

**3º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

**CATEGORIA(3)**

**DEFINIÇÃO DE CONCEITO PARA A ESTRUTURAÇÃO FUNCIONAL E  
CADASTRAMENTO DE EQUIPAMENTOS DOS SISTEMAS METROFERROVIÁRIOS  
EM SOFTWARE DE GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO.**

**RESUMO**

A estruturação funcional e o cadastramento detalhado de aplicações (Sistemas, Subsistemas, Instalações ou Conjuntos, Equipamentos e Componentes) em softwares de gerenciamento da manutenção são premissas para o monitoramento de desempenho, aferição de indicadores, desenvolvimento e aplicação dos conceitos de Engenharia de Manutenção nos ambientes industriais. Este artigo visa abordar de forma ordenada os conceitos pertinentes ao cadastro de aplicações em um sistema de gerenciamento da manutenção; o desenvolvimento de uma árvore estrutural definida em níveis hierárquicos e as interações desses conceitos com o objetivo de aprimorar o monitoramento de desempenho e confiabilidade individual de cada aplicação (parte) que causar impacto em um Sistema

(todo). Será apresentado também um exemplo prático aplicado a um Sistema Metroferroviário.

## **INTRODUÇÃO**

Antes de adentrarmos a abordagem do tema deste trabalho, se faz necessário apresentar alguns conceitos e denominações a serem empregados ao longo desse trabalho:

Aplicação: Denominação genérica atribuída aos Sistemas, Subsistemas, Instalações ou Conjuntos, Equipamentos ou Componentes, passíveis de manutenção, cadastrados no software de gerenciamento da manutenção com o objetivo de que seja monitorado o desempenho, a confiabilidade e demais parâmetros técnicos. Todas as aplicações utilizadas como exemplo estão fundamentadas nos procedimentos internos do METRÔ-DF.

Materiais de consumo e sobressalentes de consumo não são considerados aplicações conforme o conceito apresentado neste trabalho. Eles podem ser parte integrante de uma aplicação, porém não se faz necessário o nível de acompanhamento do desempenho técnico desses itens em comparação às aplicações;

- Sistema completo: Conjunto de Sistemas cuja interação funcional atribui ao mesmo uma característica específica. Os Sistemas completos do METRÔ-DF são: Material Rodante; Energia (Alimentação Elétrica); Sinalização, Controle e Telecomunicações; Ventilação; Via Permanente e Edificações;

- Sistema Material Rodante: Denominação de um Sistema Metroferroviário completo que engloba todos os Trens das Frotas 1000 e 2000 do METRÔ-DF, bem como o veículo de reboque denominado Locotrator e o Torno subterrâneo de Rodeiros;
- Sistema: Conjunto de objetos, estruturalmente organizados em um projeto e entre os quais se pode encontrar ou definir uma relação que permite ao todo cumprir uma função complexa integrando um Sistema completo. Como exemplo temos o Sistema de Tração e Frenagem Elétrica, Sistema de Truque e Suspensão, Sistema de Portas entre outros que compõem o Sistema completo denominado Material Rodante;
- Subsistema: Divisão ou decomposição dos Sistemas em conjunto de partes que agrupam equipamentos de mesma natureza ou função. Exemplo: O truque e a subestação primária;
- Instalações ou Conjuntos: São elementos ou espaços físicos que estabelecem as ligações ou relações entre as diversas partes de um Sistema. Exemplos: Suspensão primária, Fiação, eletrodutos, cabos e postes;
- Equipamento: Objeto que possui função autônoma que, quando associado a outros equipamentos e instalações passam a se constituir em Sistemas que, em geral, como um todo, tem função distinta. Exemplos: seccionadora de 3º trilho, bomba;
- Componentes: Itens ou partes indivisíveis sob o aspecto de manutenção que são agrupados fisicamente em um equipamento. Exemplos: engrenagens, eixos, rolamentos, cartões eletrônicos, módulos, entre outros.
- Níveis de Falha:
  1. Nível A:

Falha crítica cujo restabelecimento só é possível com a atuação da manutenção

2. Nível B:

Defeito ou falha que degrada o modo nominal de funcionamento de alguma aplicação Sistema, Subsistema, Instalação ou Equipamento, independentemente da existência de redundância dos mesmos. Nas falhas nível B, as atividades de reparação serão iniciadas assim que a determinada aplicação for disponibilizada pela Operação.

