregador de Baterias	Importante	II - Crítico	C - Ocasional	Indesejável
------------	------------------------	------------	--------------	---------------	-------------

A consequência da falha é a deslocação de um técnico ao local para fazer o rearme de tudo. Sendo o carregador de baterias uma redundância ao sistema, só tem grande impacto se, no mesmo momento, existir também uma falha de energia.

Telecomunicações

Telefónico:

Telefónico	SOS Fora de Serviço - Bloqueio do Telefone	Menor	III - Marginal	C - Ocasional	Indesejável
------------	--	-------	----------------	---------------	-------------

Um problema deste género acontece ou por uma falha no telefone ou por uma falha no sistema de Transmissão (mais frequente), que pode ter consequências mais ou menos graves, conforme a situação de emergência. A incidência desta falha vai diminuir à medida que vão sendo feitos reajustes no sistema de transmissão e este ficar estável.

Informação ao Público:

Informação ao Público	Software - Falha	Importante	II - Crítico	D - Remota	Indesejável
-----------------------	------------------	------------	--------------	------------	-------------

Como facilmente se constata, as falhas neste subsistema não têm nenhum impacto na operação, mas tornam-se críticas para a imagem comercial da Metro do Porto, SA e para a exploração.

De acordo com a opinião de técnicos da área, a mudança de protocolo levaria a uma diminuição dos erros de implementação.

Videovigilância:

Videovigilância	Equipamento Danificado	Insignificante	IV - Insignificante	A - Frequente	Indesejável
-----------------	------------------------	----------------	---------------------	---------------	-------------

Esta falha refere-se, fundamentalmente, às câmaras queimadas. As primeiras câmaras fornecidas para o efeito tinham um problema de origem. Neste momento, está-se a proceder à sua troca. Enquanto não estão todas removidas, deveria existir um reforço de peças de reserva.

Videovigilância	Software - Flaha	Menor	IV - Insignificante	A - Frequente	Indesejável
-----------------	------------------	-------	---------------------	---------------	-------------

Como referimos no Subsistema Telefónico, esta falha acontece devido à interacção com o Subsistema de Transmissão que vai diminuindo a medida que vão sendo feitos reajustes e este ficar estável.

Rádio Voz:

Rádio Voz	Funcionamento Anómalo	Menor	IV - Insignificante	A - Frequente	Indesejável
-----------	-----------------------	-------	---------------------	---------------	-------------

Funcionamento Anómalo acontece como consequência da interferência com os rádios dos barcos, quando o veículo se aproxima da costa. Não é necessário substituir o equipamento, pois o funcionamento normaliza rapidamente.

Sistema de Sinalização

Sinalização Ferroviária:

Agulhas:

Sinalização Ferroviária - Agulhas	Sem Comprovação	Menor	II - Crítico	B - Provável	Intolerável
-----------------------------------	-----------------	-------	--------------	--------------	-------------

Uma falha destas obriga à intervenção em linha dum técnico especializado.

Indefinida numa Posição:

- Verificar que existe movimento e que a falha é apenas na comprovação;
- Verificar se existe encosto das lanças na posição de falha, e que não existem obstáculos entre a lança e o carril;
- Abrir o Motor e verificar se o sistema de comprovação está correctamente accionado;
 - Existindo falha mecânica de comprovação, verificar primeiro se o motivo de limitação da correção de comprovação, reside nas barras de comprovação;
 - Certificar a afinação do ferrolho;
 - Verificar o circuito eléctrico de comprovação;

- Se não se verificar nenhuma das anomalias descritas, o problema não estará no Motor de AMV (Aparelhos de Mudança de Via);

Sinalização Ferroviária - Agulhas	Outras Anomalias	Grave	I - Catastrófico	D - Remota	Indesejável
--------------------------------------	------------------	-------	------------------	------------	-------------

Uma falha destas tem como consequência a agulha ficar **fora de controlo**.

Agulha Não se Movimenta:

Não Apresenta Indefinição no TMS (Fica Estática)

- Garantir com o PCC que o Comando para movimentar, foi aceite no Sistema. Se não é aceite, aparece um triângulo em rodapé;
- No terreno, antes de abrir a agulha, solicitar comando Remoto e escutar se existe movimento do motor: averiguar impossibilidade de movimentação da agulha;
- Pedir Comando Local e averiguar de novo;
 - Caso seja possível a actuação do motor, então o problema não estará no motor. Neste momento, deve pedir de imediato ajuda de Garantia; muito provavelmente o problema estará relacionado com o TMS-EBILOCK;
 - No caso de o Motor se movimentar, verificar o Circuito Hidráulico;
- Abrir o Motor, verificar o Circuito Eléctrico que se encontra internamente;
- Verificar se as 3 fases chegam ao Motor quando executado o comando do PCC. Não se verificando alimentação correcta, registando-se defeito na chegada de alimentação, o problema será externo ao próprio Motor. As verificações estarão a outro nível de formação. Deverá ser pedido de imediato auxílio de Garantia.

Apresenta Indefinição no PCC

- Verificar exactamente qual a apresentação de falha no PCC. Existe a tendência de confundir fora de controlo com indefinida. Quando fora de controlo, o problema será externo ao motor ou ao nível de Circuitos de Via da própria agulha;
- Verificar se o circuito de sensores está aberto, para permitir a alimentação do contactor de alimentação (o circuito corta também a comprovação);

- Verificar mecanicamente se o sistema de comprovação está accionado;
- Averiguar a comprovação eléctrica do circuito de comprovação;
- Se nenhuma das verificações apresentar anomalias, o problema será externo às agulhas.

As agulhas podem ter dois problemas, mecânicos e eléctricos. Se o problema for mecânico, será impossível a passagem do veículo; pelo contrário, se o problema for eléctrico, o veículo pode passar, se a agulha estiver aferrolhada. Assim sendo, com a ajuda de uma câmara, será muito mais fácil verificar qual o problema e garantir a segurança dos clientes do Metro. Para além desta vantagem, a câmara é proveitosa pois evita a frequente abertura da agulha: passaria a ser necessário abri-la apenas de 5 em 5 anos, evitando assim a presença da humidade.

Contadores de Eixo/Circuitos de via:

Contadores de eixo:

Sinalização Ferroviária - Contadores de eixo/Circuitos de Via	Ocupação Intempestiva	Grave	II - Crítico	A - Frequente	Intolerável
---	-----------------------	-------	--------------	---------------	-------------

Este Subsistema tem como função, como o nome indica, contar os eixos do veículo e assim detectá-lo. Como se pode imaginar, o procedimento é muito sensível. Se ocorrerem interferências mínimas, o equipamento ressentir-se. A ocupação intempestiva é disso exemplo, já que se existe uma interferência ou falha e o equipamento detecta um veículo que, na realidade, não se encontra lá, transmite essa informação e constrange, de algum modo, a entrada de outros veículos.

Para resolver esta situação, estão a ser removidos os contadores de eixo (neste momento só se encontram na zona de Matosinhos) em prol dos circuitos de via, que apresentam maior fiabilidade.

Sinais:

Sinais	Equipamento Danificado	Menor	III - Marginal	A - Frequente	Intolerável
--------	------------------------	-------	----------------	---------------	-------------

Equipamento danificado tem como causa principal actos de vandalismo. Muitas vezes obriga a colocar o semáforo em modo degradado. Como proposta de resolução ou de diminuição da incidência deste problema refiro a implementação de Sistemas de Videovigilância.

Passagens de Nível:

Passagens de Nível	Equipamento Danificado	Menor	III - Marginal	A - Frequente	Intolerável
--------------------	------------------------	-------	----------------	---------------	-------------

Mais uma vez a probabilidade de ocorrência frequente deve-se a actos de vandalismo.

Neste momento, encontra-se em curso um projecto para modificar as Passagens de Nível (PN). A dúvida põe-se entre Betuminoso e Borracha. Sem dúvida que a borracha traz elevadas vantagens, a manutenção será muito facilitada. Se for necessário atacar ou esmerilar a via, com a primeira opção, teríamos de colocar a PN fora de serviço por um período de tempo relativamente grande; já com a segunda opção, tal não acontece. Evidentemente, que não pode haver só vantagens, e o investimento numa PN em borracha é elevado mas, depois de um estudo e de conversas com os responsáveis da Transdev, ele constituiria um bom investimento com a passagem do tempo.

ATP:

ATP	Erro de Balizas	Grave	I - Catastrófico	A - Frequente	Intolerável
-----	-----------------	-------	------------------	---------------	-------------

O *Automatic Train Protection* é daqueles equipamentos que deveriam apresentar uma elevada fiabilidade, mas a verdade é que isso não acontece. Apresentam ainda muitos problemas de implementação. Os clientes queixam-se de travagens bruscas no veículo.

Sinalização Rodoviária:

Sinalização Rodoviária	Equipamento Danificado	Menor	III - Marginal	A - Frequente	Intolerável
------------------------	------------------------	-------	----------------	---------------	-------------

Tem elevado impacto na imagem comercial, não tanto na operação. O metro tem sempre prioridade e em casos de falha o semáforo inoperante permanece vermelho para os automóveis. Se esta situação permanecer, chama-se a polícia para controlar o trânsito.

Sinalização Rodoviária	Deteção do Veículo - Anomalia	Grave	II - Crítico	D - Remota	Indesejável
------------------------	-------------------------------	-------	--------------	------------	-------------

Quando é detectado um veículo num cruzamento, o semáforo impossibilita os automóveis de passar. Se existir uma anomalia nessa detecção, os automóveis são obrigados a parar e não visualizam nenhum veículo. Esta falha tem elevado impacto não na operação mas sim na imagem comercial.

Interpretando agora a outra possibilidade, a de existir uma anomalia na detecção, o veículo metro aproxima-se e o semáforo encontra-se livre para os automóveis. Esta situação inspira muito mais cuidado e a sua consequência poderá ser catastrófica. (Procedimentos referentes a esta situação encontram-se descritos no capítulo seguinte.)

Bilhética:

Bilhética	MAVB - Equipamento Danificado	Menor	III - Marginal	A - Frequente	Intolerável
-----------	-------------------------------	-------	----------------	---------------	-------------

Bilhética	MAVB - Funcionamento Anómalo	Importante	III - Marginal	A - Frequente	Intolerável
-----------	------------------------------	------------	----------------	---------------	-------------

Tanto **MAVB - Equipamento danificado** como **MAVB - Funcionamento Anómalo** apresentam riscos intoleráveis, não tanto pelo impacto que proporcionam, mas sim pela frequência com que acontecem (A – Frequente). Em qualquer um dos casos, a máquina de bilhética consegue ter algumas funções operacionais, o que não impede os clientes de as utilizarem. Evidentemente que a imagem da Metro fica sempre lesada.

Bilhética	MAVB - Fora de Serviço	Grave	II - Crítico	C - Ocasional	Indesejável
-----------	------------------------	-------	--------------	---------------	-------------

Já neste caso, os clientes não conseguem aceder a nenhuma funcionalidade da máquina, o que constitui uma situação preocupante, devendo ser contactada imediatamente a Octal (subcontratada que tem a responsabilidade de manutenção do Subsistema Bilhética) que resolve a situação com relativa facilidade.

Bilhética	Validador - Falha de Comunicação	Menor	IV - Insignificante	A - Frequente	Indesejável
-----------	----------------------------------	-------	---------------------	---------------	-------------

Bilhética	Validador - Fora de Serviço	Grave	II - Crítico	C - Ocasional	Indesejável
-----------	-----------------------------	-------	--------------	---------------	-------------

Quanto aos Validadores, quando existe **falha de comunicação**, os clientes nem se apercebem, mas a *Metro do Porto* não tem capacidade de contabilizar a quantidade de clientes que usufruem do sistema. A situação **fora de serviço** tem elevado impacto, já que muitos clientes poderão ser obrigados e não entrar no veículo por não ter conseguido validar o título de transporte.

Bombagem:

Bombagem	Nível de poço máximo - Túneis	Importante	II - Crítico	D - Remota	Indesejável
----------	-------------------------------	------------	--------------	------------	-------------

Muitas vezes esta falha não corresponde na realidade ao nível de poço máximo, mas sim à bóia encravada. Os técnicos dirigem-se ao local e desencravam-na. Se, efectivamente, a água estiver num nível inadequado, a acção a desenvolver é a de retirar a água.

Ventilação:

• Desenfumagem

Ventilação Desenfumagem	Temperatura Alarme	Menor	II - Crítico	C - Ocasional	Indesejável
-------------------------	--------------------	-------	--------------	---------------	-------------

Esta falha era consequência de um problema técnico entre o autómato do ventilador e o PCC, problema esse que já se encontra ultrapassado.

Ventilação Desenfumagem	Geral Alarme - Caso de Incêndio	Grave	I - Catastrófico	D - Remota	Indesejável
-------------------------	---------------------------------	-------	------------------	------------	-------------

Esta falha corresponde ao facto de a ventilação desenfumagem estar em falha. A actuação a ser seguida é de analisar a situação indo posteriormente ao Scada retirar o Alarme e, se necessário, intervir. Pode constituir uma situação de risco catastrófico, se ocorrer um incêndio.

Neste Subsistema que, tudo indica, não será muitas vezes accionado torna-se muito importante a Simulação.

Detecção e Combate a Incêndio:

Detecção e Combate a Incêndio	Extintor - Falta	Importante	III - Marginal	C - Ocasional	Indesejável
-------------------------------	------------------	------------	----------------	---------------	-------------

Quando acontece uma incidência destas a causa é quase sempre vandalismo, o que pode originar consequências graves, se ocorrer um incêndio e não existirem meios para o combater.

Uma proposta passaria pela implementação de Sistema de Videovigilância vocacionado para reduzir estas situações podendo inibir ou identificar o interveniente.

Detecção e Combate a Incêndio	Extintor - Fora de Serviço	Importante	III - Marginal	C - Ocasional	Indesejável
-------------------------------	----------------------------	------------	----------------	---------------	-------------

Extintor – Fora de serviço indica que este se encontra fora do prazo de validade, o que aconteceu mais inicialmente, tendo sido combatida essa irregularidade.

Estrutura da estação e Abrigos:

Estrutura da Estação e Abrigos	Inundações e Infiltrações	Grave	II - Crítico	D - Remota	Indesejável
--------------------------------	---------------------------	-------	--------------	------------	-------------

Aqui não nos referimos tanto às inundações, mas sim às infiltrações, que, em algumas estações, têm sido complicadas de resolver. São, principalmente, problemas de construção e a maior dificuldade consiste em detectar, exactamente, onde reside o problema. Tem consequências graves, podem levar ao corte de energia. Para resolver tal problema, é muitas vezes necessário abrir paredes e/ou pavimentos da estação, na busca da identificação da sua origem assumindo o Consórcio Normetro as respectivas responsabilidades.

4.3. Resposta a casos de Risco (Emergência)

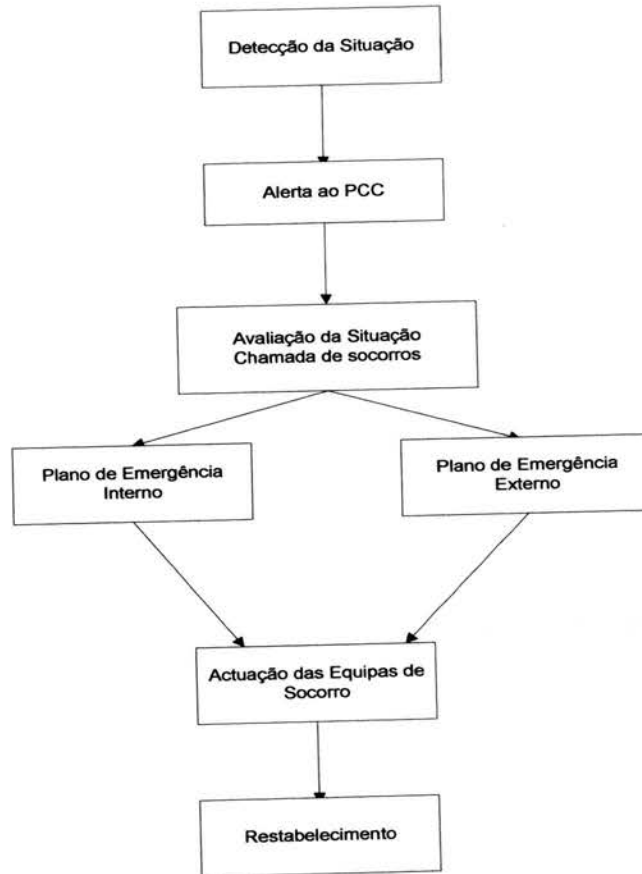


Figura 55 – Procedimento numa situação de Risco

Ocorrendo uma situação de emergência em que esteja envolvido e/ou seja afectado algum subsistema do SMLAMP, devem ser respeitados os seguintes princípios:

- Assistência o mais urgente possível a eventuais sinistrados;
- Colocação de pessoas e bens em local seguro;
- Providenciar os meios de socorro adequados para o combate à situação de emergência (internos e externos);
- Isolamento da área afectada;
- Desobstrução e limpeza da área afectada (Estações, canal do metro e de outras vias de comunicação)
- Providenciar à reparação / substituição dos equipamentos afectados;
- Reposição da circulação e regresso à normalidade.

Fases

Fase 1 - Antes da emergência

- Actividades de Planeamento, Prevenção e Simulações.
- É uma fase fundamental para a obtenção de uma resposta eficaz às situações de emergência, pois compreende a identificação das situações potencialmente perigosas, meios e recursos existentes, estabelecendo os modos de actuação e efectuando acções de formação e exercícios.

Fase 2 - Durante a emergência

- Acções de combate e resposta à emergência.
- Activação dos meios e recursos em função do tipo e grau de emergência e de acordo com o plano estabelecido.

Fase 3 - Após a emergência

- Acções de reabilitação para o regresso à normalidade.
- Reparação dos danos. Análise do acidente, suas causas, métodos de actuação empregues, proposta de acções correctivas / preventivas.

Lista Procedimentos

- Manual de Emergência Público
- Evacuação do veículo do Metro à superfície

Principais Funções

Agente de Condução

- Comunicar ocorrência, o mais rápido possível, ao posto de comando, indicando a localização e natureza da emergência;

- Seguir as instruções recebidas do posto de comando;
- Comunicação com os clientes, de forma a evitar situações de pânico;
- Criação e manutenção de condições mínimas de segurança de pessoas e bens até à chegada do socorro (ex: sinalização do local);
- Recepcionar a chegada das equipas de socorro e/ou dos elementos de apoio;
- Registar ocorrência no livro diário de circulação.

Responsável de Linha / Regulador

- Dirigir-se para o local do acidente, a pedido do posto de comando;
- Apoiar agente de condução nas acções de criação e manutenção de condições de segurança mínimas para pessoas e bens, de forma a prevenir novos acidentes;
- Comunicar com o posto de comando, transmitindo informação e recebendo instruções, assegurando a coordenação do processo no local;
- Estabelecer a *interface* com as forças de socorro externas presentes no local, ajudando as autoridades naquilo para que for solicitado;
- Avaliar estado físico e psicológico do Agente de Condução e, se necessário, pedir a sua substituição;
- Avisar PCC da possibilidade de ser retomada a circulação.

PCC - Posto de Comando Central

- Avaliar a situação com base na informação recebida e dar instruções aos elementos presentes no local;
- Estabelecer contacto com as equipas de socorro externas (telefone directo com CDOS / 112), tais como INEM, Polícia, Bombeiros, Protecção Civil;
- Avisar equipas de intervenção internas para a deslocação ao local do acidente;
- Em caso de necessidade, dar instruções ao condutor para evacuação do veículo;
- Em caso de necessidade, proceder ao corte de energia eléctrica da área afectada;
- Implementar modos degradados em função das condicionantes existentes, regulando a circulação nestas condições;
- Comunicar ocorrência aos responsáveis, de acordo com lista própria;

- Proceder, sempre que possível, ao registo em vídeo das imagens dos acontecimentos, desde a sua constatação/comunicação, até à reposição da normalidade;
- Reposição da circulação e regresso à normalidade.

Equipas de Manutenção

- Prestar apoio nas áreas da sua especialidade;
- Assegurar o isolamento da zona afectada;
- Avaliar danos, verificar operacionalidade do sistema e comunicar ao posto de comando;
- Providenciar a reparação dos danos;
- Providenciar a limpeza da área afectada;
- Assegurar o encaminhamento correcto dos resíduos resultantes da situação de emergência.

5. Conclusões

5.1 Transferência do Conhecimento e Tecnologias

Apesar de ser apenas um estágio curricular, foram atribuídas ao estagiário algumas tarefas para além do âmbito do projecto de estágio, como acompanhamento da transferência, da NM para a MP, do conhecimento e tecnologias num Grupo de Trabalho Interno (GTI).

Sendo a Metro do Porto uma empresa somente de fiscalização, subcontratando todos os serviços, aproximando-nos do final do contrato, nada garante que a próxima fase seja adjudicada ao mesmo consórcio, podendo os proprietários ser diversos, ou até ficar a Metro do Porto com a responsabilidade de construção, operação e manutenção da fase seguinte.

Independentemente do disposto na Cláusula Sétima do Aditamento Contratual celebrado com a NM, na qual está prevista a constituição de um grupo de trabalho (formado por dois elementos MP e dois elementos NM), foi criado um Grupo de Trabalho Interno (GTI), que teve e terá por missão dinamizar a realização de um diagnóstico inicial, por áreas e questões associadas à obrigação da NM proceder à transferência de todas as tecnologias e competências para o MP.

O GTI integrou elementos de diversos departamentos do MP, de modo a garantir a maior abrangência possível dos documentos a produzir.

Para isso, e depois de algumas reuniões, elaborou-se uma lista de documentos, *software* e conhecimentos necessários para a possibilidade de operar e manter o sistema, sem subcontratar ninguém.