3. Nível C:

Defeito ou falha que não provoca degradação significativa no modo de funcionamento de um Sistema completo e que não exige intervenção imediata, desde que não afete a segurança operacional ou patrimonial, podendo sua reparação ser programada.

- Centro de Informação da Manutenção (CIM): Núcleo responsável pelo recebimento, tratamento e distribuição das informações relacionadas às ocorrências de manutenção e Ordens de Serviços em todos os sistemas. Atua como interface entre as áreas de Operação, Manutenção e Fiscalização.

Segundo Filho (2006), o cadastro de equipamentos de manutenção é o registro do maior número de dados possíveis dos equipamentos, através de formulários padronizados que arquivados de forma conveniente, possibilitem o acesso rápido a qualquer informação necessária para a manutenção, para manter, comparar, analisar quaisquer condições operativas, sem que seja necessário recorrer a outras fontes de consultas, como manuais, desenhos, especificações e etc. Note que este cadastro assim feito (em formulários) é a base de dados que irá formar o cadastro informatizado de um sistema de manutenção.

O cadastro de aplicações apresentado neste trabalho já remete ao cadastro informatizado do maior número de dados disponíveis dos equipamentos pertencentes aos diversos Sistemas Metroferroviários em um software de gerenciamento da manutenção.

Grande parte dos Sistemas da manutenção industrial em empresas é gerenciada através de um software que armazena e controla dados de anomalias e ocorrências inseridos nesse software baseado em diretrizes e conceitos de manutenção; executa planejamentos e programações de serviços; compras de equipamentos; controle de estoque em almoxarifado entre outros.

Conforme Donas (2004) com o cadastro implementado deve-se evoluir para o histórico dos equipamentos, onde serão registradas as ocorrências de falhas e manutenções executadas, com materiais empregados, tempo gasto nos reparos e datas dos eventos. Pela análise do histórico dos equipamentos é possível avaliar o seu desempenho em um período de tempo e as informações coletadas auxiliarão no planejamento e programação da manutenção preventiva, estoque de sobressalentes, necessidade de mão de obra, confiabilidade do equipamento e outros problemas relevantes à gestão da manutenção.

Até 1970 os sistemas de planejamento e controle da manutenção eram todos manuais e os primeiros sistemas informatizados para o planejamento e controle da manutenção foram desenvolvidos pelas próprias empresas até 1983. Em 1993 já existiam mais de 30 empresas oferecendo softwares para a área de manutenção, conforme abordam Pinto & Xavier (2001 apud Silva, 2004).

Segundo o sistema de controle de manutenção, é recomendável iniciar o projeto de coleta de dados pela identificação dos elementos que compõem a instalação industrial ou de serviços, conforme afirma Tavares (1999 apud Silva, 2004), ou seja, os equipamentos que compõem a instalação deverão ser identificados e registrados por meio de formulários ou telas padronizadas, que possibilitem o acesso rápido a qualquer informação, possibilitando comparar e analisar condições operativas.

Os dados que irão compor o cadastro e histórico das aplicações, associados à alocação funcional e interação das mesmas nas Instalações ou nos Sistemas, são a base para o controle dos custos de Manutenção bem como o desenvolvimento e aplicação dos diversos conceitos de Engenharia de Manutenção, dentre eles destacamos: criação e aferição dos indicadores de desempenho da manutenção; análises de causa raiz associadas a falhas; Manutenção Centrada na Confiabilidade dos equipamentos; classificação crítica de equipamentos; controle da movimentação de equipamentos, controle de vida útil de equipamentos, definições de estoque mínimo, entre outras.

Conforme Xavier e Dorigo<sup>1</sup> a Engenharia de Manutenção é uma mudança cultural necessária em qualquer Manutenção que busque a melhoria dos resultados.

Segundo Simioni e Nagao (1989 apud Fabro, 2003) “A Engenharia de Manutenção, conhecida em algumas empresas como Métodos de Manutenção, tem um papel muito importante dentro da organização, como fator de desenvolvimento técnico da Manutenção

---

<sup>1</sup>Não há referência da data de elaboração do trabalho dos autores XAVIER, Júlio Nascif e DORIGO, Luiz Carlos.

Industrial. Cabe a ela gerir as ferramentas para atualização técnica dos sistemas e processos, equipamentos e pessoal de manutenção”.

"A coleta, organização e análise de dados de confiabilidade em uma base de dados bem estruturada podem oferecer benefícios. Em toda análise qualitativa e quantitativa no gerenciamento de riscos, por exemplo, requer-se uma análise de falhas. Sendo a qualidade da análise dependente da qualidade das informações utilizadas no banco de dados." (SIVINI, 2006).

Segundo Zingali (2010), uma das grandes dificuldades encontradas nas atividades humanas está relacionada à hierarquização das tarefas segundo o grau de importância relativa para que se atinja um determinado objetivo. Não é incomum, tanto nas atividades pessoais como nas grandes corporações, observar-se um dispêndio de tempo e recursos em atividades secundárias e muitas vezes de pouca relevância, enquanto os problemas realmente essenciais são renegados a um segundo plano.

A hierarquização abordada neste trabalho não se restringe ao grau de importância de um determinado elemento cadastrado na árvore estrutural, mas sim de sua função dentro de um determinado Sistema, Subsistema, equipamento ou componente.

## **DIAGNÓSTICO**

Os requisitos de análise de segurança e manutenção, disponibilidade e estudos de otimização de custos, demandam acesso a dados de confiabilidade detalhados e de alta qualidade. Embora fontes de dados genéricos sejam úteis, os benefícios reais são obtidos

pelas coletas e análise de informações próprias. Relatórios de manutenção e inspeção, tempo de parada e etc., fornecem uma riqueza de informações úteis e relevantes à realidade operacional de uma organização (SIVINI, 2006).

Os dados de confiabilidade dos Sistemas que compõem o METRÔ-DF podem ser obtidos graças ao registro de seus respectivos históricos de falhas e tempos de atuação nas mesmas, que são inseridos no banco de dados do software de gerenciamento da Manutenção. Tais dados encontram-se prontamente disponíveis e possuem um alto grau de confiabilidade para um determinado Sistema completo demonstrando, por exemplo, a quantidade de falhas ao longo de um período ou os tempos de atuações nessas falhas entre outras.

Contudo quando se faz necessário aferir tais dados para aplicações específicas (Subsistemas, Instalações ou Conjuntos, Equipamentos ou Componentes), tal tarefa exige uma série de rotinas de análise individual das falhas e de alocação manual dessas nas suas determinadas aplicações. Tal processo é decorrente da ausência de um cadastro mais preciso dessas aplicações no sistema de gerenciamento da manutenção bem como sua respectiva alocação de forma criteriosa e eficiente, conforme as interações funcionais dessas aplicações entre si em mesmo nível, níveis inferiores e superiores.

Há uma confusão recorrente entre a função de uma aplicação em um determinado Sistema e sua Localização Física, quando da alocação das mesmas em uma árvore estrutural definida em níveis hierárquicos. A alocação baseada na função de uma determinada aplicação posiciona a mesma junto outras aplicações adjacentes baseados na interação técnica entre elas, por exemplo, um motor de tração alocado dentro do Sistema de Tração e Frenagem Elétrica. Já a alocação baseada na localização, coloca o mesmo Motor de Tração, citado,

8



interligado em um determinado Eixo Rodeiro, pois se trata da localização física dessa aplicação num Trem.