Item	Área Intervenção	Questões	Ação Prevista/Esperada	Responsabilidade Interna	Responsabilidade Externa	Prazo Resolução
1	MN	Projectos finais actualizados	Disponibilizar a documentação	UGMIS	TR-GR	
2		Peças desenhadas				
3		Autos de recepção das obras				
4	MN	Garantias	Disponibilizar a documentação	UGMIS	TR-GR	
5	MN	Manuais de utilização dos equipamentos	Disponibilizar a documentação e esclarecer sempre que necessário	UGMIS	TR-MN	
6		Manuais de Manutenção				
7		Planos de Manutenção				
8		Normas				
9	MN	Hardware e Software	Disponibilizar e esclarecer sempre que necessário	UGMIS	TR-INF/TR-MN	
10		Terminais e programas actualizados				
11	MN	Normas e procedimentos de trabalho	Disponibilizar a documentação e esclarecer sempre que necessário	UGMIS	TR-MN	
12	MN	Arquivos e chaveiro	Disponibilizar	UGMIS	TR-GR	
13	MN	Bens patrimoniais	Disponibilizar	UGMIS	TR-GR	
14		Viaturas				
15		Equipamentos				
16		Ferramentas				
17		Material				

5.2. Análise Pessoal

O estágio revelou-se uma experiência muito construtiva, não só pela compreensão de aspectos importantes a nível teórico, mas também pela análise directa do modo de funcionamento de uma empresa com os seus respectivos fenómenos críticos, fenómenos estes que foram descritos e conduziram à elaboração de melhorias ao longo deste relatório de estágio.

A necessidade sentida pela MP de proceder a um “balanço”, de conhecer as actividades de manutenção, de fazer a análise e avaliação dos riscos e respectivos impactos, foi colmatada no presente estágio. Desejando-se, contudo, que este seja apenas o primeiro de muitos estudos e análises, já que só assim, com um constante acompanhamento é que se conseguem resultados cada vez melhores na Gestão da Manutenção.

A interacção com os diferentes colaboradores revelou-se uma experiência muito positiva e gratificante, traduzindo-se no envolvimento pessoal e na colaboração enriquecedora de todos para a realização de um trabalho que se pretendia rigoroso e empenhado.

Considerou-se ainda que a integração do estágio no último ano do curso constitui efectivamente uma mais-valia, fundamentalmente no plano de uma adequada formação profissional, visando a implementação de uma “praxis” que se valoriza com o acompanhamento constante de docentes da Faculdade e de profissionais da empresa.

A todos os que me orientaram e sempre me apoiaram ao longo dos seis meses de estágio, com a sua disponibilidade, mestria e competência profissional e pedagógica, quero aqui expressar a minha profunda e eterna gratidão.

Se inicialmente o estágio se afigurava com um “Cabo das Tormentas”, povoado de inquietações e angústias, revelou-se, afinal, pelo potencial humano, cultural, científico e profissional envolvido, um “Cabo da Boa Esperança”, que me enche de optimismo e fé para o futuro.

O presente trabalho acompanha a minha maiêutica pessoal e profissional e permitiu dar um tímido primeiro passo na activação das coordenadas que permitem o diagnóstico e o controlo dos riscos no contexto de uma gestão empresarial.

6. Referências e Bibliografia

- Metro do Porto, "Contrato de Projecto, Construção, Equipamento e Operação do Sistema de Metro Ligeiro da Área Metropolitana do Porto", 1998.
- Metro do Porto, "Contrato de Projecto, Construção, Equipamento e Operação do Sistema de Metro Ligeiro da Área Metropolitana do Porto, Anexo 42 – Condições Especiais relativas à Manutenção do Sistema", 1997.
- Palisade Corporation, "Risk Analysis & Modeling", 1993.
- C. Guedes Soares, A.P.Teixeira e P.Antão, "Análise e Gestão de Riscos, Segurança e Fiabilidade" – Volumes 1 e 2, Copyright Instituto Superior Técnico, 2005.
- Kalle Kahkonen, "Management of Uncertainty", 2005.
- **www.metrodoporto.pt**
Página oficial da Metro do Porto
- **www.google.pt**
Página do motor de busca Google.
- **dictionary.cambridge.org**
Página do dicionário Inglês – Inglês da universidade de Cambridge.
- **pt.wikipedia.org**
Página dedicada à Wikipedia uma Enciclopédia online.

7. Anexos

- ANEXO A: Rede da Linha de Metro presente e futura
- ANEXO B: Principais características do SMLAMP
- ANEXO C: Actuação na Manutenção do Material Circulante
- ANEXO D: Análise à Operação Comercial no período de 1/04 a 1/10 de 2004
- ANEXO E: Incidências de Falhas do Subsistema Bilhética, nas estações
- ANEXO F: Principais Problemas nas estações
- ANEXO G: Acordo referente à repartição de responsabilidades quanto aos serviços de reparação e limpeza de Actos de Vandalismo
- ANEXO H: Modos de Falha do Subsistema
- ANEXO I: Identificação de Efeitos
- ANEXO J: Identificação de Causas
- ANEXO K: Análise de Riscos a todas as possíveis Falhas do Sistema

ANEXO A: Rede de Metro presente e futura



Metro do Porto

FASE 1

- Linha D- Amarela
- Linha A - Azul
- Linha T
- Linha P

FASE 2

- Linha PG
- Linha PM
- Linha PA
- Linha B

ANEXO B: Principais Características do SMLAMP

Principais Características

Caraterísticas operacionais

nº de linhas	4 (A, B, C e D)
distancia media entre estações na zona urbana	Trindade / Sra. da Hora - 728 / Trindade / Sr. de Matosinhos - 695
distancia media entre estações na zona suburbana	
capacidade de transporte	A-8 Veículos x 216 = 1728 passageiros hora sentido B-4 Veículos x 216 = 824 passageiros hora sentido
frequência média em zona urbana	Troço comum linhas A = 3 minutos / Troço linha A = 7 minutos

Rede do Metro

extensão total	70 km
via dupla em túnel	7 km
via dupla em via reservada á superfície	13 km
via dupla recupera da de via férrea	9 km
via simples recuperada de via férrea	41 km

Traçado

rampa máxima	7%
raio mínimo de curvatura em zona urbana	25 m
raio mínimo de curvatura em tunel	200 m
raio mínimo de curvatura vertical	500 m
velocidade máxima em zona urbana	50 km/h
velocidade máxima em zona suburbana ou em túnel	80 km/h
largura da plataforma em via dupla	7 m

Estações

nº total de estações	66
estações á superfície de nova construção	36
estações á superfície recuperadas e modernizadas	19
nº de estações enterradas	11
estações enterradas de construção a céu aberto	6 (Casa da Musica, 24 de Agosto, Salgueiros, Trindade, Aliados e S. Bento)
estações enterradas de construção mineira	5 (Lima, Marquês, Faria Guimares, Bolhão e Heroísmo)
comprimento dos cais, estações subterrâneas	70 m
altura dos cais das estações	30 cm

Túneis

diâmetro interno	7,8 m
processo construtivo	Tuneladoras tipo EPB (escudo de pressão de terra)
diâmetro do escudo	8,7 m
nº de aduelas por anel	6+1
potência total instalada	2,4 Mw
força de impulso	70.608 kN
peso total (escudo e cabeça de corte)	650 t
comprimento total (escudo e reboques)	72 m
fabricante das 2 tuneladoras utilizadas	Herrenknecht

Via férrea

bitola	1435 mm
tipo de carril	G-35 de gola ou U 50
travessas	bibloco
fixações	Nabla
balastro	balastrada ou embebida
tipo de aparelhos de mudança de via (não incluindo as PMO)	comando eléctrico

Energia e catenária

sistema de alimentação	750 v cc
nº subestações de tracção	33 unidades [ligadas em anel a uma rede de média tensão de 15 kv]
potência unitária	1500 kw
potência do transformador	1620 kva
rectificador	díodos de silício, montagem dodecafásica
distância média entre subestações	1500/ 2500 m
rede de média tensão	270 km de rede de 15 kv
postos de transformação, ligação EDP	9
potencia total instalada	57 MVA
tipo de catenária zona urbana	simples, com dois condutores de contacto, em cobre, secção de 150 mm ²
tipo de catenária zona suburbana ou em túnel	regulada, com dois condutores de contacto, em cobre, secção de 150 mm ² e portador de 155 mm ²
transversais	em cabo isolado "parafil", ligadas aos postes por isoladores de silicone
extensão total de catenária	118 km
altura média ao carril	5,2m
tipo de poste	metálico

Equipamentos electromecânicos das Estações enterradas

[indicar nº unidades previstas]

Sistema de iluminação

Armaduras	7750
-----------	------

Sistema de ventilação

Ventiladores de túnel	40
Ventiladores de cais	28
Ventiladores para locais técnicos e WC's	98

Sistema de bombagem

Grupos electrobomba	44
Escadas rolantes	105
Ascensores	31



Comunicações	Estações	PCC
Sistema de transmissão		
6 SDH	66	5
6 PDH	75	23
Sub	77	18
Sistema telefónico		
Telefones analógicos e digitais	404	100
ABX	0	1
Gravador de chamadas	0	1
Sistema de vídeo-vigilância		
Códec vídeo	65	65
Gravador digital vídeo	65	0
Câmaras com zoom, fixa ou móveis	443	0
Matriz estação	39	0
Monitor PAL	2	12
Sistema informação ao público		
Unidade de controlo local	70	0
Amplificador	56	0
Consola local	17	0
Multifalantes	1080	0
Painéis informação	127	0
Consola operador	0	3
Sistema rádio		
Estações de base	12	
Sistema rádio de a bordo	72	
Sistema de bilhética		
Máquinas de venda de bilhetes	99	
Obliteradoras magnéticas	242	
Máquinas de venda manual	10	

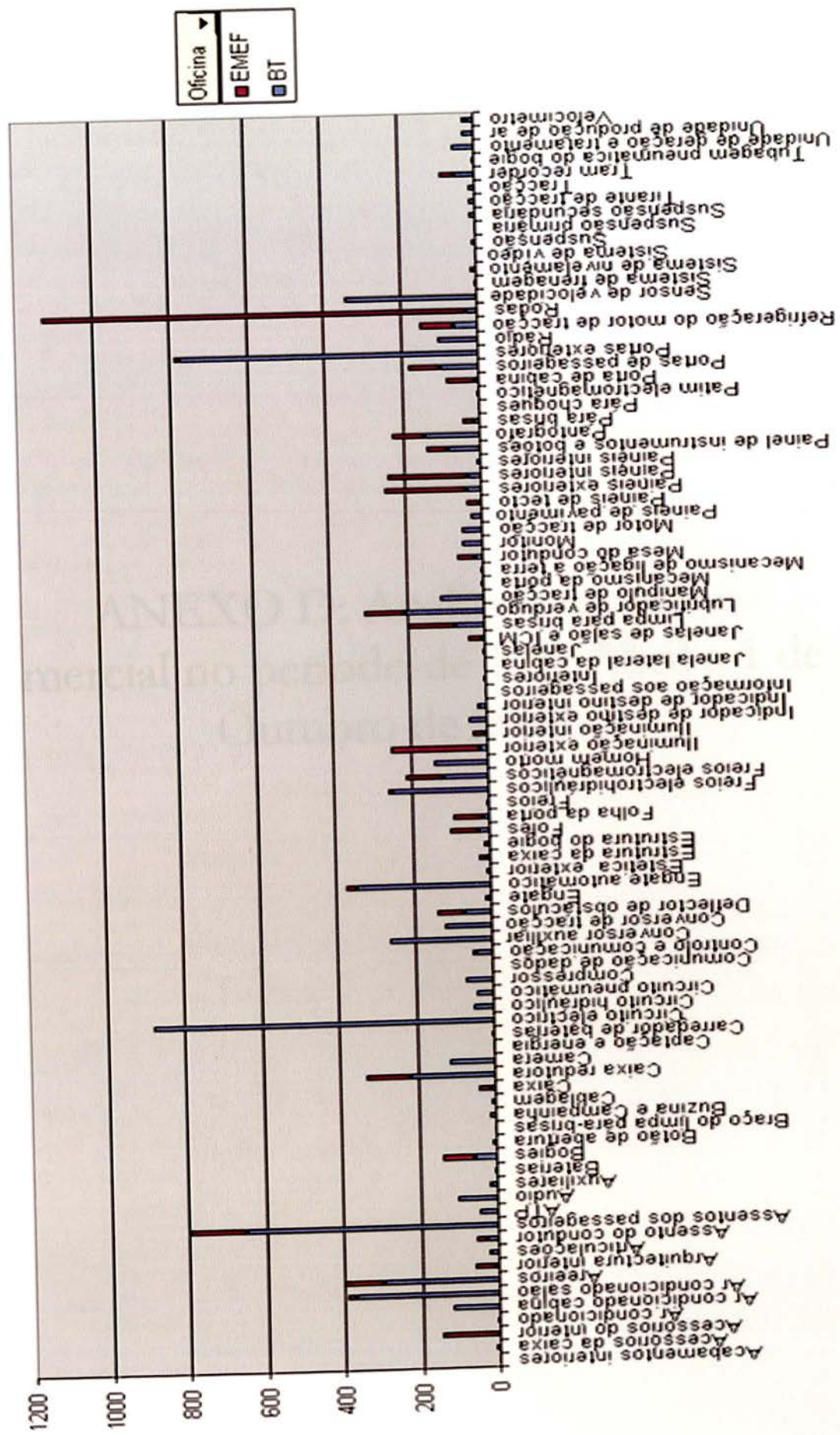


Veículos

n.º unidades	72
n.º lugares sentados	80
n.º lugares de pé (4 p/ m2)	135
n.º total de lugares	215
distancia do pavimento á cabeça do carril	35 cm
comprimento	35 m
largura	2,65 m
altura	3,3 m
n.º de portas	12 (6+6)
largura das portas	1.350 mm
tensão de alimentação	750 v cc
velocidade máxima	80 km/h
potencia nominal	318 kw
peso en vazio	40.500 kg
peso em carga (4 p/ m2 e 65 kg/ p)	55.604 kg
marcha em unidades duplas	até 2 unidades
tensão nominal	750 v cc
potência nominal	330 kw
velocidade máxima	80 km/h
rampa maxima admissivel	0,08
n.º de bogies	4 (3 motorizados e um reboque)
motorização	12 motores trifásicos assíncronos, refrigerados a água, accionados por 6 conversores electrónicos, tipo IGBT
diâmetro das rodas novas	550 mm



ANEXO C: Actuação na Manutenção do Material Circulante



ANEXO D: Análise à Operação
Comercial no período de 1 de Abril a 1 de
Outubro de 2004

Período em análise	01-Abr-04	01-Out-04
Quilômetros comerciais	984.161	
Quilômetros totais	1.093.662	

Veículo		V - BAFO
Cabinas	Estrutura da cabina	1
	Articulações	1.1.7
	Estética Exterior	1.2
	Painéis Exteriores	1.2.2
	Portas exteriores	1.3
	Portas de passageiros	1.3.1
	Folha da porta	1.3.1.1
	DCU	1.3.1.2
	Botão de abertura	1.3.1.3
	Mecanismo da porta	1.3.2
	Mecanismo da porta	1.3.2.1
	Cablagem	1.3.2.2
	Engate	1.4
	Engate automático	1.4.1
	Fóles	1.5
	Janelas	1.6
	Janelas de saído e ICM	1.6.1
	Pára brisas	1.6.2
	Janela Lateral da cabina	1.6.3
	Acessórios da cabina	1.7
	Deflector de obstáculos	1.7.2
	Limpa pára brisas	1.7.3
	Motor do limpa pára-brisas	1.7.3.1
	Braço do limpa pára-brisas	1.7.3.2
	Buzina e campainha	1.7.4
	Iluminação exterior	1.7.5
Bogies	Estrutura do bogie	2
	Suspensão	2.1
	Suspensão primária	2.2.1
	Suspensão secundária	2.2.2
	Sistema de nivelamento	2.2.3
	Rodas	2.3
	Tração	2.4
	Tirante de tração	2.4.1
	Acessórios dos bogies	2.5
	Conduitas e cablagem dos bogies	2.5.2
	Areiros	2.5.3
	Tubagem pneumática do bogie	2.5.4
	Lubrificador de verdugo	2.5.6
Captação e energia	Sistema de alta voltagem	3
	Parafuso	3.1
	Cabos de fusíveis e fusíveis	3.1.1
	Cablagem de alta tensão	3.1.4
	Pára-raios	3.1.6
	Mecanismo de ligação à terra	3.1.7
		3.1.8
Propulsão	Sistema de propulsão e frenagem electrodinâmica	4
	Motor de tração	4.1
	Cabo redutora	4.1.1
	Refrigeração do motor de tração	4.1.2
	Conversor de tração	4.1.3
Auxiliares	Unidade de produção de ar	5
	Unidade de geração e tratamento de ar	5.1
	Tubagens e ligações pneumáticas	5.1.1
	Sistema de baterias	5.1.2
	Baterias	5.3
	Alimentação de auxiliares	5.3.2
	Conversor auxiliar	5.4
	Carregador de baterias	5.4.1
	Sistema de distribuição	5.4.1.1
	Cablagem do veículo	5.4.3
Freios	Unidade de controlo de freios (LCU/BCU)	6
	Sistemas de frenagem	6.1
	Freios electrohidráulicos	6.2
	Calliper	6.2.1
	Switch do calliper	6.2.1.1
	HPU	6.2.1.2
	Freios electromagnéticos	6.2.2
		6.2.2.1
Interiores	Arquitectura interior	7
	Acabamentos interiores	7.1
	Painéis interiores	7.1.2
	Painéis de tecto	7.1.3
	Painéis de pavimento	7.1.4
	Acessórios do interior	7.1.6
	Mesa do condutor	7.1.7
	Painel de instrumentos e botões	7.1.7.1
	Assentos	7.1.8
	Assentos dos passageiros	7.1.8.1
	Assento do condutor	7.1.8.3
	Ar condicionado	7.2
	Ar condicionado	7.2.1
	Ar condicionado saído	7.2.1.1
	Compressor	7.2.1.2
	Ar condicionado cabina	7.2.1.2.1
	Compressor	7.3
	Portas interiores	7.3
	Porta de cabina	7.3.1
Controlo e comunicação	Iluminação interior	7.7
	Infraestrutura	8
	ATP	8.1.1
	Rádio	8.1.2
	BIS	8.1.3
	Controlo do veículo	8.2
	Sistema antipatinagem	8.2.2
	Sensor de velocidade	8.2.2.1
	Sistema de vigilância automática	8.2.3
	Hornem morto	8.2.3.2
	Velocidade zero	8.2.3.10
	Sistema de vídeo	8.2.4
	Monitor	8.2.4.1
	Camera	8.2.4.2
	Tram recorder	8.2.5
	VTCU	8.2.7
	Velocímetro	8.2.8
	Manipulo de tração	8.2.9
	Outros (inclui o módulo DX)	8.2.10
	Sistema de diagnóstico	8.3
	IDU	8.3.1
	Comunicação de dados	8.4
	MVB Bus	8.4.1
	Informação aos passageiros	8.5
	Audio	8.5.1
	Indicadores de destino	8.5.3
	Indicador de destino exterior	8.5.

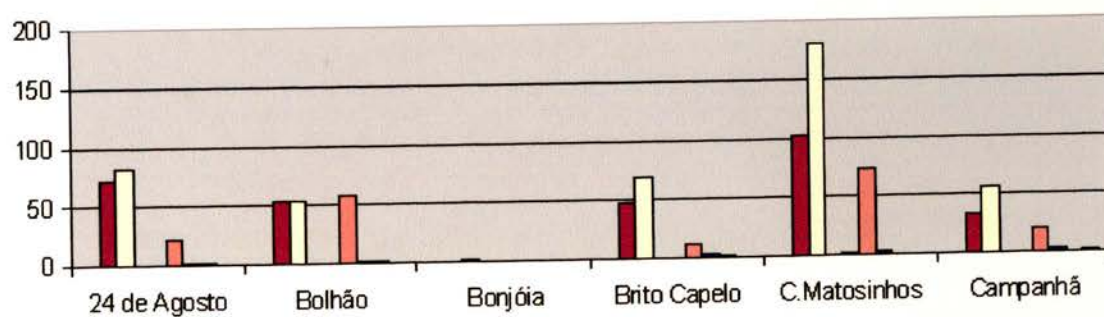
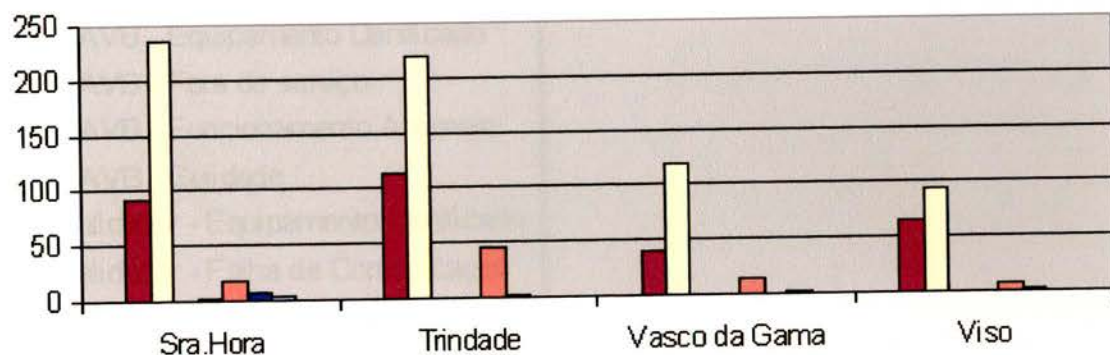
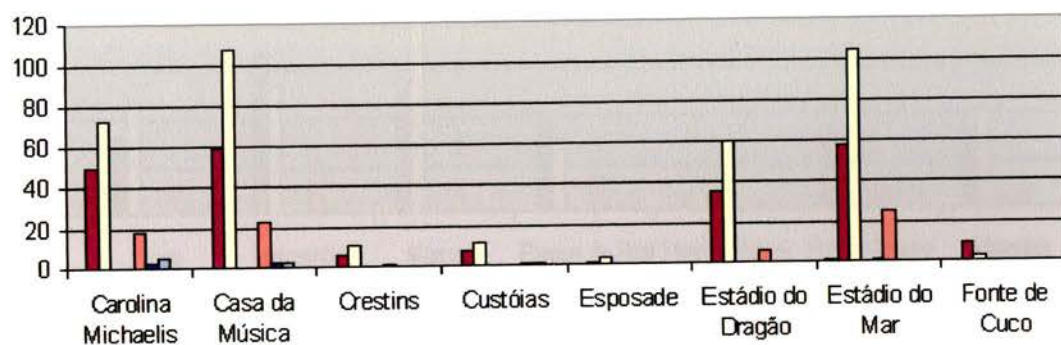
[illegible]