A Metodologia apresentada a seguir visa esclarecer e detalhar tais pontos.

## **METODOLOGIA**

O processo inicia-se definindo os principais parâmetros para o Cadastro de Aplicação, sendo ressaltado o parâmetro "LOCALIZAÇÃO", onde é abordado o conceito para a construção de uma árvore estrutural definida em níveis hierárquicos baseada na localização física das aplicações.

Tal abordagem e detalhamento do parâmetro denominado "LOCALIZAÇÃO" associado ao conceito apresentado em seguida, que se refere à construção de uma árvore estrutural definida em níveis hierárquicos baseada na interação funcional entre aplicações de um mesmo Sistema, denominada "arborização funcional em níveis", é o objetivo fundamental desse trabalho.

Em seguida, na análise dos resultados, é apresentada, como exemplo, a arborização funcional do Sistema de Tração e Frenagem Elétrica dos Trens da frota 1000 do METRÔ-DF, construída conforme o conceito apresentado e é demonstrado como o referido parâmetro "LOCALIZAÇÃO" interage com a mesma e o exemplo de índices de desempenho e resultados que podem ser obtidos a partir dessa construção.

## **CADASTRO DE APLICAÇÃO**

O cadastro de aplicações é a inserção do maior número de dados pertinentes à determinada aplicação no software de gerenciamento da manutenção. Tal programa deve permitir a

inserção de uma série de dados pertinentes àquela aplicação que podem interagir com os dados de outras aplicações distintas em níveis hierárquicos distintos.

Os campos primordiais que devem conter no cadastramento das aplicações do ramo Metroferroviário são:

- LUGAR: O tipo de Sistema completo, empresa, unidade de negócios e etc. onde a aplicação pertence;
- CÓDIGO DA APLICAÇÃO: codificação conforme os padrões definidos pela empresa onde deverá ser seguida uma ordem lógica;
- TIPO DE APLICAÇÃO: Se a mesma é Sistema, Subsistema, Instalação ou Conjunto, Equipamento ou Componente;
- DESCRIÇÃO: A denominação em si de determinada aplicação, por exemplo: Sistema de Tração e Frenagem Elétrica, Estação Galeria, Subestação retificadora de tração, rolamento autocompensador de rolos entre outros;
- CENTRO DE CUSTO: A localização de determinada aplicação baseada na área em que seu custo está alocado;
- FORNECEDOR(ES): Campo que serão registrados o(s) fornecedor(es) de determinada aplicação;
- FABRICANTE: Campo que será registrado o fabricante de determinada aplicação;
- CÓDIGO DO FABRICANTE: Codificação determinada pelo fabricante;
- ESPECIFICAÇÃO: Dados técnicos da aplicação;
- MARCA/MODELO;
- NÚMERO DE SÉRIE: Dado fornecido pelo fabricante;

- NÚMERO DE PATRIMÔNIO: Dado definido pela empresa;
- DATA DE AQUISIÇÃO;
- DATA DE INSTALAÇÃO;
- PRAZO DE GARANTIA;
- CUSTO;
- CÓDIGO DO EQUIPAMENTO PAI: codificação da aplicação alocada hierarquicamente acima;
- TAG: Identificação técnica de campo definido pela área técnica da empresa;
- LOCALIZAÇÃO: É um campo cujo preenchimento é dinâmico, pois corresponde à localização física de cada aplicação. Por exemplo: uma porta que faz parte do Sistema de Portas pode estar localizada fisicamente em um escritório ou em um Trem. Este campo localização pode permitir também construção de uma árvore estrutural, porém baseada apenas na localização física de determinada aplicação. Retomando o exemplo da porta, localizada no Trem, de forma geral a mesma deve estar ligada hierarquicamente abaixo da caixa, que por sua vez está alocada abaixo de um determinado carro (composição), que ainda se liga com um determinado Trem, conforme Tabela 1:

LOCALIZAÇÃO FÍSICA				
NÍVEL HIERÁRQUICO	1	2	3	4
LOCAIS	Trem	Carro	Caixa	Porta

**Tabela 1–Exemplo de árvore estrutural definida em níveis hierárquicos baseado na localização física da aplicação.**

A função primordial desse dado é efetuar o controle sistemático de movimentação das aplicações dentro de uma determinada área. Imagine que a referida porta, localizada conforme Tabela 1, foi retirada do Trem para ser efetuado algum reparo. A nova localização da mesma deverá ser atribuída ao setor de Oficinas de Manutenção, conforme os locais definidos por aquela determinada área. Os detalhes do processo de movimentação das aplicações não é o foco do presente trabalho.

Este campo LOCALIZAÇÃO, se bem definido durante o cadastramento da aplicação, será fundamental juntamente com a árvore estrutural definida em níveis hierárquicos baseada na interação funcional. Estas duas estruturas são complementares e servirão para se aferir em detalhes o comportamento técnico e os índices de desempenho de cada aplicação. Adiante será detalhado o conceito da árvore de localizações.

- OBSERVAÇÃO: Campo para a inserção de texto pertinente.

Ainda em relação ao cadastro de aplicações, o software deve permitir que sejam anexados desenhos técnicos, manuais e demais documentos complementares.

Vale ressaltar que não há necessidade que todos os campos disponíveis sejam preenchidos nos cadastros das diversas aplicações, afinal um equipamento ou componente possui características distintas de Instalações ou Subsistemas.

É necessário também mencionar que os cadastros de aplicações divergem de cadastros de materiais, ferramentas, por exemplo, que possuem campos e funcionalidades distintas e também devem compor o sistema de gerenciamento da manutenção. O foco dos cadastros

de aplicações é a aferição do comportamento técnico, confiabilidade e demais indicadores relacionados ao comportamento e à Manutenção de cada aplicação do Sistema.

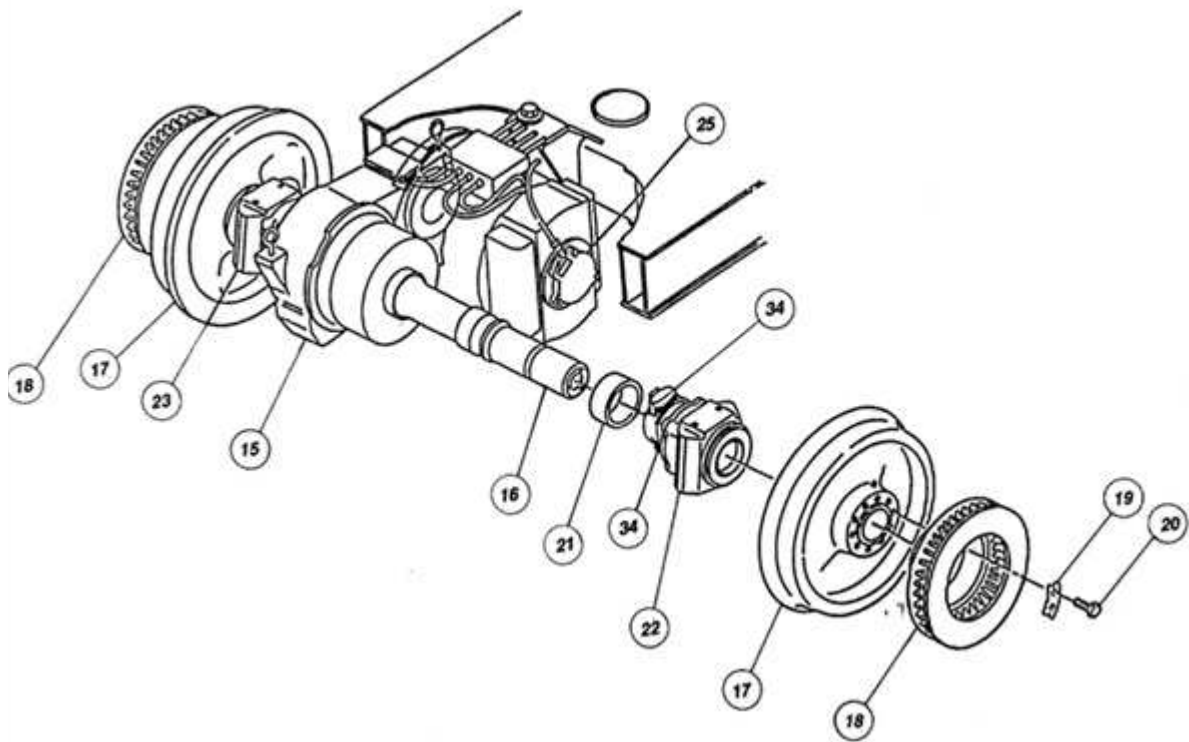
Os dados a serem inseridos nos cadastros de aplicações devem ser fornecidos pelos fabricantes, fornecedores, pelas áreas envolvidas da própria empresa e, em muitos casos, adquiridos através de levantamentos em campo.