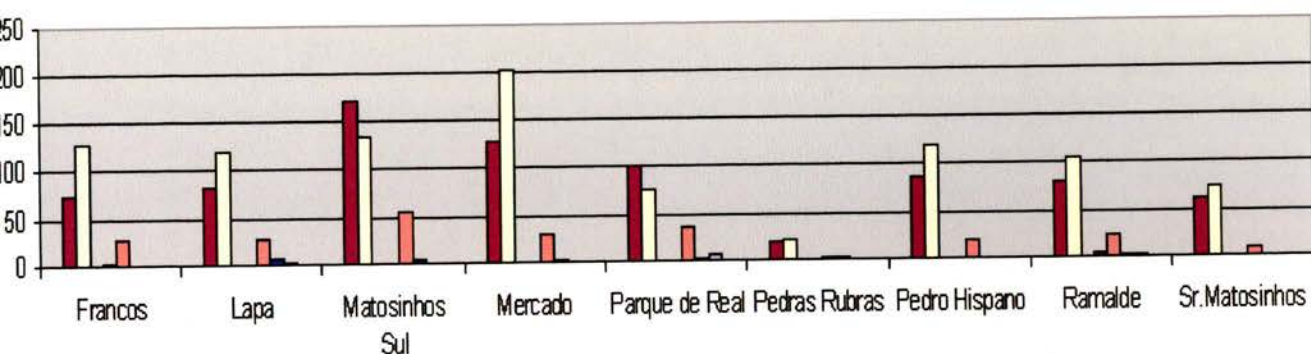
Notas explicativas

- 1) São contabilizadas unicamente as Ordens de Trabalho com Avaria no âmbito da Garantia;
- 2) Cada nível "pai" inclui as avarias do próprio nível mais todas as avarias dos níveis "filhos";
- 3) O conceito de Operação Comercial significa que o veículo tinha Serviço atribuído aquando da ocorrência da Avaria;
- 4) As Agregações visam permitir o cruzamento de dados entre o *Winmac* e a estrutura de reporte interna da BT LRV;
- 5) As taxas de avaria em Operação Comercial são indicadas por 1.000.000 de quilómetros comerciais;
- 6) As taxas de avaria em Operação Comercial e PMO são indicadas por 1.000.000 de quilómetros totais (ie, comerciais e não comerciais);

ANEXO E: Incidências de falhas do Sistema Bilhética, nas Estações

Problemas de Bilhética nas Estações:





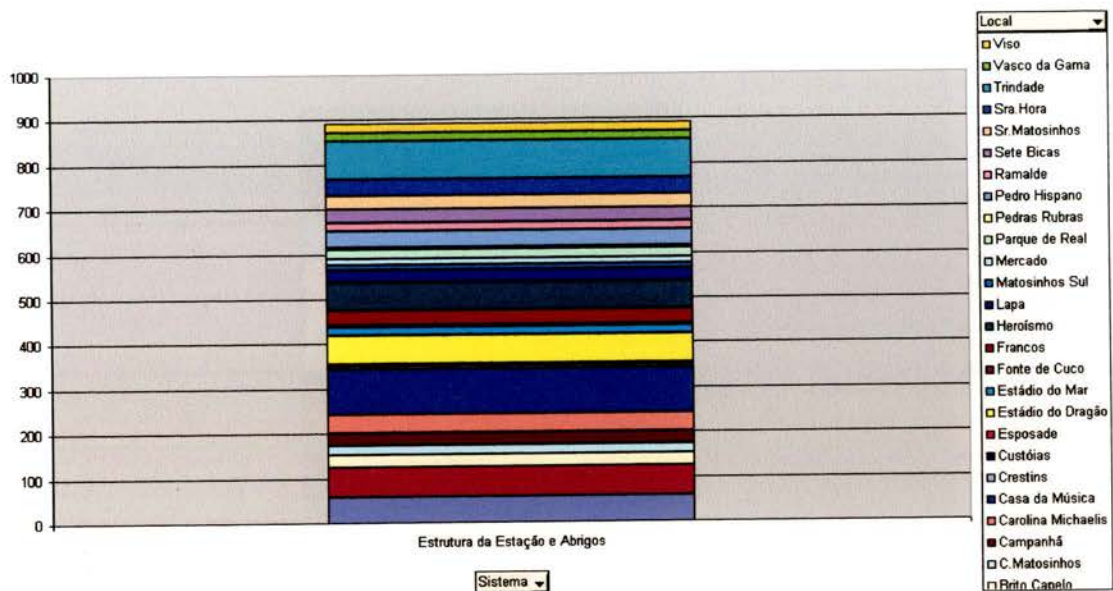
Legenda:

■	MAVB - Equipamento Danificado
■	MAVB - Fora de serviço
□	MAVB - Funcionamento Anómalo
□	MAVB - Sujidade
■	Validador - Equipamento Danificado
■	Validador - Falha de Comunicação
■	Validador - Fora de serviço
□	Validador - Funcionamento Anómalo
■	Validador - Sujidade

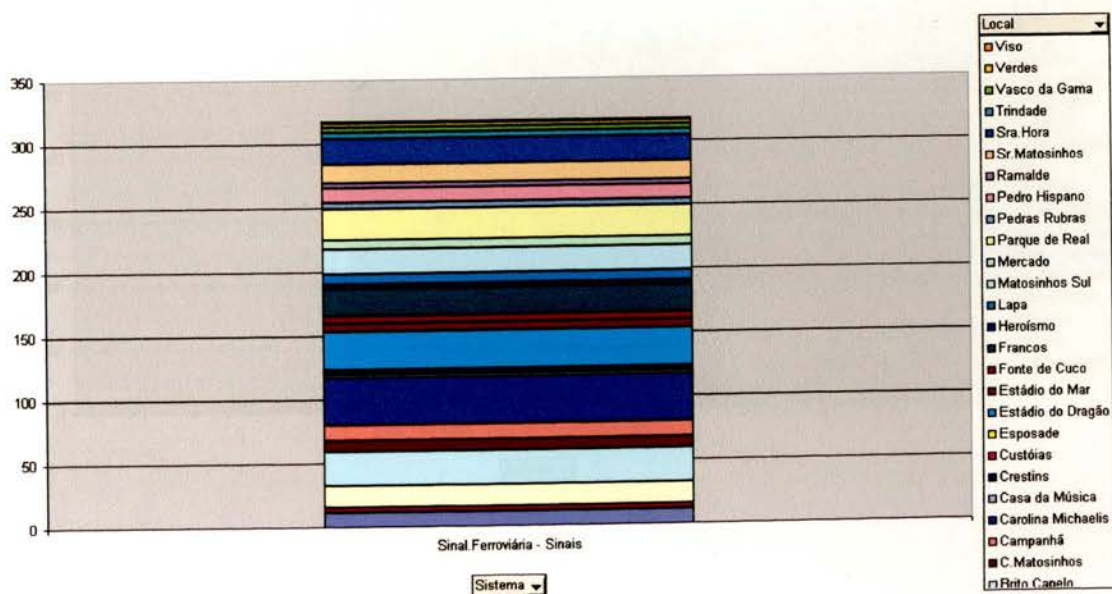
ANEXO F: Principais Problemas nas Estações

A)

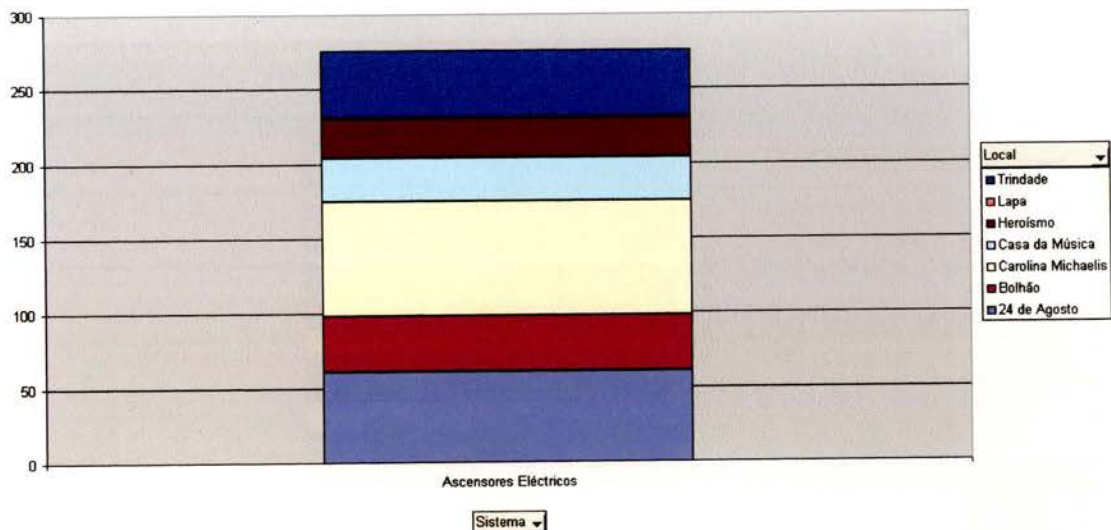
- Falha no Subsistema Estrutura da Estação e Abrigos



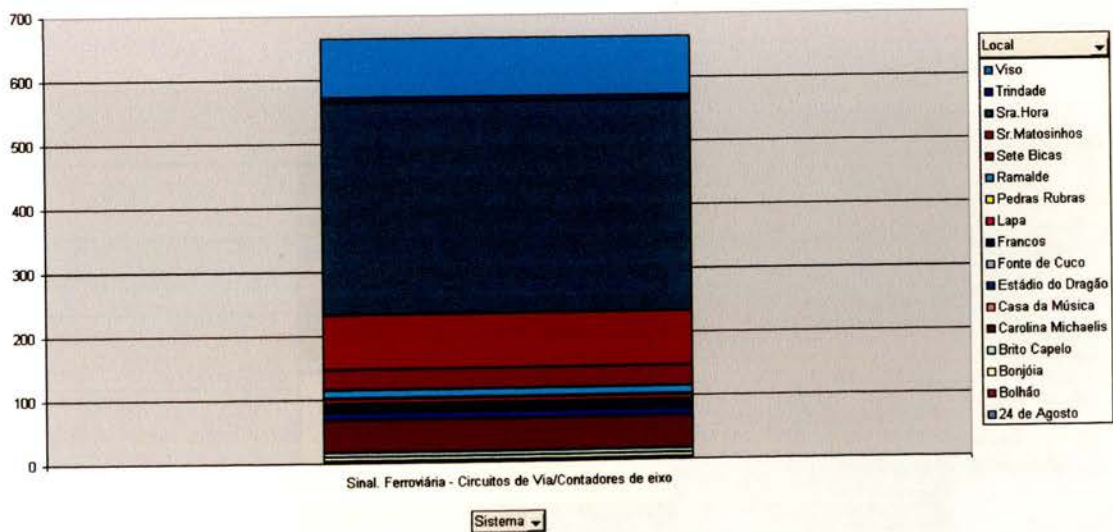
- Falha no Subsistema Sinalização Ferroviária - Sinais



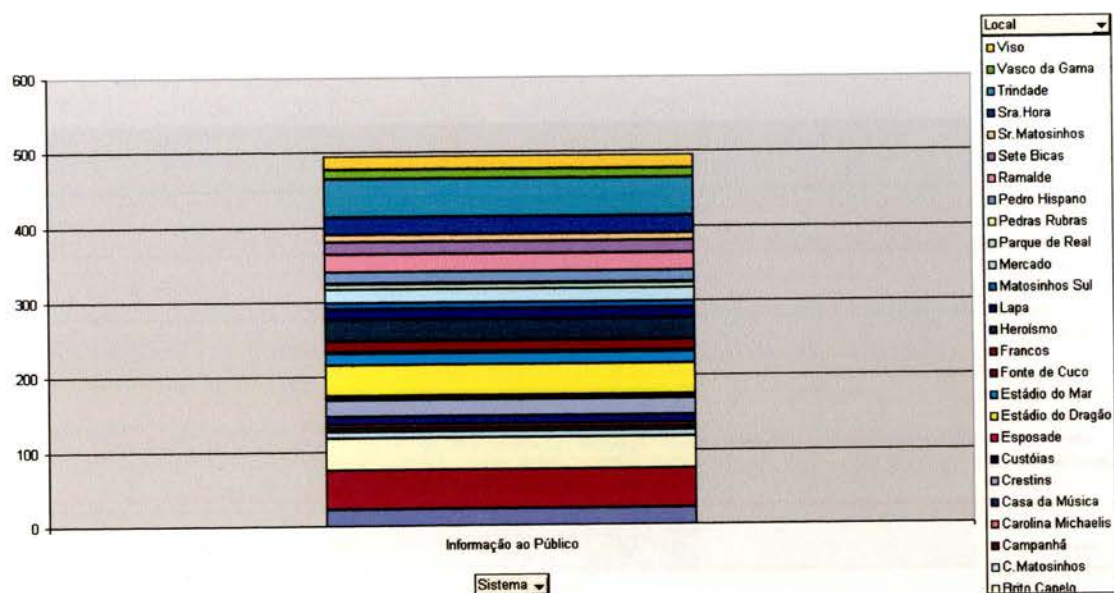
B) Falhas no Subsistema Ascensores Eléctricos



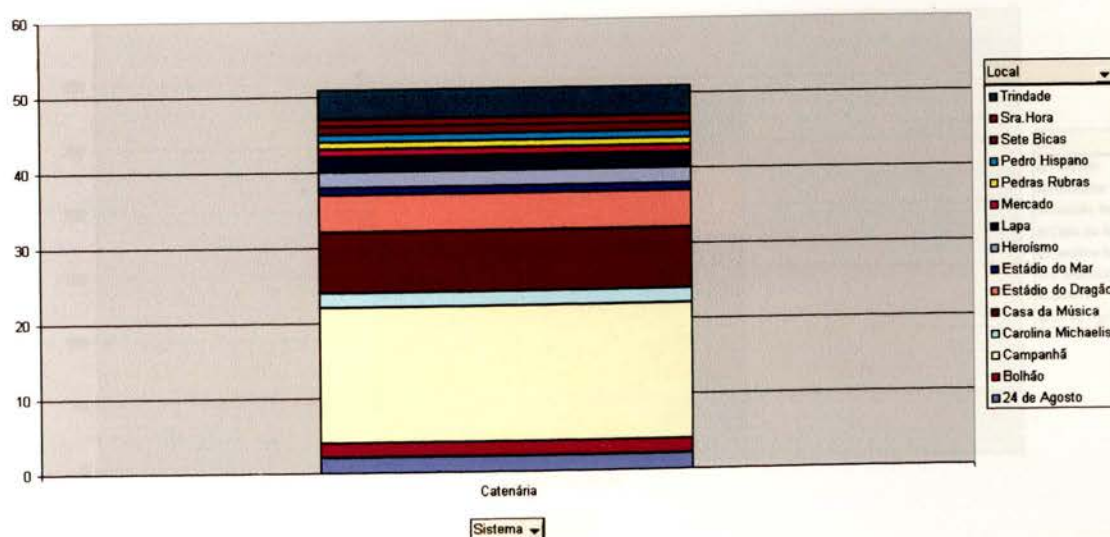
C) Falha no Subsistema Sinalização Ferroviária – Circuitos de Via/Contadores de Eixo



D) Falha no Subsistema Informação ao Público

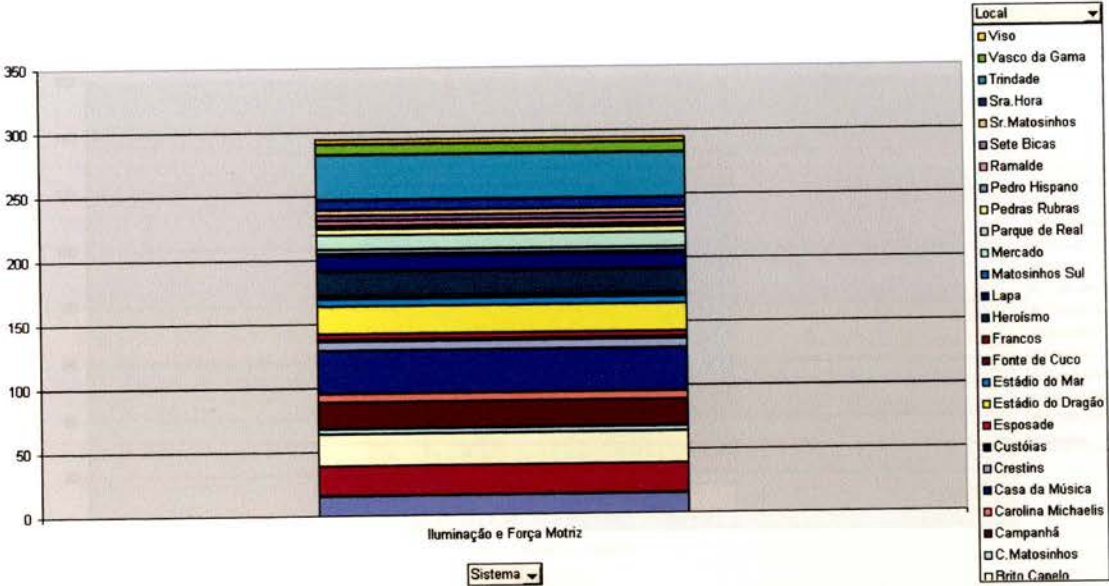


E) Falha no Subsistema Catenária

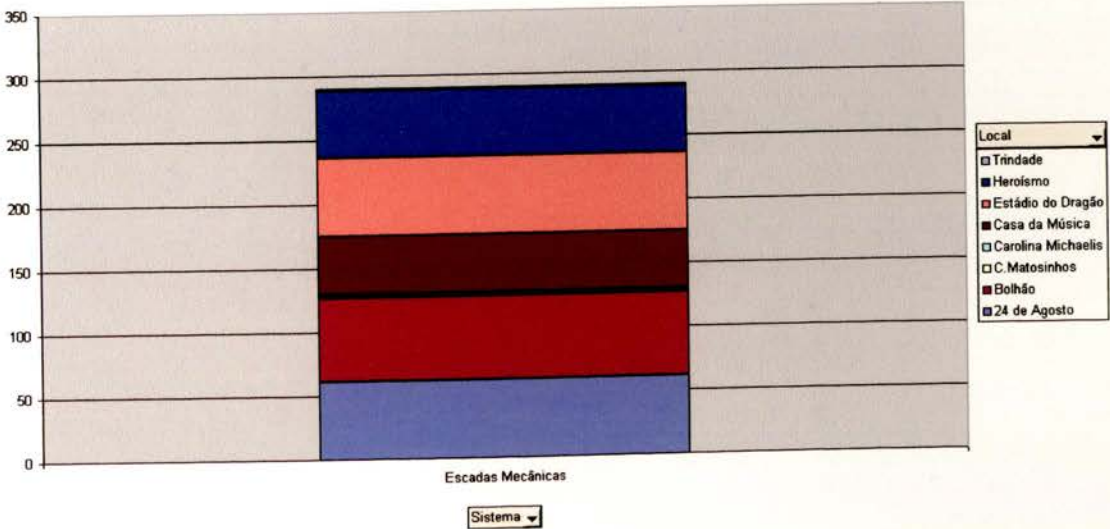


Outros Subsistemas que também apresentam frequências elevadas de avarias:

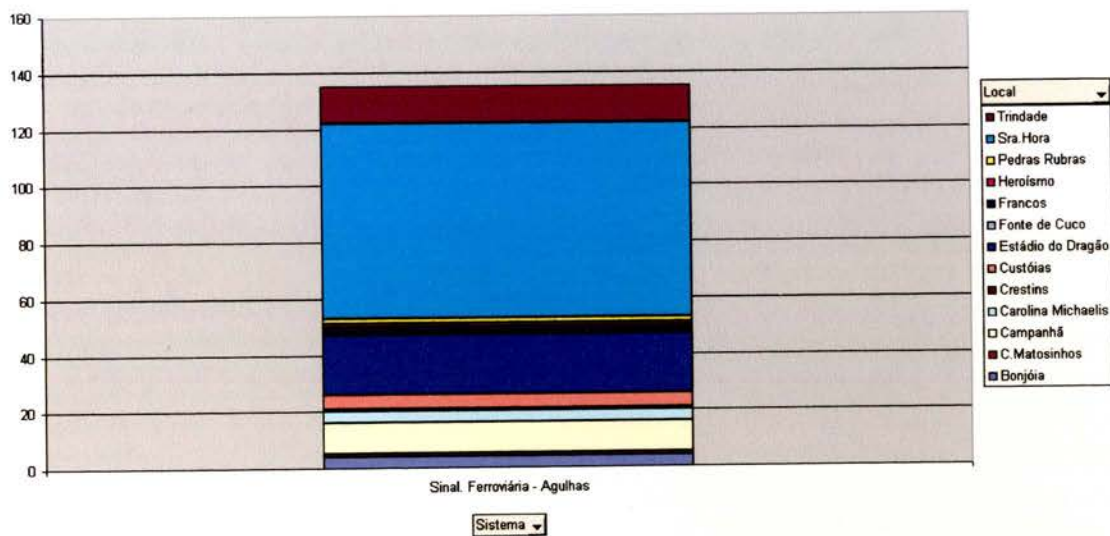
- Falha no Subsistema Iluminação e Força Motriz



- Falha no Subsistema Escadas mecânicas



- Falhas no Subsistema Sinalização ferroviária - Agulhas



Vendo referente à
possibilidades quanto
a manutenção e limpeza de
sinalização

ANEXO G: Acordo referente à
repartição de responsabilidades quanto
aos serviços de reparação e limpeza de
Actos de Vandalismo

ACORDO INTERPRETATIVO SOBRE O PONTO 7.2.2. ALÍNEA A) DO ANEXO 42-A
"CONDIÇÕES ESPECIAIS RELATIVAS À OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DO SISTEMA" AO
CONTRATO DE PROJECTO, CONSTRUÇÃO, EQUIPAMENTO E OPERAÇÃO DO SISTEMA DE
METRO LIGEIRO DA ÁREA METROPOLITANA DO PORTO E REFERENTE À REPARTIÇÃO DE
RESPONSABILIDADES QUANTO AOS SERVIÇOS DE REPARAÇÃO E LIMPEZA DE GRAFFITIS
E AOS ACTOS DE VANDALISMO