## **ARBORIZAÇÃO FUNCIONAL EM NÍVEIS**

### **INTERAÇÕES FUNCIONAIS ENTRE APLICAÇÕES.**

Como já foi mencionado anteriormente, dentro de um determinado Sistema Completo há uma série de aplicações que se interagem funcionalmente e podem ser alocadas em níveis hierárquicos. É como se um Sistema ou aplicação de nível superior, por exemplo, fosse representado por um desenho técnico de conjuntos ou produto final, apresentado em perspectiva (vista) explodida, onde as sequências (níveis) de montagem, por sua vez, representam as aplicações de níveis inferiores, como os Subsistemas que, ainda, podem ser novamente representados em outras perspectivas explodidas representando as Instalações ou Conjuntos e assim por diante.

Na Figura 1 observa-se uma parte de uma aplicação do tipo Subsistema, denominado "Truque", cujo desenho é apresentado em perspectiva explodida detalhando diversas aplicações, do tipo conjunto, equipamento e componente, em níveis inferiores, que estão ligadas funcionalmente a esse Truque, que por sua vez se interliga a um nível superior denominado Sistema de Truque e Suspensão.



**Figura 1–Perspectiva explodida parcial do Subsistema denominado Truque<sup>2</sup>**

As aplicações numeradas como: 16 (Eixo rígido), 17 (Rodas) e 18 (Discos de Freio), compõem uma aplicação específica do tipo conjunto denominado "Eixo Rodeiro", parte integrante do Subsistema Truque. Já a aplicação 22, também do tipo conjunto, é denominada "Caixa de Graxa" que é parte integrante de outro Subsistema denominado "Suspensão Primária" (Figura 2), que possui o mesmo nível hierárquico do Truque, pois ambos são Subsistemas que compõem o Sistema Truque e Suspensão.

---

<sup>2</sup>Fonte: ALSTOM, Manual dos Trens da Frota 1000. São Paulo. Revisão 160500, 2000.

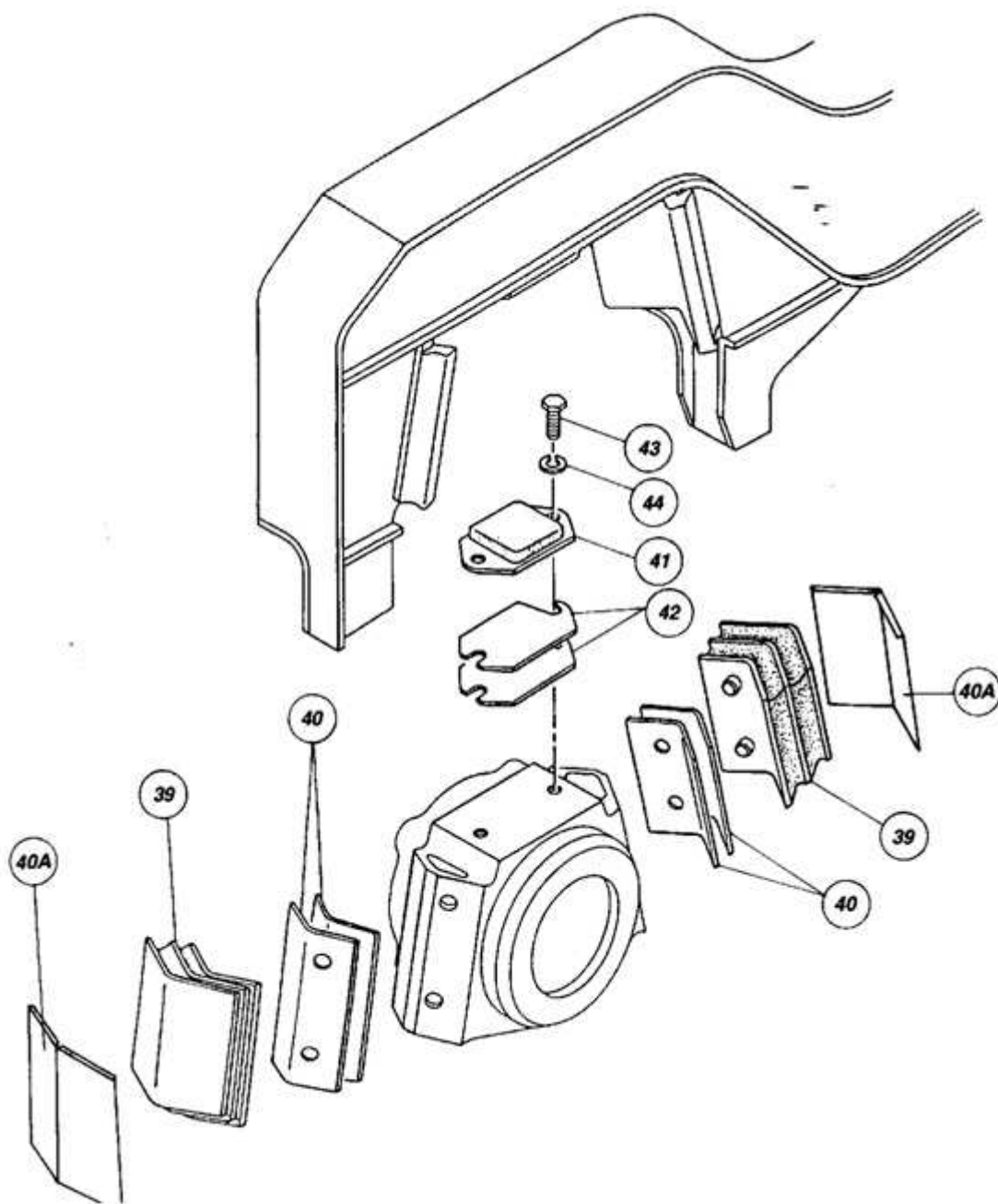
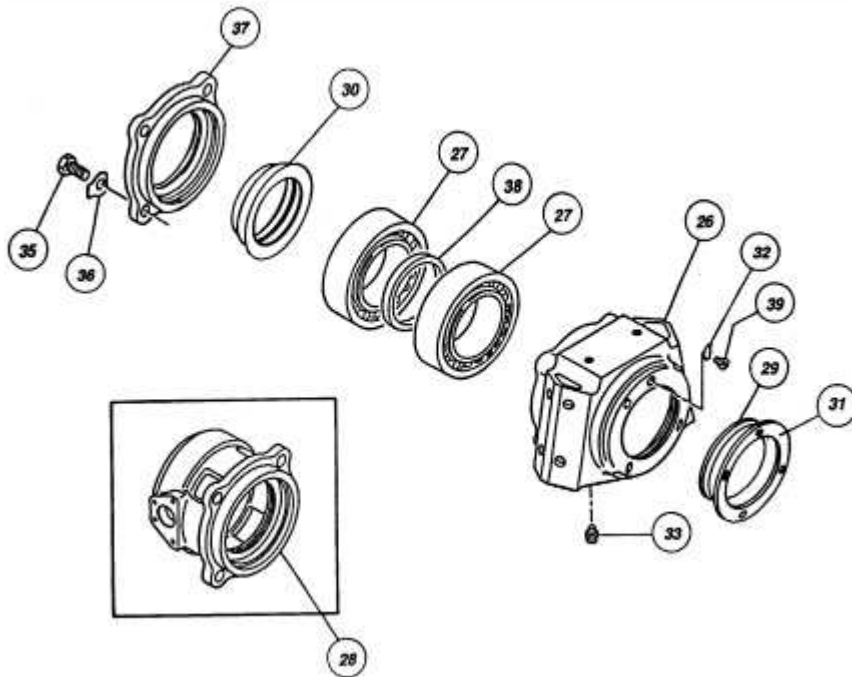