METRO DO PORTO, SA., sociedade anónima com sede na Avenida Fernão Magalhães, 1862 - 7º - Porto, com capital social de 5.000.000,00 Euros (cinco milhões de euros), matriculada na 2ª Conservatória do Registo Comercial do Porto sob o n.º 51498, titular do cartão de Pessoa Colectiva n.º 503 278 602, aqui representada pelo Senhor Professor Doutor Manuel Oliveira Marques, com poderes para o acto, adiante designada também por MP,

E

NORMETRO - Agrupamento do Metropolitano do Porto, A.C.E., com sede na Rua Actor Ferreira da Silva, nº 100, 4200- Porto, sem capital social próprio, matriculada na Conservatória do Registo Comercial do Porto sob o nº 11, pessoa colectiva nº 504 069 101, aqui representada pelo [.] com poderes para o acto, adiante designado também por NM,

Considerando que:

- (i) A MP é uma sociedade anónima de capitais exclusivamente públicos, que é concessionária do Sistema de Metro Ligeiro da Área Metropolitana do Porto, conforme estabelecido nas Bases da Concessão do Sistema de Metro Ligeiro do Porto aprovadas pelo Decreto-Lei nº 394-A/98, de 15 de Dezembro;
- (ii) A MP e o NM celebraram em 16 de Dezembro de 1998 o Contrato de Projecto, Construção, Equipamento e Operação do Sistema de Metro Ligeiro da Área Metropolitana do Porto (doravante designado o Contrato) e que tem também por objecto, entre outros, a operação e manutenção do Sistema de Metro Ligeiro da Área Metropolitana do Porto conforme definido na cláusula 1.16. do referido Contrato;
- (iii) O Anexo 42-A do Contrato regula as "Condições Especiais Relativas à Operação e Manutenção do Sistema";
- (iv) Durante a Operação do Sistema surgiram dúvidas quanto à interpretação da alínea a) da cláusula 7.2.2. do citado Anexo 42-A relativamente à repartição de responsabilidades pelos serviços de reparação e limpeza de graffitis e dos actos de vandalismo;

É livre e esclarecidamente celebrado e reciprocamente aceite o presente Acordo que visa apenas interpretar, distinguir e disciplinar a repartição de responsabilidades que decorre do Contrato quanto aos serviços de reparação e limpeza de graffitis

e dos actos de vandalismo, o qual se rege de harmonia com o clausulado seguinte:

1º
(Objecto)

1. O Ponto 7.2.2. alínea a) do Anexo 42-A do Contrato dispõe que "Graffiti e qualquer acto de vandalismo será corrigido num prazo de 24 horas a partir da altura da descoberta ou do aviso feito pelo Metro do Porto, tratando-se de casos de correcção simples, ou num prazo razoável a acordar com o Metro do Porto nos outros casos, assistindo ao Adjudicatário o direito de, após aprovação do orçamento, ser reembolsado dos respectivos custos e encargos devidamente comprovados".
2. As partes acordam em interpretar e distinguir a repartição de responsabilidades que decorre do Ponto identificado no número anterior quanto aos serviços de reparação e limpeza de graffitis e dos actos de vandalismo em "actos de correcção simples" e "outros casos".
2. Os "actos de correcção simples" encontram-se adiante regulados no artigo 2º, constituindo responsabilidade da NM suportar os custos decorrentes dos mesmos.
3. Os "outros casos" encontram-se adiante regulados no artigo 3º, constituindo responsabilidade da MP suportar os custos decorrentes dos mesmos.
4. Na ausência ou inaplicabilidade de outro ou outros critérios para determinar se os graffitis e actos de vandalismo constituem "actos de correcção simples" ou "outros casos", a sua qualificação dependerá sempre de acordo entre a MP e a NM.
5. Não constituem actos de vandalismo e graffitis para efeitos de aplicação do presente Acordo interpretativo os danos que resultem da utilização inapropriada dos equipamentos.

2º
(Actos de correcção simples)

1. Consideram-se actos de correcção simples os actos de terceiros que não implicam a substituição ou a reparação de componentes.
2. São, nomeadamente, actos de correcção simples sobre o Material Circulante:
 - a) Limpeza de graffitis nos vidros, painéis, portas e tecto no interior dos veículos;
 - b) Limpeza de graffitis nos vidros, painéis e portas no exterior dos veículos;

- c) Limpeza de derrames, por exemplo, água de peixe, óleo e outros produtos similares;
- d) Limpeza de vômito, de sangue, de fezes e de urina;
- e) Polimento de painéis ou tectos riscados no interior dos veículos;
- f) Polimento de painéis riscados no exterior dos veículos;
- g) Actos praticados sobre o Material Circulante quando este se encontre parqueado em instalações que se encontram sob a guarda da NM, em conformidade com o ponto 5 do Anexo 51.1. introduzido pelo 7º aditamento ao Contrato.

3. Consideram-se actos de correcção simples sobre as Instalações Fixas, nomeadamente, os seguintes actos:

- a) Limpeza de derrames, por exemplo, água de peixe, óleo e outros produtos similares;
- b) Limpeza de vômitos, de sangue, de fezes e de urina.

3º

("Outros Casos")

1. Consideram-se "outros casos"—todos os actos intencionais de terceiros cuja correcção implica a substituição ou a reparação de componentes.

2. Sem prejuízo do disposto no número anterior e de os custos de limpeza e de reparação dos "outros casos" elencados nos números seguintes deste artº serem da responsabilidade da MP, incumbe sempre à NM, ao abrigo dos deveres de zelo, cuidado e diligência e tendo em consideração as obrigações que assumiu com a celebração do Contrato, a adopção de todas as medidas adequadas, necessárias e úteis com vista a acautelar, a precaver, a evitar, impedir ou afastar a ocorrência de graffiti e demais actos de vandalismo e, bem assim, a permitir a identificação e responsabilização dos seus agentes e perpetradores.

3. Constituem "outros casos" sobre o Material Circulante, nomeadamente, os seguintes:

- a) Substituição integral ou a reparação de vidros através, por exemplo, de polimento de riscos ou de reparação de fissuras - tipo Carglass;
- b) Aplicação ou substituição de películas anti-vandalismo nos vidros ou nos painéis;
- c) Substituição integral ou reparação de painéis, incluindo a pintura, de portinholas, de pavimento e do tecto;
- d) Substituição ou reparação de portas, incluindo a pintura;
- e) Substituição ou reparação de bancos e/ou de componentes (plastrons, coquilhas, etc.)
- f) Substituição ou reparação dos foles das articulações,
- g) Substituição ou reparação de balaústres e de pegas;

- h) Substituição ou reparação do limpa pára-brisas e/ou dos seus componentes (haste, mangueira, tampa do reservatório, etc.);
 - i) Substituição ou reparação de danos nos equipamentos interiores da cabina de condução na sequência de entrada forçada na mesma por parte dos vândalos;
 - f) Reposição ou substituição de decoração, de publicidade ou de informação comercial e/ou técnica;
 - g) Reposição ou substituição de vários equipamentos que integram o Material Circulante provocadas pelos danos causados, intencionalmente ou não, por veículos conduzidos por terceiros.
4. Constituem "outros casos" sobre as Instalações Fixas, nomeadamente, os seguintes:
- a) Limpeza de graffitis;
 - b) Substituição ou reparação de todos os equipamentos danificados por acto de vandalismo, designadamente a semaforização, passagens de níveis, validadores, máquinas de vendas de bilhetes, etc.;
 - c) Substituição ou reparação de todos os equipamentos furtados;
 - d) Reparação dos danos nas estruturas e equipamentos das Instalações Fixas (muros, rede de vedação, relvados e pavimentos), com excepção dos danos que resultem de entidades subcontratadas pela MP e de que a NM tenha ou deva ter conhecimento;
 - e) Substituição ou recarga dos extintores de incêndio;
 - f) Reposição ou substituição de equipamentos ou infra-estruturas cujos danos tenham sido causados, intencionalmente ou não, por veículos conduzidos por terceiros.
5. No que se reporta aos "outros casos" definidos na alínea g) do número 4 e na alínea f) do número 5 do presente artigo, compete ao NM adoptar todas as medidas necessárias e adequadas à identificação dos terceiros perpetradores e, bem assim, ao ressarcimento dos danos provocados, exigindo dos terceiros o respectivo cumprimento através, designadamente, do accionamento das respectivas apólices de seguro
6. Nos "outros casos" referidos no número anterior, incumbe ao NM, nomeadamente, a elaboração de um auto de ocorrência que será remetido à MP para que esta possa, caso entenda conveniente, acompanhar o processo extra-judicial e judicial de ressarcimento dos danos.
7. Sem prejuízo do disposto nos números 6 e 7, a MP assumirá os custos dos danos provocados por terceiros nos termos da alínea g) do número 4 e da alínea f) do número 5, quando estes não sejam aceites pelo terceiro responsável, após ter sido intimado num prazo razoável para o fazer, ou quando não se consiga proceder à identificação do terceiro responsável. Se os prejuízos forem apenas parcialmente suportados pelo

terceiro responsável, a MP suportará os encargos com a parte restante dos prejuízos sofridos.

4º

(Regras gerais dos procedimentos de limpeza e reparação)

1. Sem prejuízo do disposto nos artigos seguintes, a descrição dos graffitis e actos de vandalismo e dos actos limpeza e reparação efectuados, quer se tratem de "actos de correcção simples", quer de "outros casos", constará de uma informação mensal (ITC) elaborada pela NM, identificando os ocorridos sobre o Material Circulante e os perpetrados sobre as instalações Fixas.
2. Trimestralmente a NM elaborará um Dossier de Vandalismo com a descrição dos graffitis e actos de vandalismo e da limpeza e reparação efectuadas, discriminando os custos de reparação, que, nos casos da responsabilidade da MP, serão documentados com cópias das respectivas facturas de suporte ou com a referência aos preços BAFO para as peças de reserva listadas no Anexo 38 ao Contrato e respectiva fórmula de revisão de preços do Anexo 26-E ao mesmo Contrato, identificando os ocorridos sobre o Material Circulante e os perpetrados sobre as Instalações Fixas.
3. Todos casos de vandalismo darão origem a uma Ordem de Trabalho, com a classificação Vandalismo, no sistema informático de gestão de manutenção Winmac, que permita a gestão e o acompanhamento dos mesmos por parte da MP mediante a consulta a este sistema.
4. Com vista ao cumprimento dos procedimentos descritos nos artigos seguintes, a NM e a MP designarão, cada uma, um interlocutor de 1º nível e um interlocutor de nível superior.
5. Na falta de estipulação especial, aos interlocutores de nível superior cabe, na ausência de acordo entre os interlocutores de 1º nível quanto aos actos de limpeza e reparação dos "outros casos" a realizar ou realizados pela NM, nomeadamente quanto ao seu valor, resolver o diferendo.

5º

(Limpeza e reparação dos "actos de correcção simples")

1. A limpeza e reparação dos "actos de correcção simples", quer sobre as Instalações Fixas, quer sobre o Material Circulante, será executada no prazo de 24 horas após a ocorrência do acto e/ou do momento em que a NM dele tenha conhecimento.
2. A limpeza e reparação referidas no número anterior não carecem de autorização prévia da MP.

6º

(Limpeza e reparação dos "outros casos")

1. A limpeza e reparação dos "outros casos" sobre o Material Circulante, referidos no número 4 do artigo 3º, obedecerá ao seguinte procedimento:

- a) a autenticidade do graffiti ou acto de vandalismo será previamente validada pela NM com a equipa de fiscalização da MP para o Material Circulante, mediante uma vistoria conjunta ao veículo;
- b) após a conclusão da vistoria referida no número anterior, será de imediato preenchido e assinado um formulário, pelas partes envolvidas na fiscalização, autorizando a reparação;
- c) a NM procederá à limpeza e reparação dentro do prazo acordado com a fiscalização da MP e indicado no formulário referido na alínea anterior;
- d) terminada a reparação, o processo considera-se concluído, ficando ambas as partes na posse de um dossier composto pelo impresso acima referido, pela ordem de trabalho e, sempre que necessário, por fotografias da ocorrência.

2. A limpeza e reparação dos "outros casos" sobre as Instalações Fixas, referidos no número 5 do artigo 3º, obedecerá aos seguintes procedimentos, conforme os casos:

2.1. Graffitis e actos de vandalismo habituais com custo de reparação iguais ou inferiores a € 500,00 (quinhentos euros):

- a) a NM executará a sua resolução e/ou reparação no prazo máximo de 48 horas após a ocorrência do acto e/ou do momento em que a NM dele tenha conhecimento;
- b) estes casos não carecem de autorização prévia por parte da MP.

2.2. Graffitis e actos de vandalismo não habituais que não ponham em causa a Segurança de Pessoas ou Bens:

- a) no prazo máximo de 24 horas após a ocorrência do acto e/ou do momento em que a NM dele tenha conhecimento, a NM através do seu interlocutor de 1º nível, solicitará por correio electrónico à MP, através do seu interlocutor de 1º nível, autorização para intervir, enviando fotografias e o respectivo orçamento;
- b) a NM executará a sua resolução e/ou reparação no prazo de uma semana após a recepção, também por correio electrónico, da respectiva autorização por parte da MP.

2.3. Graffitis e actos de vandalismo que ponham em causa a segurança de pessoas ou bens:

- a) imediatamente após a ocorrência do acto e/ou do momento em que a NM dele tenha conhecimento, a NM

através do seu interlocutor de 1º nível, contactará por telefone a MP, através do seu interlocutor de 1º nível, expondo-lhe a situação;

- b) seguidamente ao contacto referido na alínea anterior, a NM através do seu interlocutor de 1º nível, solicitará por correio electrónico à MP, através do seu interlocutor de 1º nível, autorização imediata para intervir;
- c) a NM executará a sua resolução e/ou reparação no mais curto período de tempo que lhe for possível e sempre no prazo máximo de 24 horas após a recepção, também por correio electrónico, da respectiva autorização por parte da MP.

2.4. Graffitis e actos de vandalismo que perturbem a exploração comercial:

- a) a NM executará a sua resolução e/ou reparação no mais curto período de tempo que lhe for possível e sempre no prazo máximo de 24 horas após a ocorrência do acto e/ou do momento em que a NM dele tenha conhecimento;
- b) estes casos não carecem de autorização prévia por parte da MP;
- c) sem prejuízo do disposto nas alíneas anteriores, no dia útil seguinte ao da ocorrência do acto e/ou do momento em que a NM dele tenha conhecimento, a NM através do seu interlocutor de 1º nível, enviará por correio electrónico à MP, através do seu interlocutor de 1º nível, uma descrição detalhada da ocorrência, a qual será acompanhada do respectivo orçamento;
- d) a resposta da MP será dada num prazo nunca inferior a um dia útil;
- e) no caso de a resposta da MP poder por em causa a intervenção da NM ou os custos suportados, o interlocutor de nível superior da NM contactará o interlocutor de nível superior da MP com vista ao esclarecimento do caso e à obtenção de acordo quanto aos custos.

7º

(Entrada em vigor)

O presente Acordo interpretativo entra em vigor na data da sua assinatura pelas partes e os seus efeitos abrangem a totalidade da operação e manutenção do Sistema de Metro Ligeiro da Área Metropolitana do Porto.

Assinado no Porto, no dia -- de xxxx de 2005, este acordo interpretativo é feito livremente e de boa fé, em dois exemplares, de igual valor, ficando um na posse da MP e outro na posse da NM, devidamente rubricados e assinados pelas Partes, que assim manifestam a sua inteira concordância com o seu conteúdo.

ANEXO H: Modos de Falha dos Subsistemas

Modo de Falha

Catena - Falha

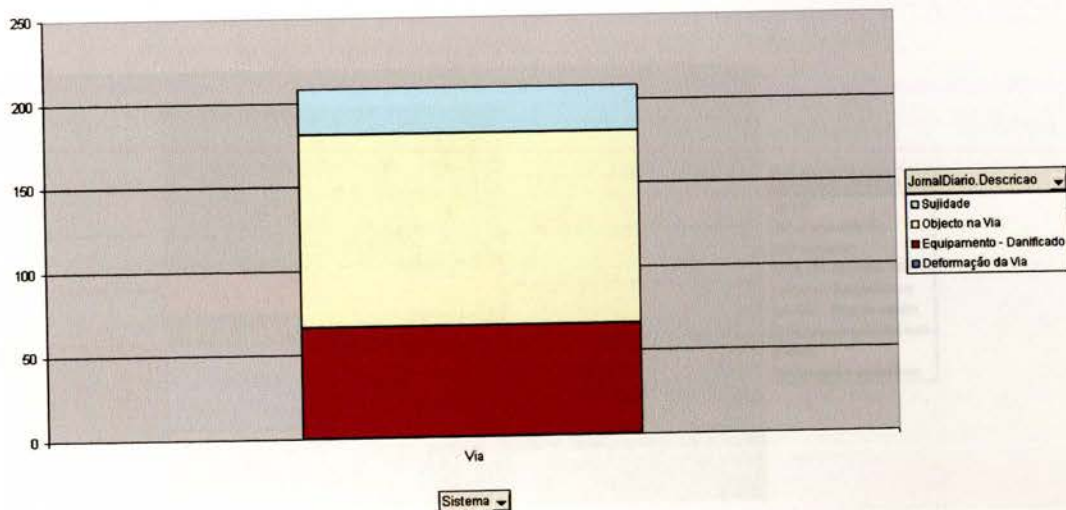
Interferência com Fio de Contacto

Luz - Presença de Tensão

Portes - Catena

Via:

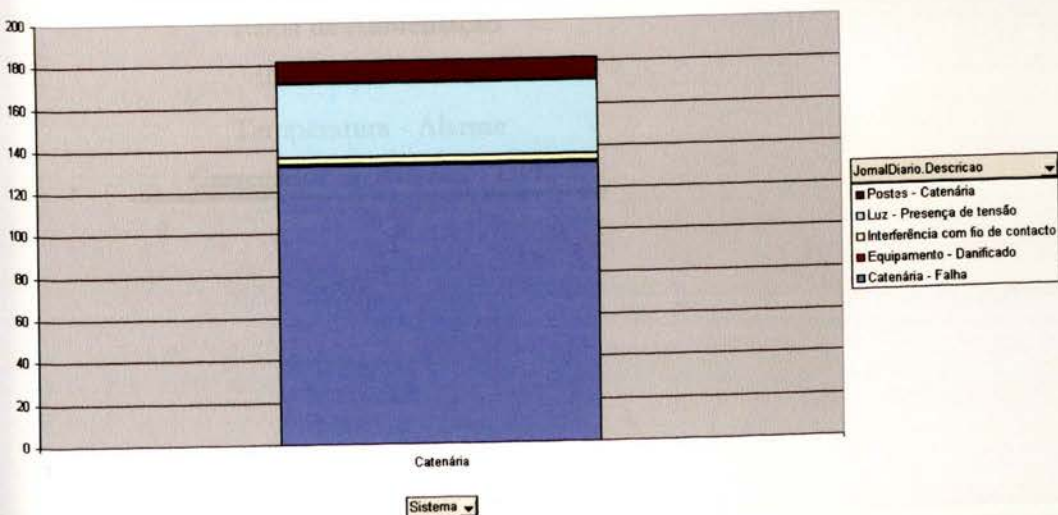
Modo de Avaria	
Equipamento danificado (AMV)	Prisão Mecânica
	Deformações
	Cotas de protecção
	Solto
Objectos na via	Desgaste das lanças
	Dimensões consideráveis
	Dimensões não consideráveis
Deformação da Via	Dilatação/Contração do carril
	Carris partidos
	Pregações soltas



Catenária:

Modo de Avaria

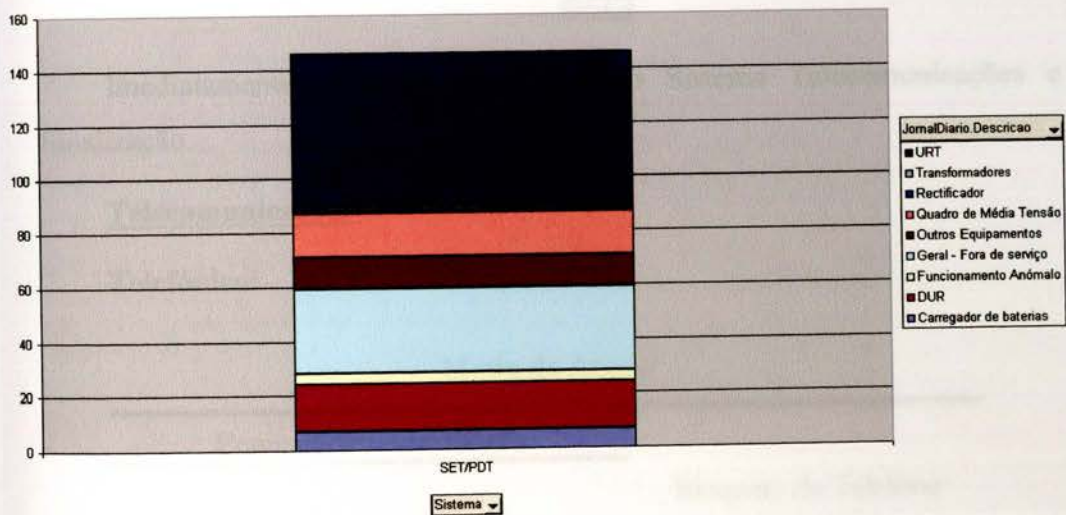
Catenária - Falha
 Interferência com Fio de Contacto
 Luz - Presença de Tensão
 Postes - Catenária



Subestação:

Modo de Avaria

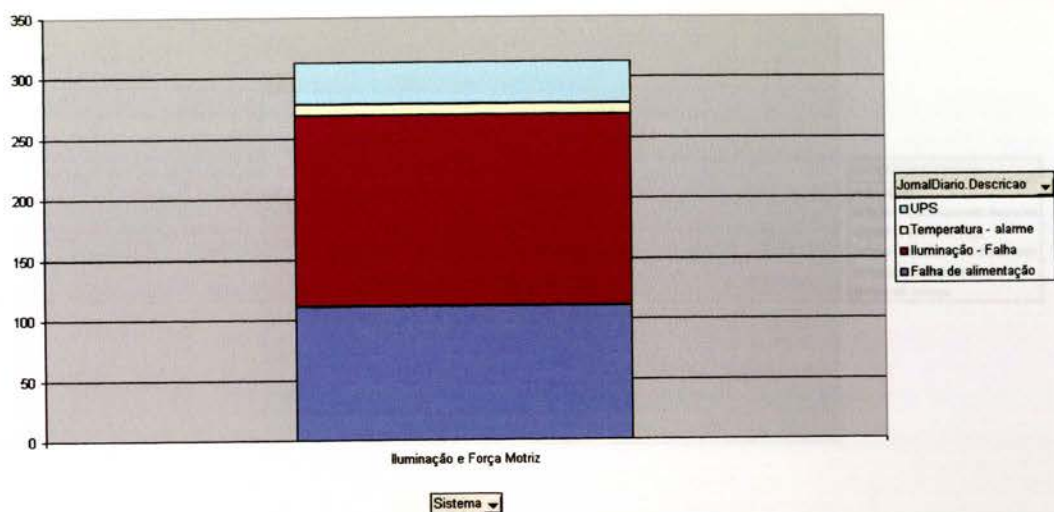
- Falha de Alimentação
- Disparo DUR
- Geral - Fora de Serviço
- Outros Equipamentos
- Quadro de Média Tensão
- Rectificador
- Transformadores
- Carregadores de baterias
- URT



Iluminação e Força Motriz:

Modo de Avaria

- Falha de Alimentação
- Iluminação - Falha
- Temperatura - Alarme
- Carregador de Baterias - UPS



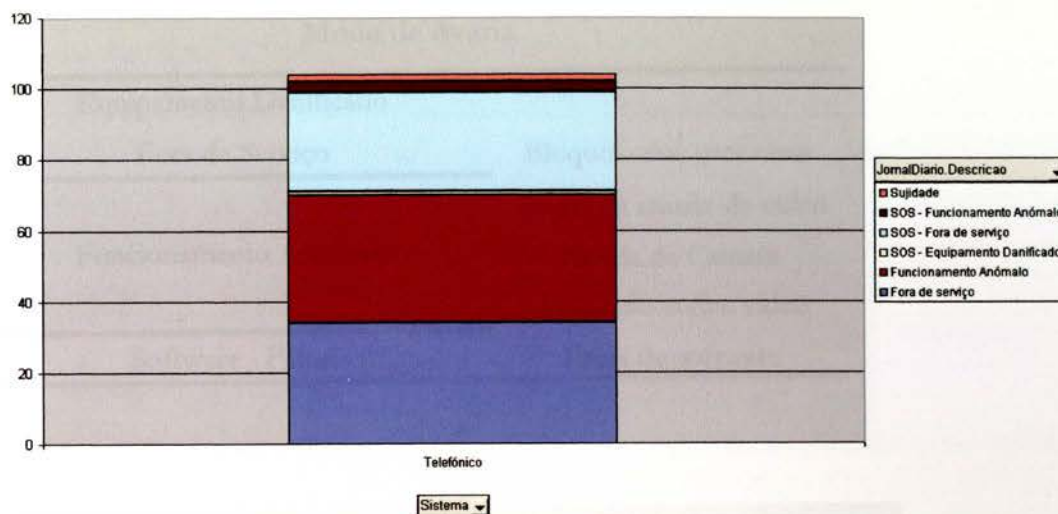
Imediatamente a seguir, encontra-se o Sistema Telecomunicações e Sistema de Sinalização.

Telecomunicações

Telefónico:

Modo de Avaria

Equipamento Danificado	
	Bloqueio do Telefone
Fora de Serviço	Falha de sincronismo
Funcionamento Anómalo	
Sistema de Gravação - Anomalia	
SOS - Equipamento Danificado	
	Bloqueio do Telefone
SOS - Fora de Serviço	Falha de sincronismo
SOS - Funcionamento Anómalo	Maus contactos



Informação ao Público:

Modo de Avaria

Equipamento Danificado

Fora de Serviço

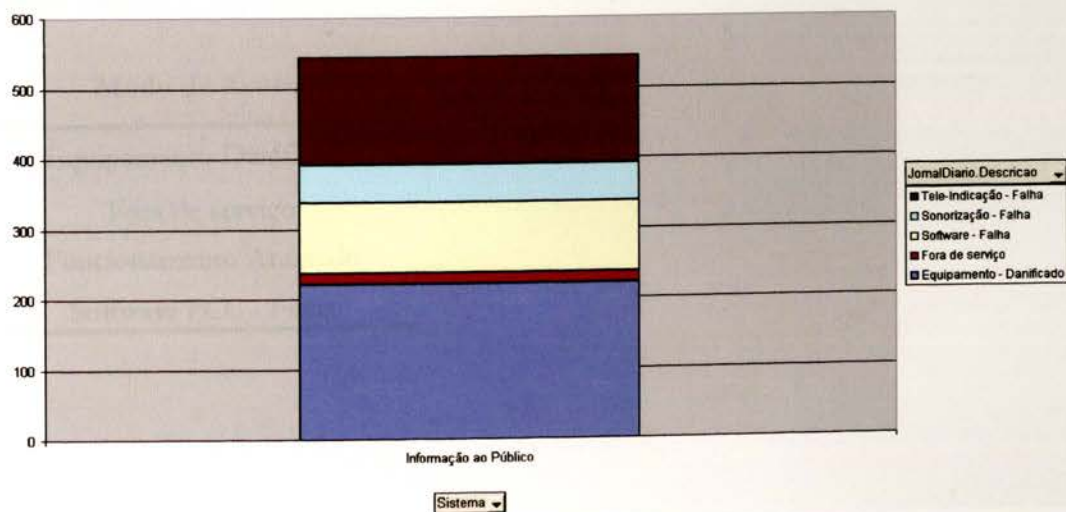
Software - Falha.

Sonorização - Falha

Tele-Indicação - Falha

Bloqueio dos processos

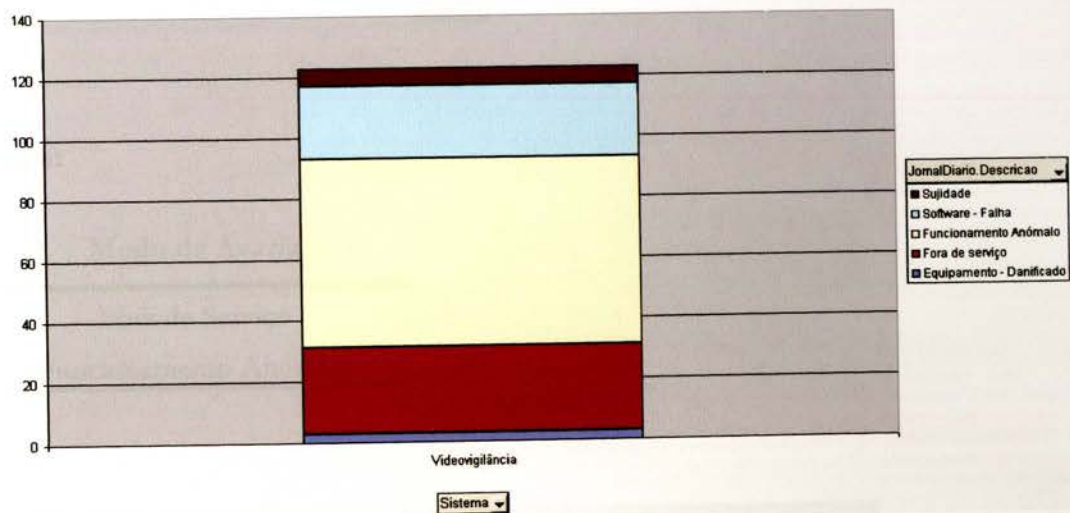
Paineis desligados



Videovigilância:

Modo de Avaria

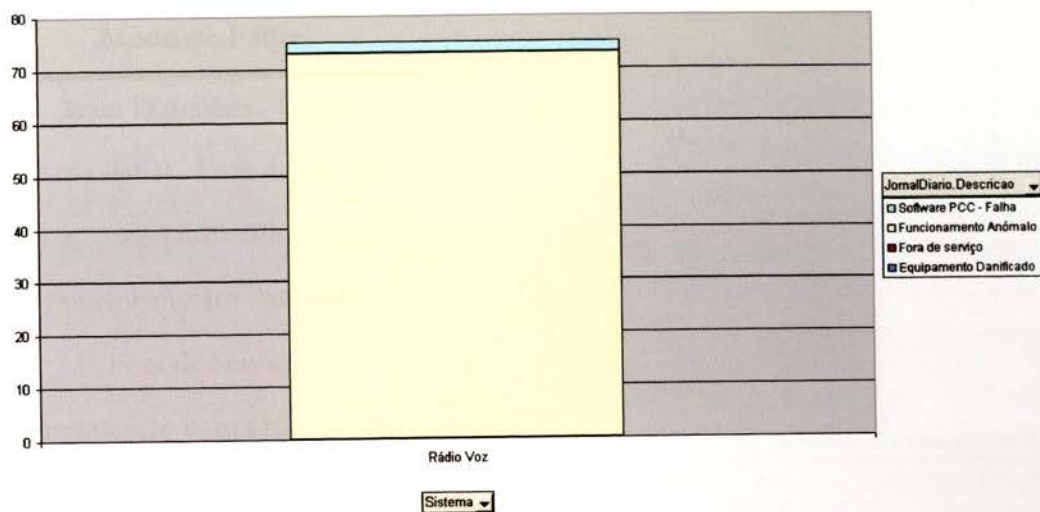
Equipamento Danificado	
Fora de Serviço	Bloqueio dos processos
	Avaria na matriz de video
Funcionamento Anómalo	Avaria da Camara
	Avaria do codec video
Software - Falha.	Falha de software



Rádio Voz:

Modo de Avaria

Equipamento Danificado
Fora de serviço
Funcionamento Anómalo
Software PCC - Falha



Scada:

Modo de Avaria

Fora de Serviço

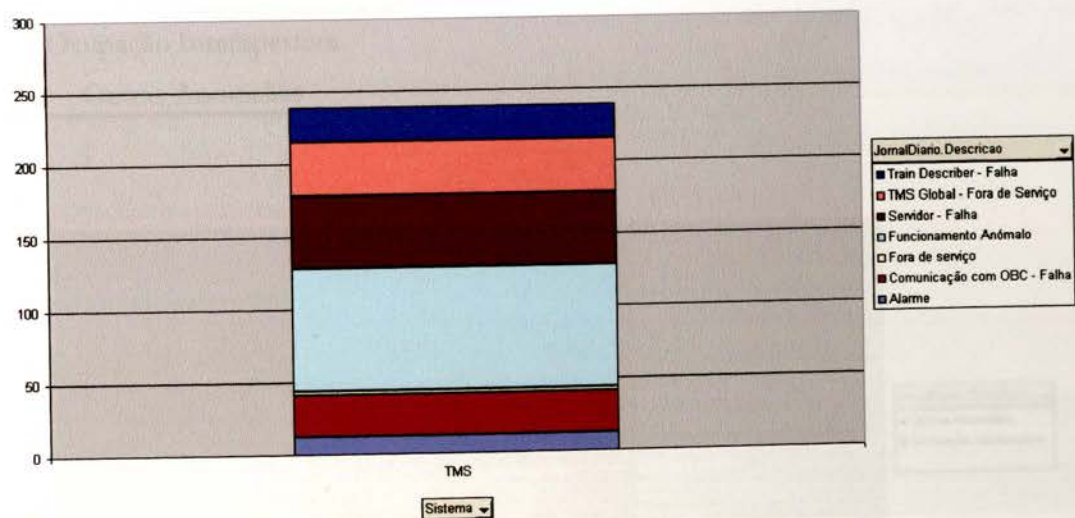
Funcionamento Anómalo



TMS:

Modo de Falha

- Train Describer - Falha
- TMS Global - Fora de serviço
- Servidor - falha
- Funcionamento Anômalo
- Fora de Serviço
- Comunicação com OBC - Falha
- Alarme



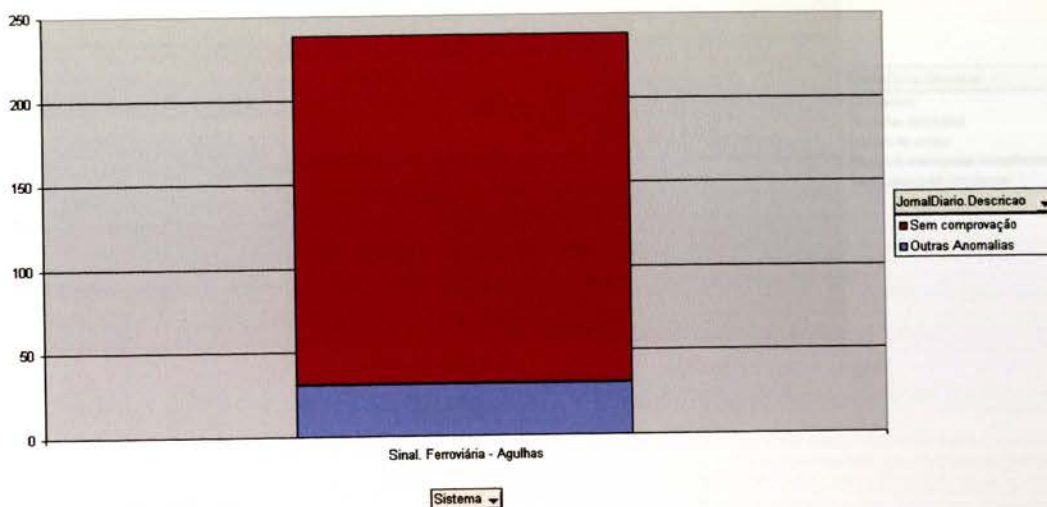
Sistema de Sinalização

Sinalização Ferroviária:

Agulhas:

Modo de Avaria

- Sem Comprovação
- Outras Anomalias

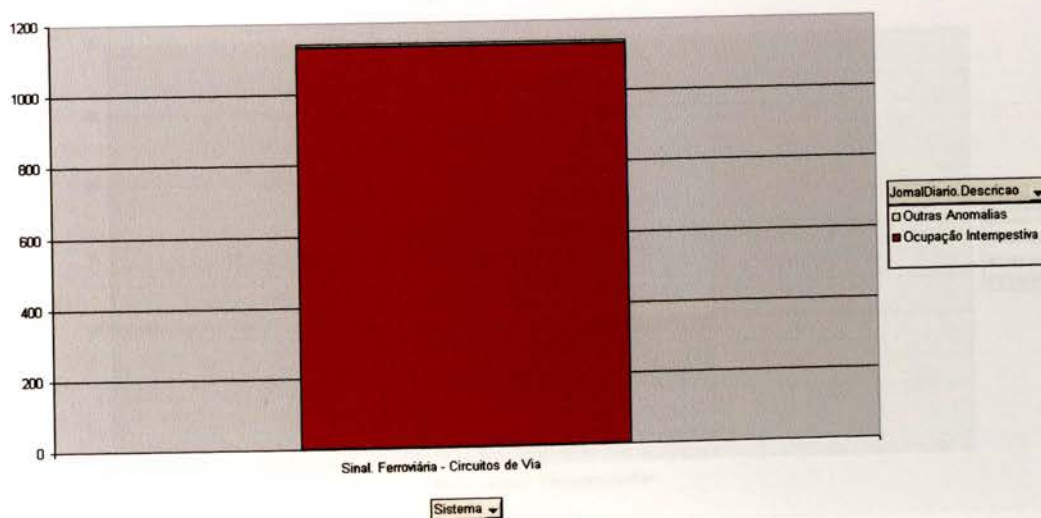


Contadores de Eixo e Circuitos de via/contadores de eixo:

Modo de Avaria

Ocupação Intempestiva

Outras Anomalias



Sinais:

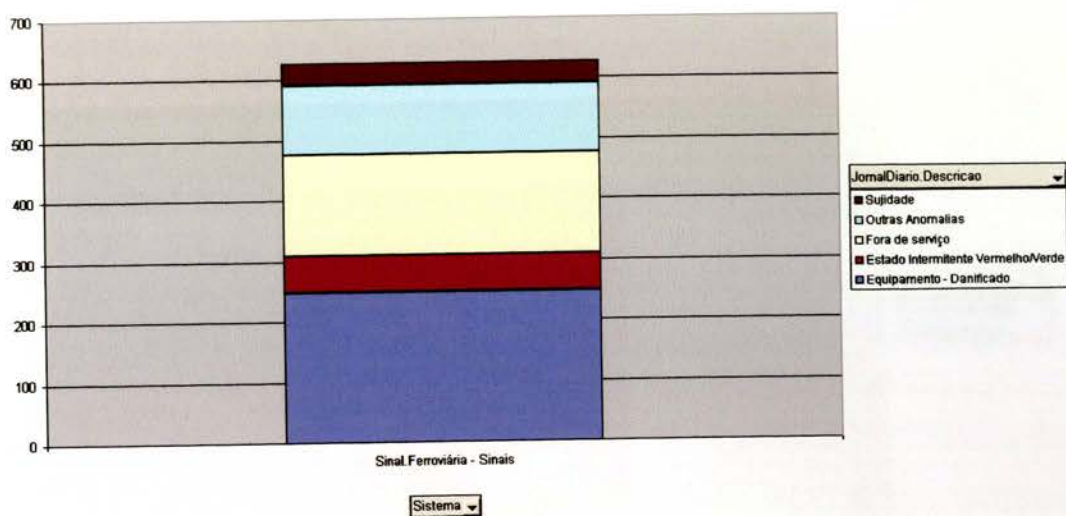
Modo de Avaria

Equipamento Danificado

Estado Intermitente Vermelho/Verde

Fora de Serviço

Outras Anomalias



Passagens de Nível:

Modo de Avaria

Barreira não abre
 Equipamento Danificado
 Fora de Serviço
 Outras Anomalias



ATP:

Modo de Avaria

Erro de Baliza
 Outras Anomalias



Sinalização Rodoviária:

Modo de Avaria

Equipamento Danificado

Fora de Serviço

Deteção Veículo - Anomalia

Outras Anomalias



Num terceiro e último nível encontram-se os sistemas de Bilhética, bombagem, Ventilação, detecção e combate a incêndio

Bilhética:

MAVB - Equipamento Danificado

MAVB - Falha Comunicação

MAVB - Fora de Serviço

MAVB - Funcionamento Anómalo

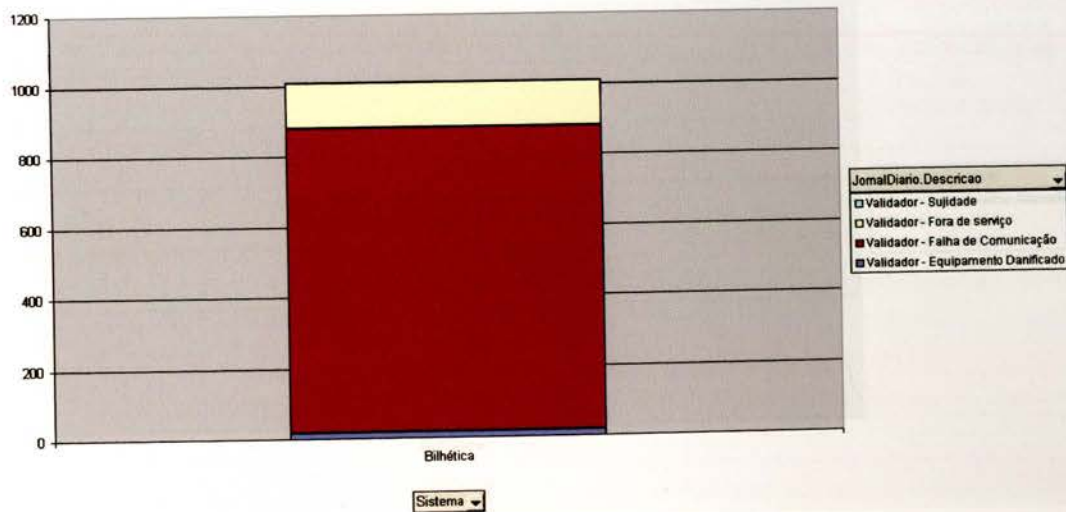
MAVB - Sujidade

Validador - Equipamento Danificado

Validador - Falha de Comunicação

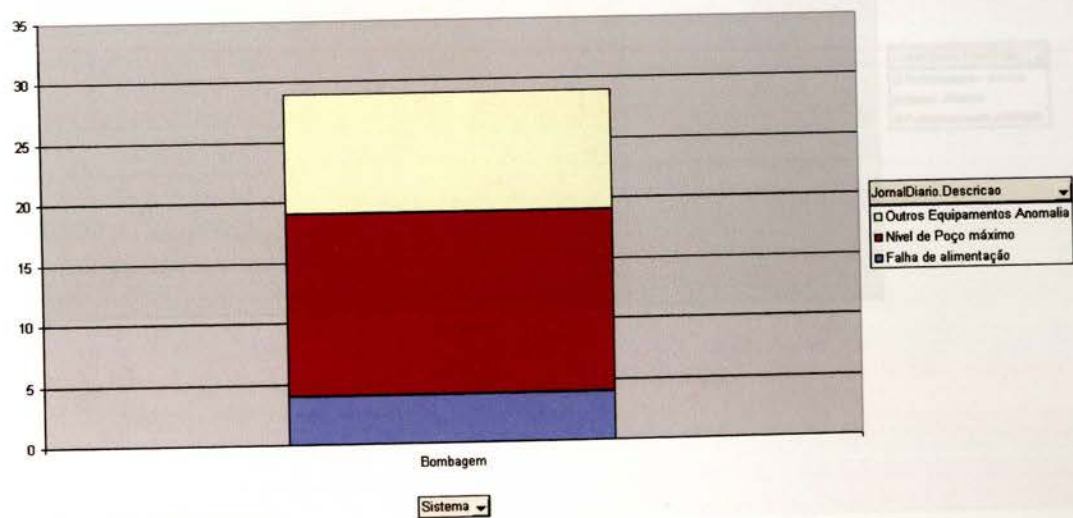
Validador - Fora de Serviço

Validador - Sujidade



Bombagem:

Modo de Avaria	
Falha de Alimentação	Tuneis
	Subestações
	Estações Enterradas
	Subestações
Nível Poço Máximo	Tuneis
	Estações Enterradas
Outros Equipamentos - Anomalia	



Ventilação

- Desenfumagem

Modo de Avaria	
Funcionamento Anómalo	
Geral - Alarme	Caso de incêndio
	Sem incêndio
Temperatura - Alarme	

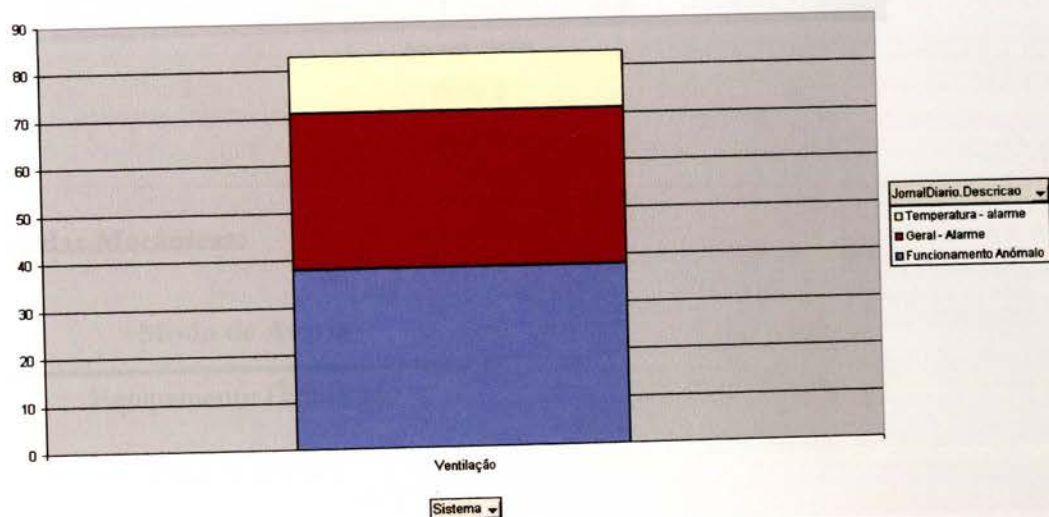
- Set/Pdt
- Estações de superfície

Modo de Avaria

Funcionamento Anómalo

Geral - Alarme

Temperatura - Alarme



Ascensores Eléctricos:

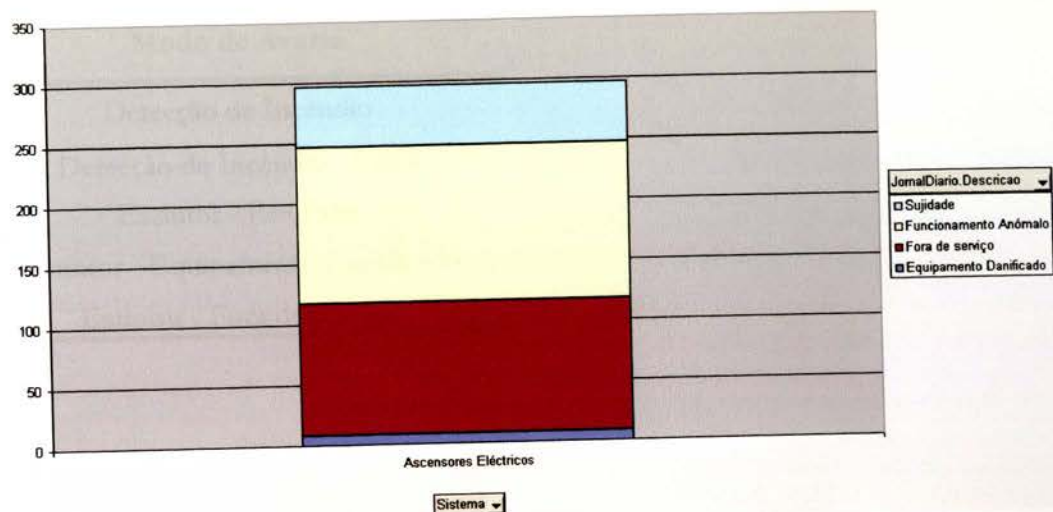
Modo de Avaria

Equipamento Danificado

Fora de Serviço

Funcionamento Anómalo

Sujidade



Escadas Mecânicas:

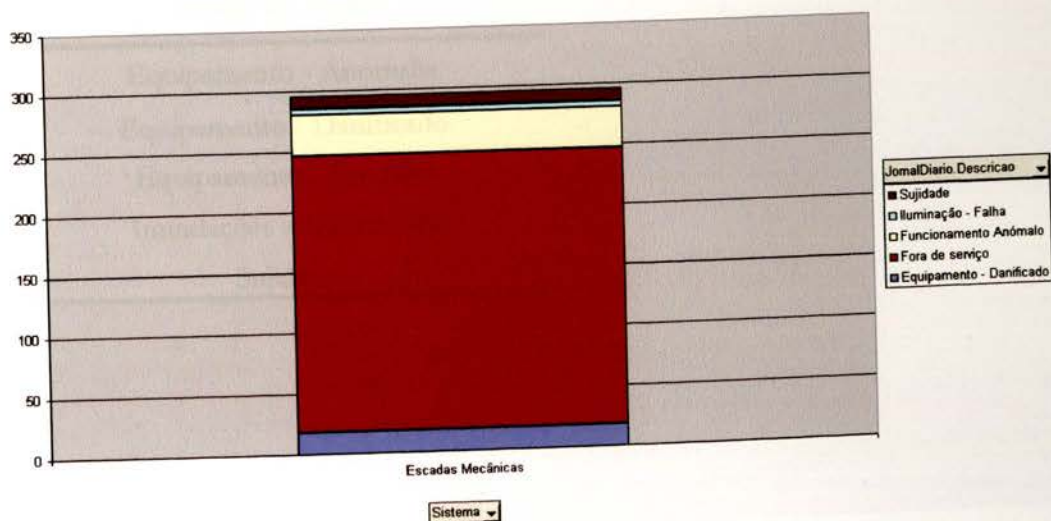
Modo de Avaria

Equipamento Danificado

Fora de Serviço

Funcionamento Anómalo

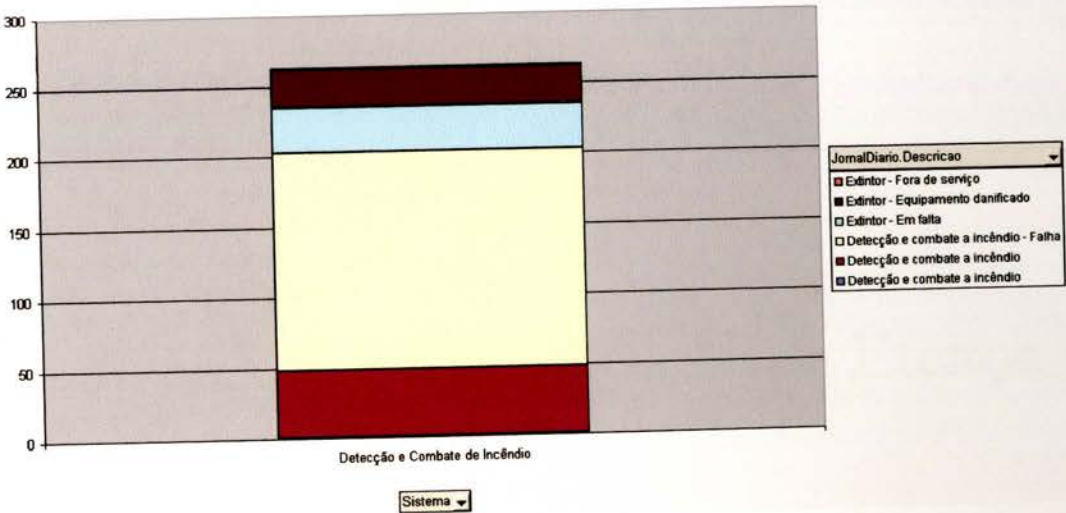
Sujidade



Detecção e Combate a Incêndio:

Modo de Avaria

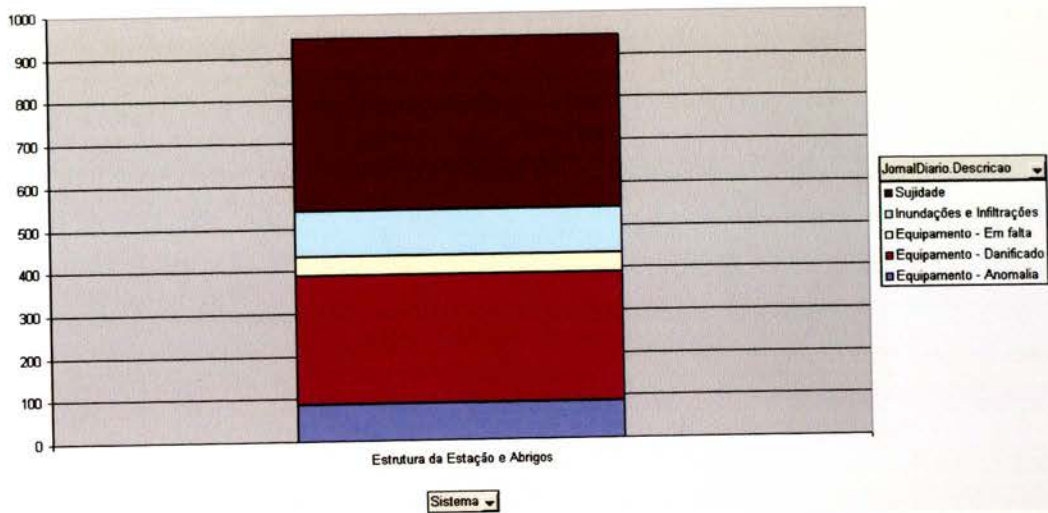
Detecção de Incêndio
Detecção de Incêndio - Falha
Extintor - Em Falta
Extintor - Equipamento Danificado
Extintor - Fora de Serviço



Estrutura da estação e Abrigos:

Modo de Avaria

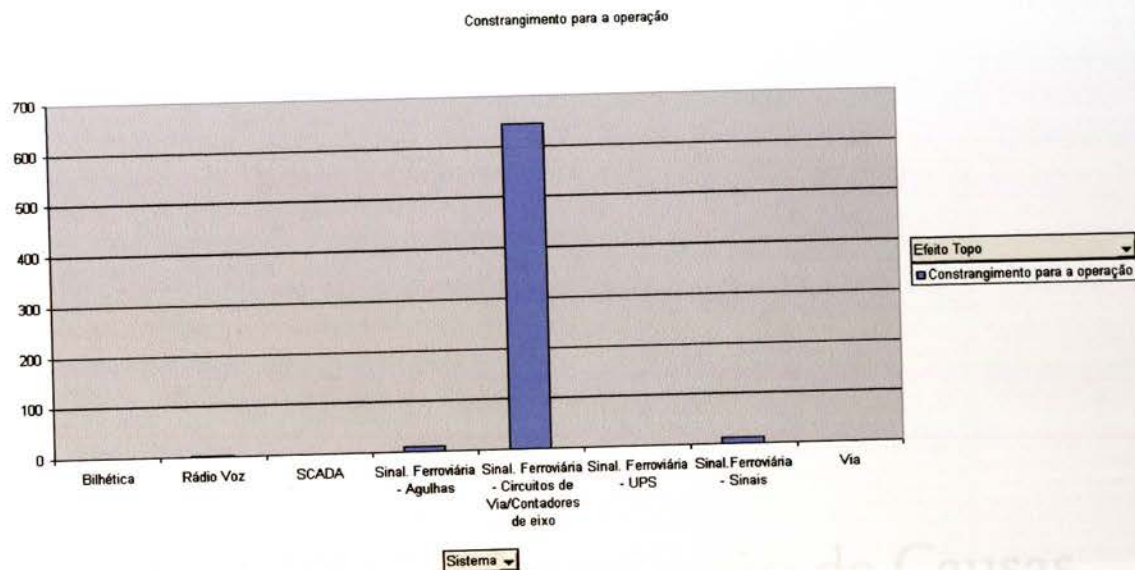
Equipamento - Anomalia
Equipamento - Danificado
Equipamento - Em falta
Inundações e Infiltrações
Sujidade



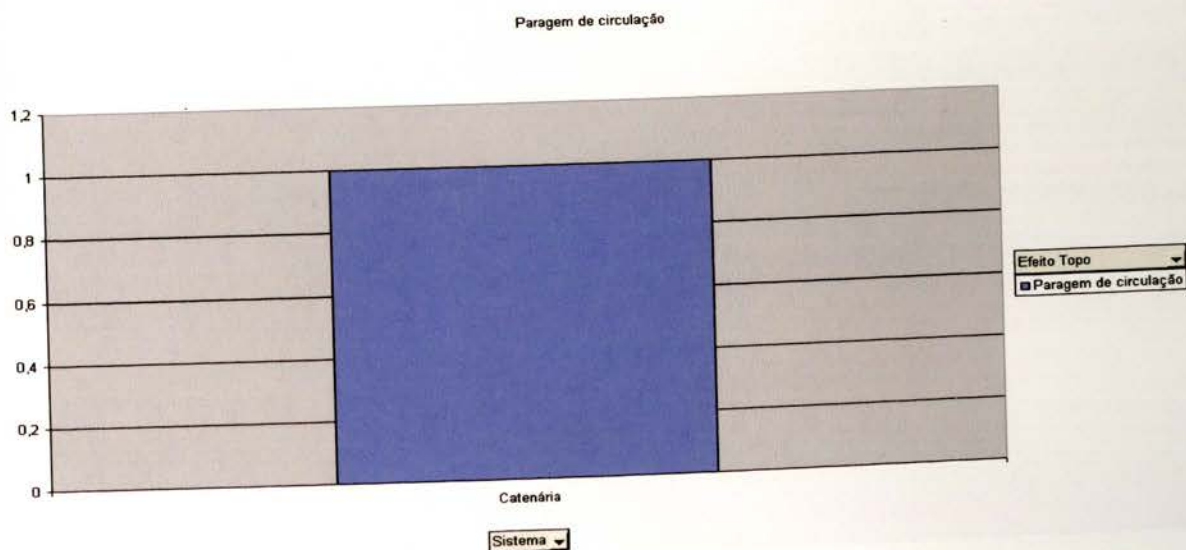
de Efeitos

ANEXO I: Identificação de Efeitos

Subsistemas que provocaram Constrangimento na Circulação:



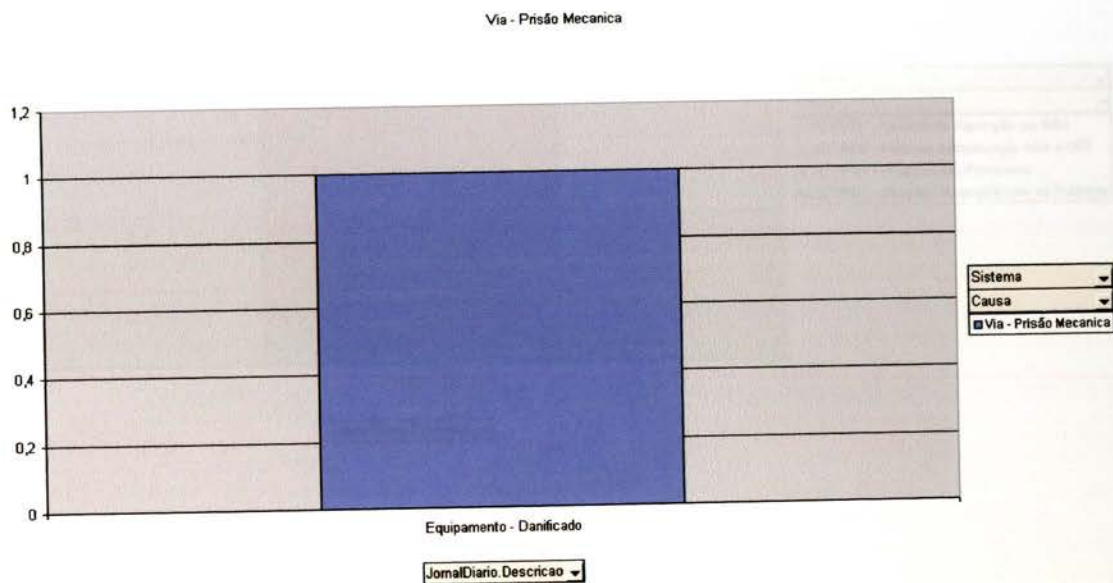
Subsistemas que provocaram paragem na circulação:



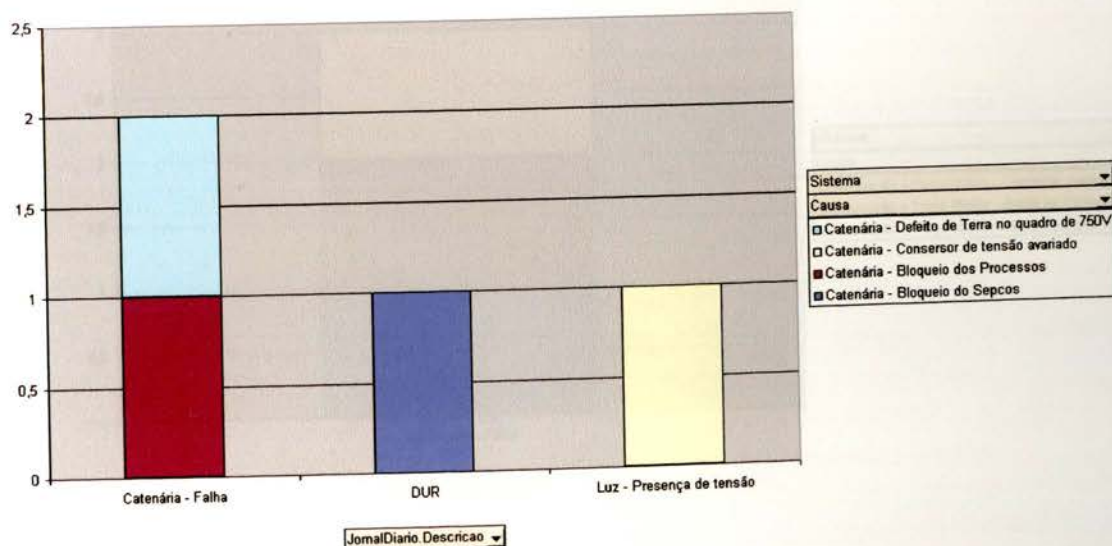
ANEXO J: Identificação de Causas

Neste Anexo visualiza-se a associação das causas aos modos de falha. Para entender, tomemos como exemplo o **Subsistema Catenária** e o modo de falha **Catenária – Falha**. Observando o gráfico este pode apresentar duas causas, Defeito de terra do quadro de 750 V e Bloqueio de Processos.

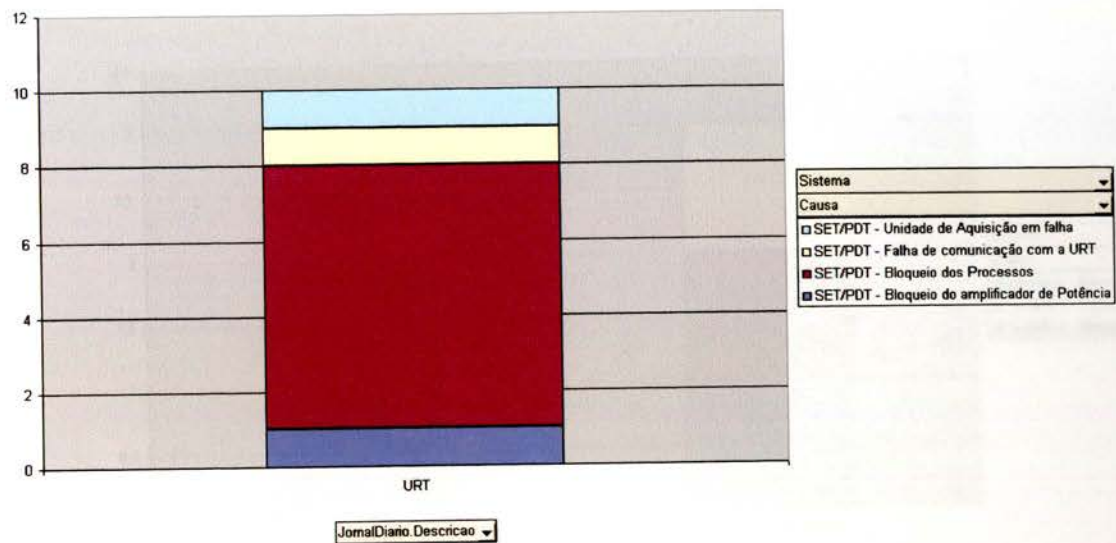
Via



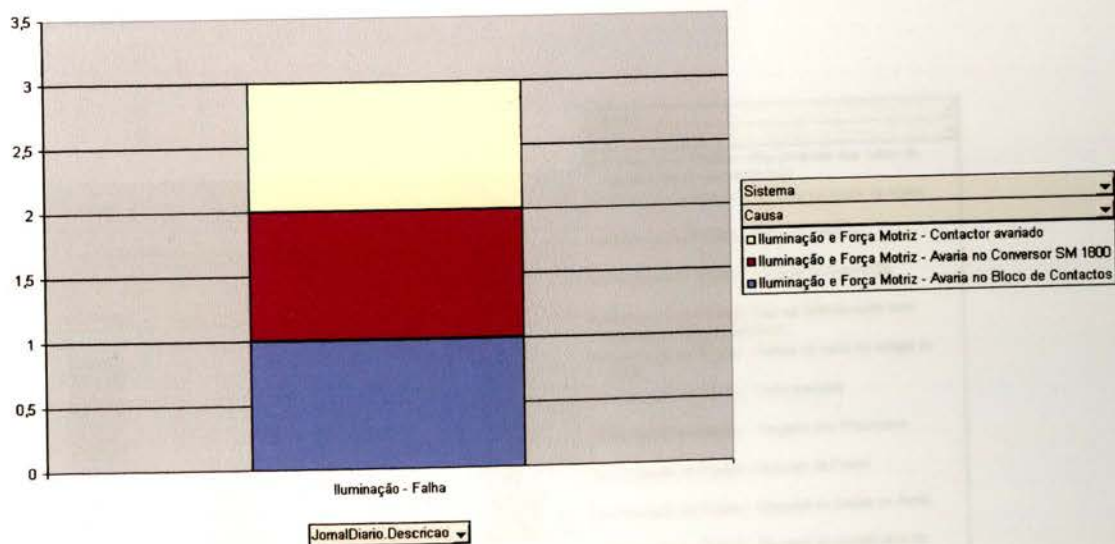
Catenária:



Subestação:

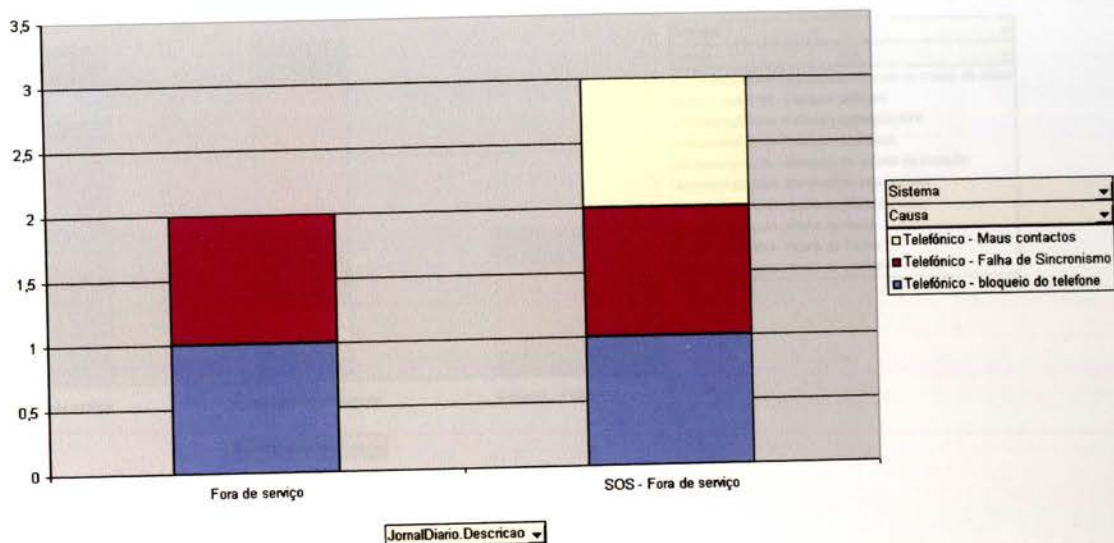


Iluminação e Força Motriz:

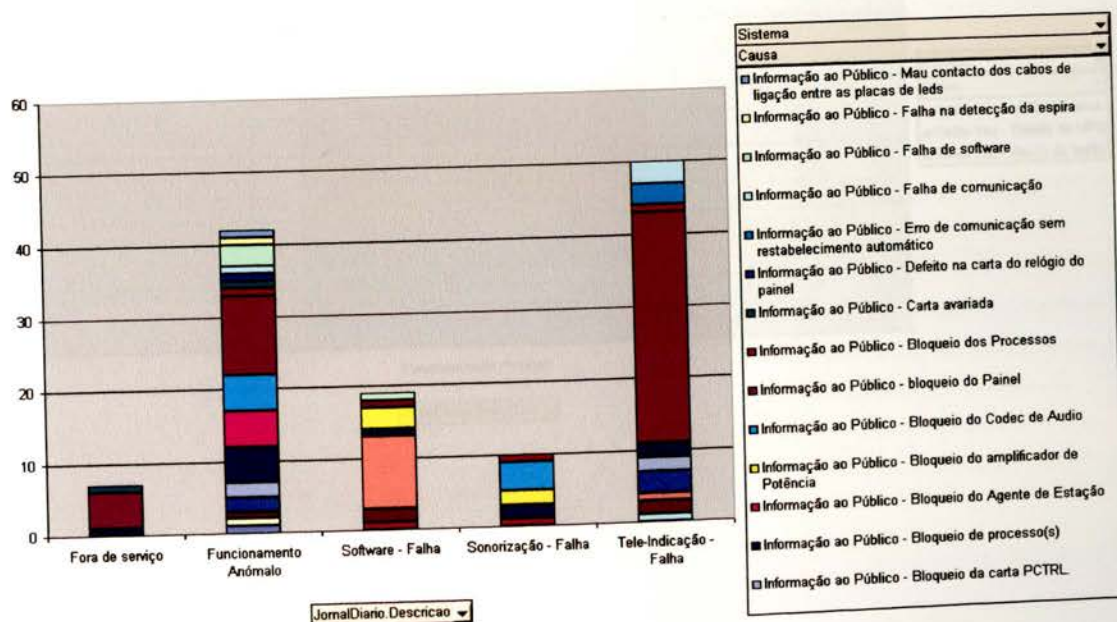


Telecomunicações

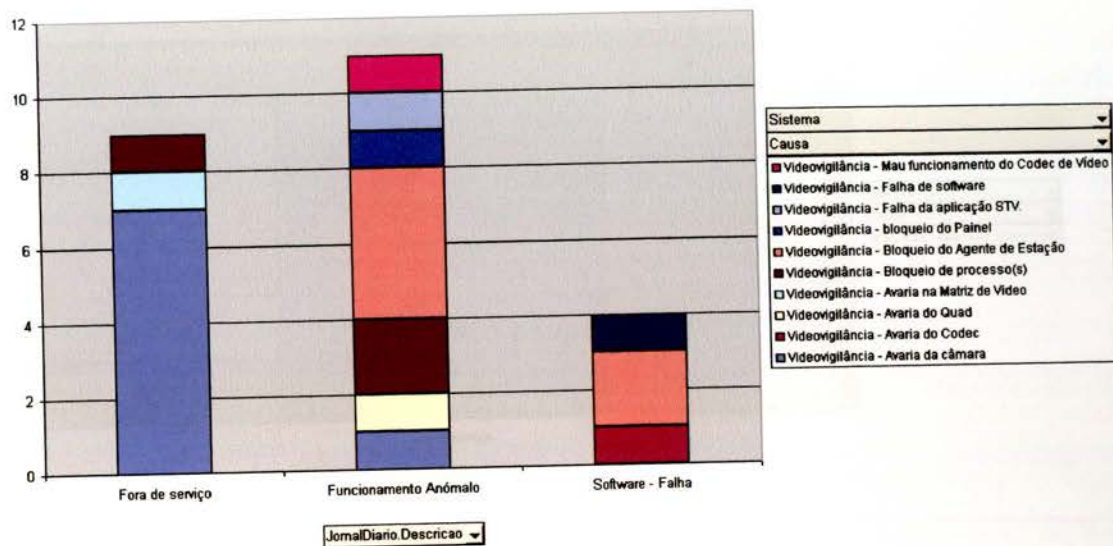
Telefónico:



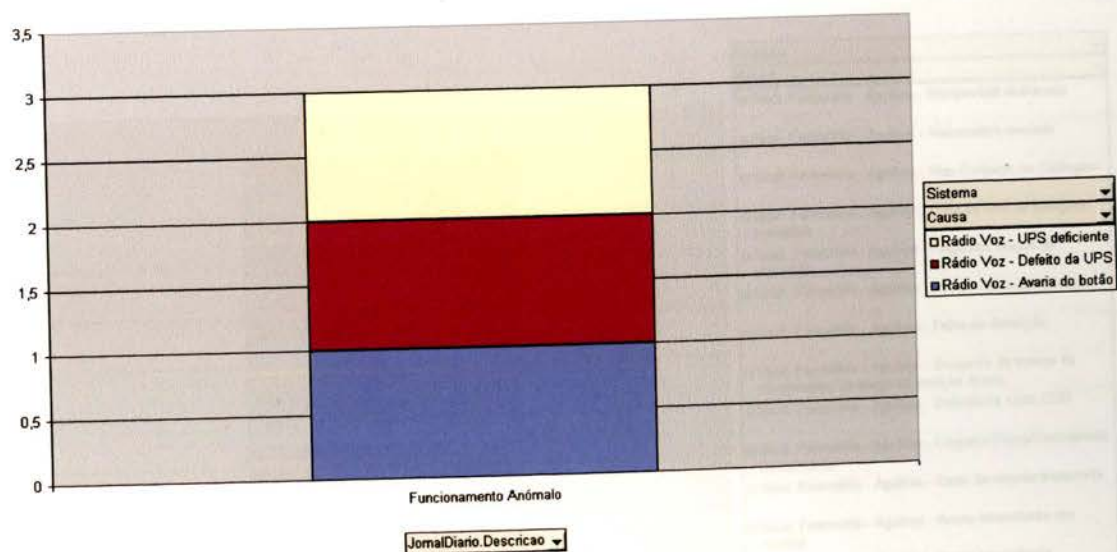
Informação ao Público:



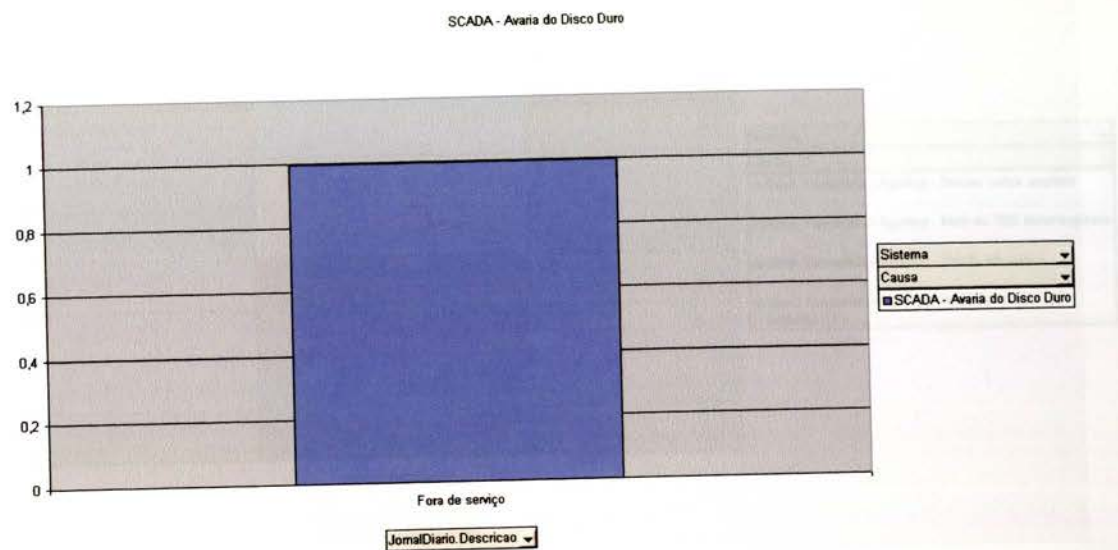
Videovigilância:



Rádio Voz:



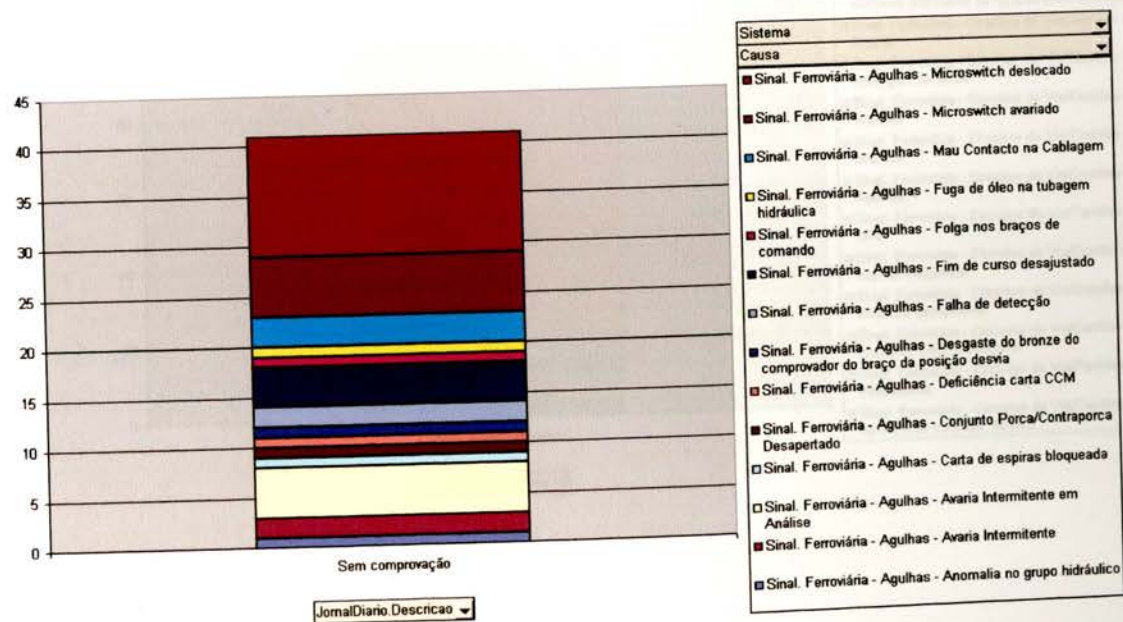
Sistema de Scada:

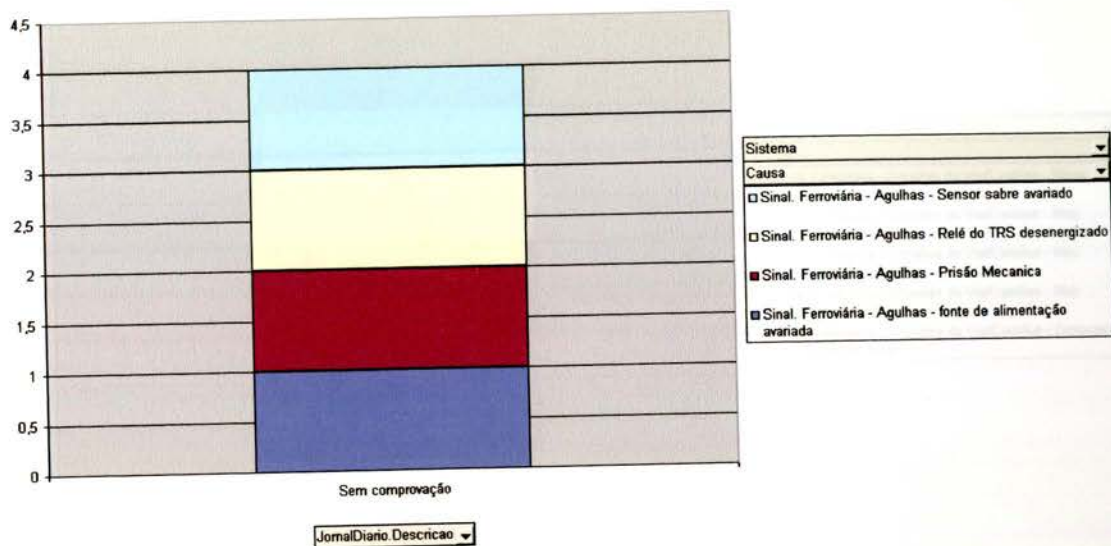


Sistema de Sinalização

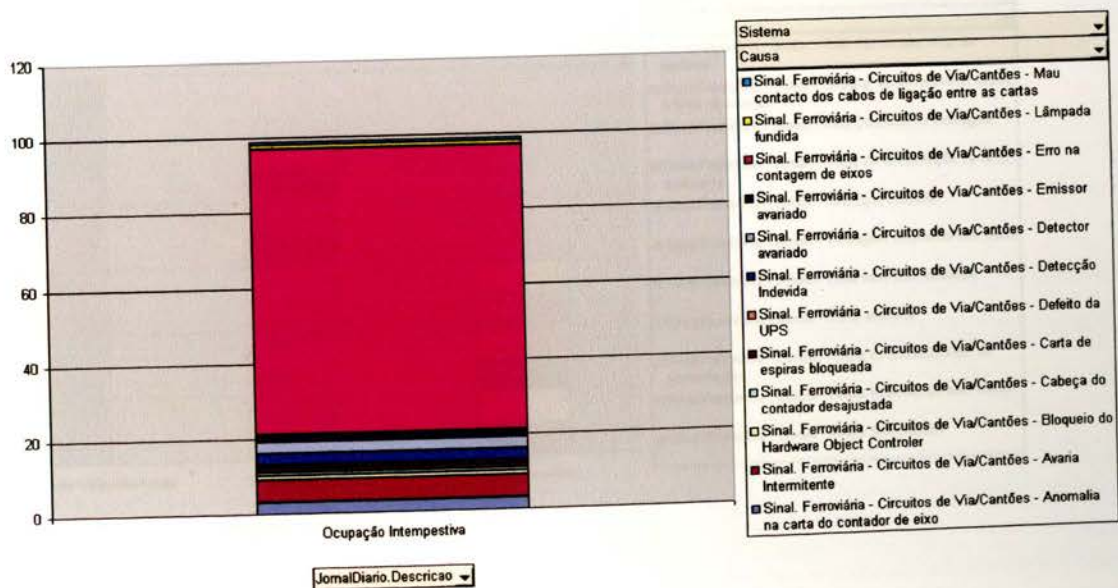
Sinalização Ferroviária:

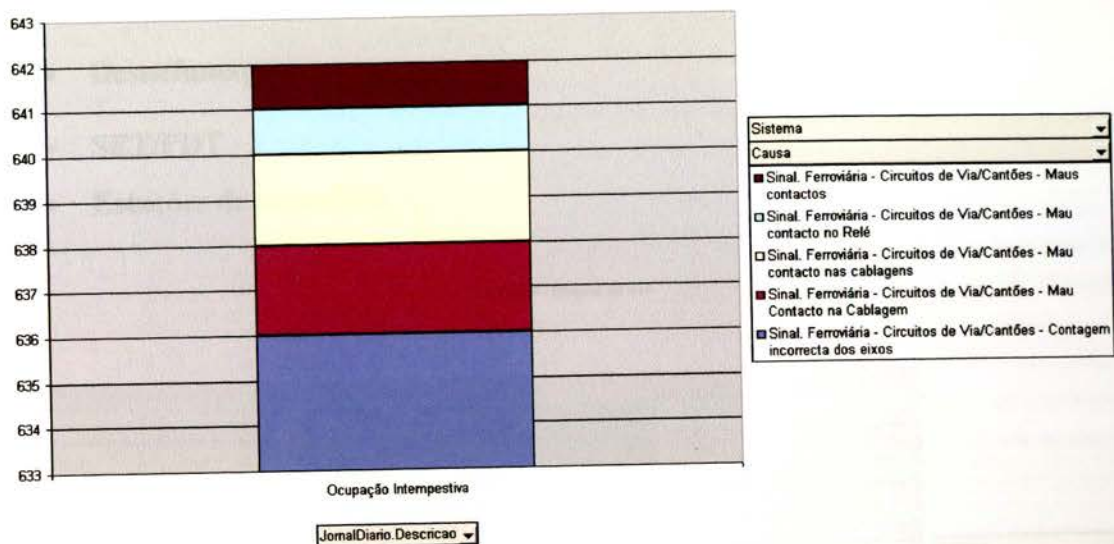
Agulhas:



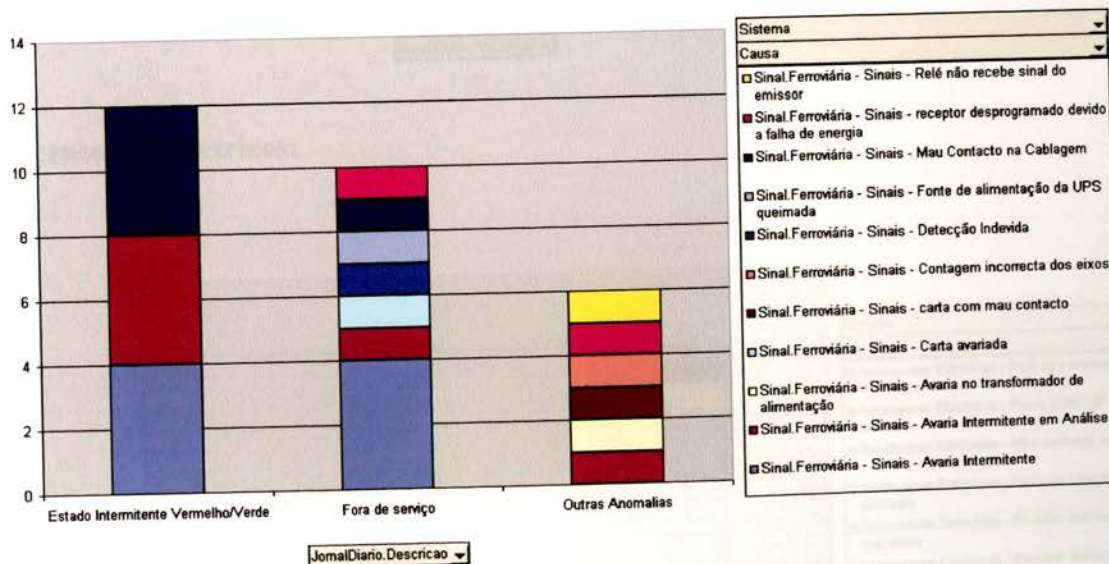


Contadores de Eixo e Circuitos de via:



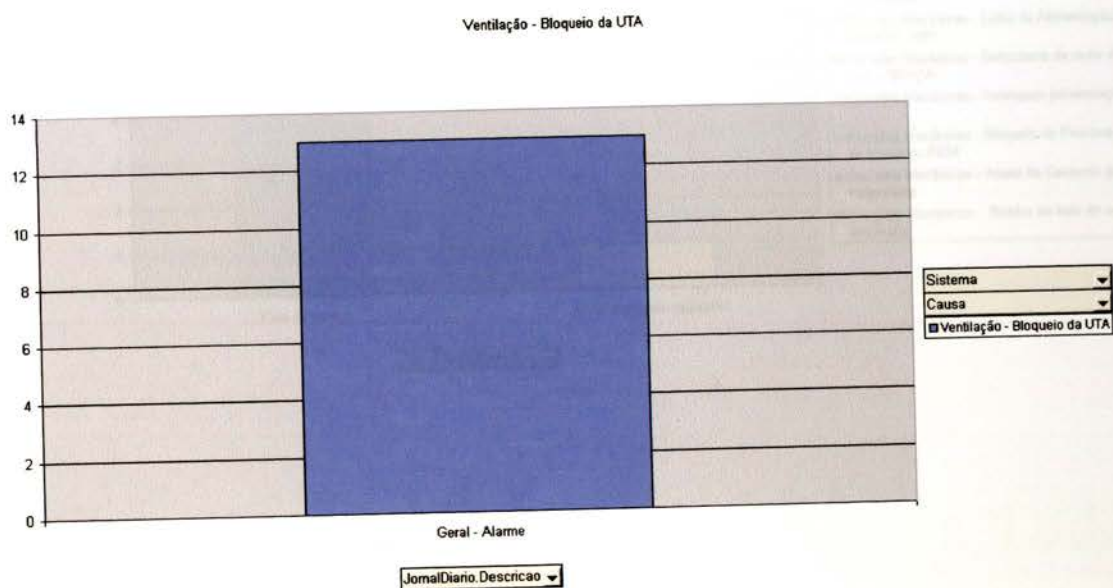


Sinais:

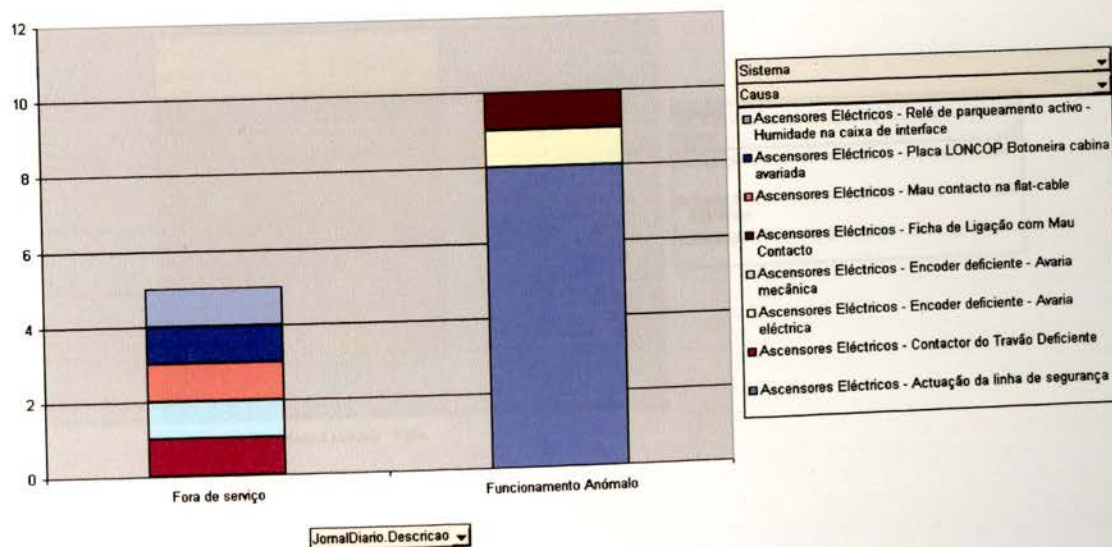


Ventilação

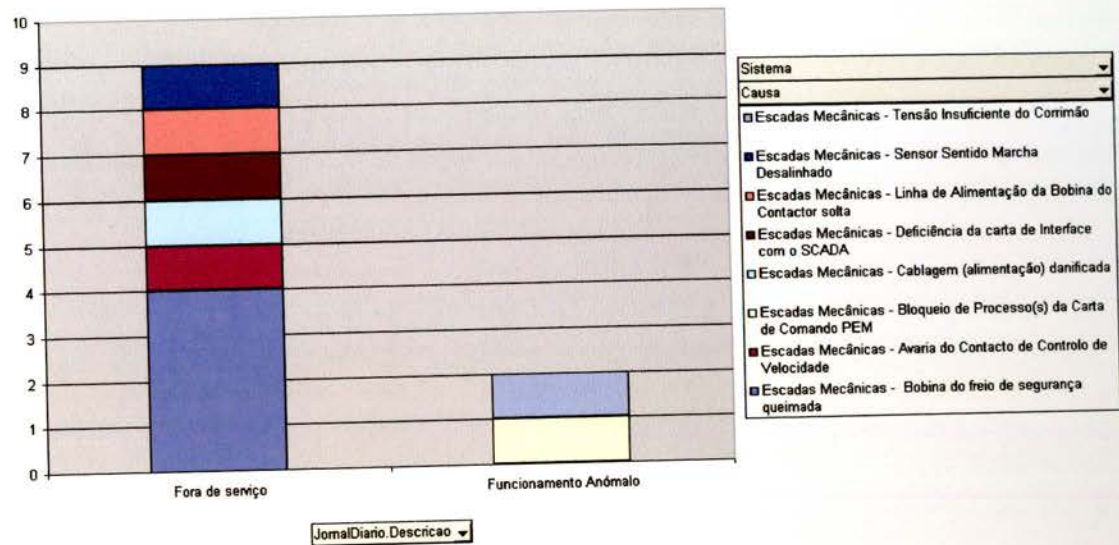
- Desenfumagem
- SET/PDT
- Estações de superfície



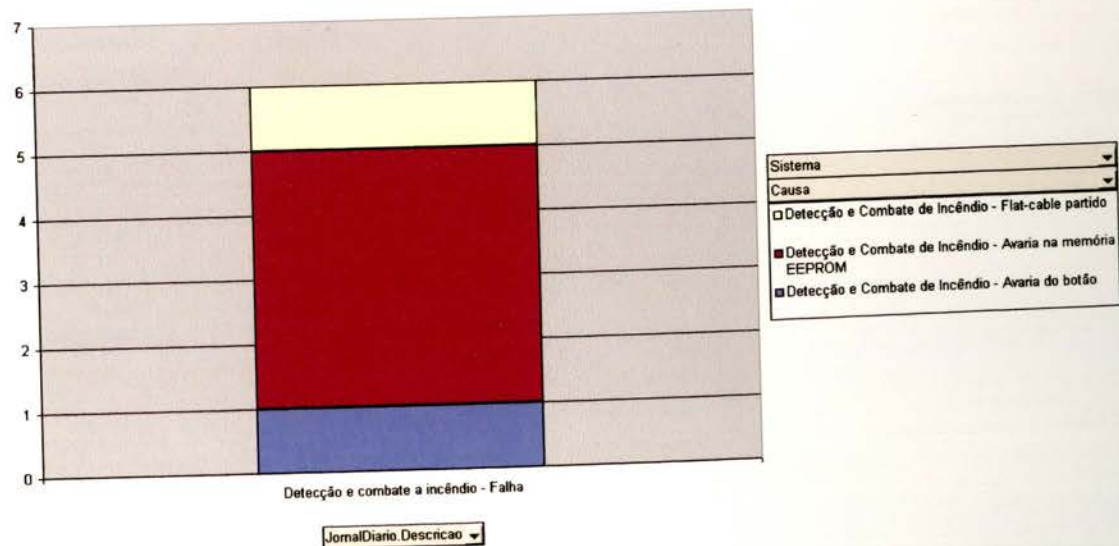
Ascensores Eléctricos:



Escadas Mecânicas:



Detecção e Combate a Incêndio:



ANEXO K: Análise de Risco a Todas as Possíveis Falhas do Sistema

Subsistema Via

Modo de Falha	Código de Severidade	Código de Severidade do Risco	Probabilidade do Risco	Índice do Risco	
Equipamento danificado (AMV)	Prisão Mecânica	Grave	I - Catastrófico	E - Improvável	Tolerável
	Deformações	Grave	I - Catastrófico	E - Improvável	Tolerável
	Cotas de protecção	Grave	I - Catastrófico	E - Improvável	Tolerável
	Solto	Grave	I - Catastrófico	E - Improvável	Tolerável
	Desgaste das lanças	Grave	I - Catastrófico	E - Improvável	Tolerável
Objectos na via	Dimensões consideráveis	Grave	II - Crítico	C - Ocasional	Indesejável
	Dimensões não consideráveis	Menor	IV - Insignificante	B - Provável	Tolerável
Deformação da Via	Dilatação/Contração do carril	Grave	I - Catastrófico	E - Improvável	Tolerável
	Carris partidos	Grave	I - Catastrófico	E - Improvável	Tolerável
	Pregações soltas	Grave	I - Catastrófico	E - Improvável	Tolerável

Subestação

Modo de Falha	Código de Severidade	Código de Severidade do Risco	Probabilidade do Risco	Índice do Risco
Falha de Alimentação	Grave	II - Crítico	E - Improvável	Tolerável
Disparo DUR	Grave	III - Marginal	C - Ocasional	Indesejável
Geral - Fora de Serviço	Grave	II - Crítico	C - Ocasional	Intolerável
Outros Equipamentos	Menor	IV - Insignificante	D - Remota	Desprezável
Quadro de Média Tensão	Importante	III - Marginal	D - Remota	Tolerável
Rectificador	Importante	III - Marginal	E - Improvável	Desprezável
Transformadores	Importante	III - Marginal	E - Improvável	Desprezável
Carregadores de baterias	Importante	II - Crítico	C - Ocasional	Indesejável
URT	Insignificante	IV - Insignificante	C - Ocasional	Tolerável

Catenária

Modo de Falha	Código de Severidade	Código de Severidade do Risco	Probabilidade do Risco	Índice do Risco
Catenária - Falha	Grave	II - Crítico	E - Improvável	Tolerável
Interferência com Fio de Contacto	Insignificante	III - Marginal	D - Remota	Tolerável
Luz - Presença de Tensão	Menor	III - Marginal	C - Ocasional	Indesejável
Postes - Catenária	Menor	II - Crítico	E - Improvável	Tolerável

Iluminação e Força Motriz

Modo de Falha	Código de Severidade	Código de Severidade do Risco	Probabilidade do Risco	Índice do Risco
Falha de Alimentação	Menor	III - Marginal	D - Remota	Tolerável
Iluminação - Falha	Menor	III - Marginal	D - Remota	Tolerável
Temperatura - Alarme	Insignificante	IV - Insignificante	C - Ocasional	Tolerável
UPS	Importante	IV - Insignificante	C - Ocasional	Tolerável
Extintor - Fora de Serviço	Importante	III - Marginal	C - Ocasional	Indesejável

Informação ao Público

Modo de Falha		Código de Severidade	Código de Severidade do Risco	Probabilidade do Risco	Índice do Risco
Equipamento Danificado		Importante	III - Marginal	C - Ocasional	Tolerável
Fora de Serviço	Bloqueio dos processos	Importante	III - Marginal	D - Remota	Tolerável
Software - Falha.		Importante	II - Crítico	D - Remota	Indesejável
Sonorização - Falha		Menor	IV - Insignificante	C - Ocasional	Tolerável
Tele-Indicação - Falha	Painéis desligados	Menor	IV - Insignificante	C - Ocasional	Tolerável

Videovigilância

Modo de Falha		Código de Severidade	Código de Severidade do Risco	Probabilidade do Risco	Índice do Risco
Equipamento Danificado		Insignificante	IV - Insignificante	A - Frequente	Indesejável
Fora de Serviço	Bloqueio dos processos	Importante	III - Marginal	D - Remota	Tolerável
	Avaria na matriz de video	Menor	IV - Insignificante	C - Ocasional	Tolerável
Funcionamento Anómalo	Avaria da Camara	Menor	IV - Insignificante	B - Provavel	Tolerável
	Avaria do codec video	Menor	IV - Insignificante	B - Provavel	Tolerável
Software - Falha.	Falha de software	Importante	III - Marginal	C - Ocasional	Indesejável

Telefónico

Modo de Falha		Código de Severidade	Código de Severidade do Risco	Probabilidade do Risco	Índice do Risco
Equipamento Danificado		Insignificante	IV - Insignificante	C - Ocasional	Tolerável
	Bloqueio do Telefone	Insignificante	IV - Insignificante	C - Ocasional	Tolerável
Fora de Serviço	Falha de sincronismo	Insignificante	IV - Insignificante	C - Ocasional	Tolerável
Funcionamento Anómalo		Insignificante	IV - Insignificante	C - Ocasional	Tolerável
Sistema de Gravação - Anomalia		Insignificante	IV - Insignificante	C - Ocasional	Tolerável
SOS - Equipamento Danificado		Insignificante	IV - Insignificante	C - Ocasional	Tolerável
	Bloqueio do Telefone	Menor	III - Marginal	C - Ocasional	Indesejável
SOS - Fora de Serviço	Falha de sincronismo	Menor	III - Marginal	D - Remota	Tolerável
SOS - Funcionamento Anómalo	Maus contactos	Menor	III - Marginal	C - Ocasional	Tolerável

Rádio Voz

Modo de Falha	Código de Severidade	Código de Severidade do Risco	Probabilidade do Risco	Índice do Risco
Equipamento Danificado	Menor	III - Marginal	D - Remota	Tolerável
Fora de serviço	Menor	III - Marginal	D - Remota	Tolerável
Funcionamento Anômalo	Menor	IV - Insignificante	A - Frequente	Indesejável
Software PCC - Falha	Menor	III - Marginal	D - Remota	Tolerável

Sinalização Rodoviária

Modo de Falha	Código de Severidade	Código de Severidade do Risco	Probabilidade do Risco	Índice do Risco
Equipamento Danificado	Menor	III - Marginal	A - Frequente	Intolerável
Fora de Serviço	Grave	II - Crítico	E - Improvável	Tolerável
Detecção Veículo - Anomalia	Grave	II - Crítico	D - Remota	Indesejável
Outras Anomalias	Menor	III - Marginal	E - Improvável	Tolerável

Agulhas

Modo de Falha	Código de Severidade	Código de Severidade do Risco	Probabilidade do Risco	Índice do Risco
Sem Comprovação	Menor	II - Crítico	B - Provável	Intolerável
Outras Anomalias	Grave	I - Catastrófico	D - Remota	Indesejável

Contadores de eixo

Modo de Falha	Código de Severidade	Código de Severidade do Risco	Probabilidade do Risco	Índice do Risco
Ocupação Intempestiva	Grave	II - Crítico	A - Frequente	Intolerável
Outras Anomalias	Grave	II - Crítico	D - Remota	Tolerável

Circuitos de Via

Modo de Falha	Código de Severidade	Código de Severidade do Risco	Probabilidade do Risco	Índice do Risco
Ocupação Intempestiva	Grave	II - Crítico	D - Remota	Tolerável
Outras Anomalias	Grave	II - Crítico	D - Remota	Tolerável

Passagens de Nível

Modo de Falha	Código de Severidade	Código de Severidade do Risco	Probabilidade do Risco	Índice do Risco
Barreira não abre	Grave	III - Marginal	D - Remota	Tolerável
Equipamento Danificado	Menor	III - Marginal	A - Frequente	Intolerável
Fora de Serviço	Grave	III - Marginal	D - Remota	Tolerável
Outras Anomalias	Menor	III - Marginal	D - Remota	Tolerável

Sinais

Modo de Falha	Código de Severidade	Código de Severidade do Risco	Probabilidade do Risco	Índice do Risco
Equipamento Danificado	Menor	III - Marginal	A - Frequente	Intolerável
Estado Intermitente Vermelho/Verde	Menor	III - Marginal	D - Remota	Tolerável
Fora de Serviço	Grave	III - Marginal	D - Remota	Tolerável
Outras Anomalias	Menor	III - Marginal	D - Remota	Tolerável

ATP

Modo de Falha	Código de Severidade	Código de Severidade do Risco	Probabilidade do Risco	Índice do Risco
Erro de Balizas	Grave	II - Crítico	A - Frequente	Intolerável
Outras Anomalias	Grave	II - Crítico	E - Improvável	Tolerável

Scada

Modo de Falha	Código de Severidade	Código de Severidade do Risco	Probabilidade do Risco	Índice do Risco
Fora de Serviço	Grave	II - Crítico	E - Improvável	Tolerável
Funcionamento Anômalo	Grave	II - Crítico	D - Remota	Indesejável

TMS

Modo de Falha	Código de Severidade	Código de Severidade do Risco	Probabilidade do Risco	Índice do Risco
Train Describer - Falha	Menor	III - Marginal	D - Remota	Tolerável
TMS Global - Fora de serviço	Grave	III - Marginal	E - Improvável	Tolerável
Servidor - falha	Grave	II - Crítico	E - Improvável	Tolerável
Funcionamento Anômalo	Menor	III - Marginal	E - Improvável	Tolerável
Fora de Serviço	Importante	II - Crítico	E - Improvável	Tolerável
Comunicação com OBC - Falha	Menor	III - Marginal	D - Remota	Tolerável
Alarme	Menor	IV - Insignificante	D - Remota	Desprezável

Ventilação Desenfumagem

Modo de Falha		Código de Severidade	Código de Severidade do Risco	Probabilidade do Risco	Índice do Risco
Funcionamento Anômalo		Importante	II - Crítico	D - Remota	Tolerável
Geral - Alarme	Caso de incêndio	Grave	I - Catastrófico	D - Remota	Indesejável
	Sem incêndio	Menor	III - Marginal	D - Remota	Tolerável
Temperatura - Alarme		Menor	II - Crítico	C - Ocasional	Indesejável
Tele-Indicação - Falha	Painéis desligados	Menor	IV - Insignificante	C - Ocasional	Tolerável

Ventilação da SET e do PDT

Modo de Falha	Código de Severidade	Código de Severidade do Risco	Probabilidade do Risco	Índice do Risco
Funcionamento Anômalo	Menor	III - Marginal	D - Remota	Tolerável
Geral - Alarme	Menor	III - Marginal	D - Remota	Tolerável
Temperatura - Alarme	Grave	III - Marginal	D - Remota	Tolerável

Ventilação das Estações de Superfície:

Modo de Falha	Código de Severidade	Código de Severidade do Risco	Probabilidade do Risco	Índice do Risco
Funcionamento Anômalo	Menor	III - Marginal	D - Remota	Tolerável
Geral - Alarme	Menor	III - Marginal	D - Remota	Tolerável
Temperatura - Alarme	Grave	III - Marginal	D - Remota	Tolerável

Escadas Mecânicas

Modo de Falha		Código de Severidade	Código de Severidade do Risco	Probabilidade do Risco	Índice do Risco
Equipamento Danificado		Importante	III - Marginal	D - Remota	Tolerável
Fora de Serviço	Com ascensores Elétricos	Importante	III - Marginal	D - Remota	Tolerável
	Sem ascensores Elétricos	Grave	II - Crítico	E - Improvável	Tolerável
Funcionamento Anômalo		Importante	IV - Insignificante	C - Ocasional	Tolerável
Sujeidade		Insignificante	IV - Insignificante	B - Provável	Tolerável

Ascensores Eléctricos

Modo de Falha		Código de Severidade	Código de Severidade do Risco	Probabilidade do Risco	Índice do Risco
Equipamento Danificado		Importante	III - Marginal	D - Remota	Tolerável
Fora de Serviço	Escadas mecânicas a funcionar	Grave	II - Crítico	E - Improvável	Tolerável
	Escadas mecânicas não funcionar	Grave	II - Crítico	E - Improvável	Tolerável
Funcionamento Anómalo		Importante	III - Marginal	D - Remota	Tolerável
Sujidade		Insignificante	IV - Insignificante	B - Provável	Tolerável

Detecção e Combate a Incêndio

Modo de Falha		Código de Severidade	Código de Severidade do Risco	Probabilidade do Risco	Índice do Risco
Detecção de Incêndio		Grave	I - Catastrófico	E - Improvável	Tolerável
Detecção de Incêndio - Falha		Importante	IV - Insignificante	D - Remota	Tolerável
Extintor - Em Falta		Importante	III - Marginal	C - Ocasional	Indesejável
Extintor - Equipamento Danificado		Importante	IV - Insignificante	C - Ocasional	Tolerável
Extintor - Fora de Serviço		Importante	III - Marginal	C - Ocasional	Indesejável

Bombagem:

Modo de Falha		Código de Severidade	Código de Severidade do Risco	Probabilidade do Risco	Índice do Risco
Falha de Alimentação	Tuneis	Grave	I - Catastrófico	E - Improvável	Tolerável
	Subestações	Grave	II - Crítico	E - Improvável	Tolerável
	Estações Enterradas	Grave	II - Crítico	E - Improvável	Tolerável
	Subestações	Importante	III - Marginal	D - Remota	Tolerável
Nível Poço Máximo	Tuneis	Importante	II - Crítico	D - Remota	Indesejável
	Estações Enterradas	Importante	III - Marginal	D - Remota	Tolerável
Outros Equipamentos - Anomalia		Menor	III - Marginal	D - Remota	Tolerável

Bilhética

Modo de Falha	Código de Severidade	Código de Severidade do Risco	Probabilidade do Risco	Índice do Risco
MAVB - Equipamento Danificado	Menor	III - Marginal	A - Frequente	Intolerável
MAVB - Falha Comunicação	Menor	III - Marginal	C - Ocasional	Tolerável
MAVB - Fora de Serviço	Grave	II - Crítico	C - Ocasional	Indesejável
MAVB - Funcionamento Anómalo	Importante	III - Marginal	A - Frequente	Intolerável
MAVB - Sujidade	Insignificante	IV - Insignificante	C - Ocasional	Tolerável
Validador - Equipamento Danificado	Menor	III - Marginal	C - Ocasional	Tolerável
Validador - Falha de Comunicação	Menor	IV - Insignificante	A - Frequente	Indesejável
Validador - Fora de Serviço	Grave	II - Crítico	C - Ocasional	Indesejável
Validador - Sujidade	Insignificante	IV - Insignificante	C - Ocasional	Tolerável

Estrutura da estação e abrigos

Modo de Falha	Código de Severidade	Código de Severidade do Risco	Probabilidade do Risco	Índice do Risco
Equipamento - Anomalia	Menor	III - Marginal	D - Remota	Tolerável
Equipamento - Danificado	Menor	III - Marginal	D - Remota	Tolerável
Equipamento - Em falta	Menor	III - Marginal	D - Remota	Tolerável
Inundações e Infiltrações	Grave	II - Crítico	D - Remota	Indesejável
Sujidade	Grave	III - Marginal	C - Ocasional	Tolerável





Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto PORTUGAL
www.fe.up.pt



FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

BIBLIOTECA



• 0000088230