Figura 2—Perspectiva explodida parcial do Subsistema denominado Suspensão Primária<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup>Fonte: ALSTOM, Manual dos Trens da Frota 1000. São Paulo. Revisão 160500, 2000.

A Figura 3 apresenta o desenho em perspectiva explodida da Caixa de Graxa, onde se podem identificar as aplicações do tipo componente, que hierarquicamente se relacionam em nível inferior com a Caixa de Graxa.



**Figura 3—Perspectiva explodida do Conjunto denominado Caixa de Graxa<sup>4</sup>**

As aplicações do tipo componente de número 27 representam os rolamentos autocompensadores de rolos cujo monitoramento do desgaste e vida útil através de práticas de Manutenção Preditiva é de fundamental importância às demais aplicações em níveis superiores que se relacionam a esta.

---

<sup>4</sup>Fonte: ALSTOM, Manual dos Trens da Frota 1000. São Paulo. Revisão 160500, 2000.



Essa interação funcional entre aplicações permite a construção de uma árvore estrutural, conforme a seguir, definida em níveis hierárquicos, interligados através dessas interferências funcionais de um Equipamento dentro de uma Instalação ou Conjunto ou mesmo de um componente em um equipamento e assim por diante. Tal construção tem como objetivo principal aperfeiçoar e padronizar de forma simples e clara os processos de inserção de dados relacionados à confiabilidade das aplicações no software de gerenciamento da manutenção.

SISTEMA COMPLETO					
NÍVEL HIERÁRQUICO	1	2	3	4	5
APLICAÇÕES	Sistema	Subsistema	Instalação ou Conjunto	Equipamento	Componente

**Tabela 2–Modelo de árvore estrutural definida em níveis hierárquicos baseada na interação funcional entre aplicações de um mesmo Sistema**

Organizando em níveis as aplicações apresentadas nas Figuras 1, 2 e 3, obtém-se a seguinte Arborização Funcional em Níveis:

MATERIAL RODANTE					
NÍVEL HIERÁRQUICO	1	2	3	4	5
APLICAÇÕES	Trem	Truque e Suspensão	Truque	Eixo Rodeiro	Eixo rígido
					Roda
			Suspensão Primária	Caixa de Graxa	Rolamento

**Tabela 3–Arborização Funcional parcial do Sistema Truque e Suspensão**

Não há um número mínimo ou máximo de níveis hierárquicos a ser utilizado, esse valor vai depender da quantidade de aplicações que se faz necessário ser monitoradas dentro de um

Sistema. Pode haver uma limitação dessa quantidade dependendo do software de gerenciamento da manutenção utilizado.

Como exemplo, efetuaremos a montagem da árvore estrutural definida em níveis hierárquicos do rolamento, por exemplo, porém baseada na localização física dessa aplicação.

LOCALIZAÇÃO FÍSICA					
NÍVEL HIERÁRQUICO	1	2	3	4	5
LOCAIS	Trem	Carro	Sobestrado	Eixo	Lado (Esquedo/Direito)

**Tabela 4–Arborização de Localização do Rolamento autocompensador de rolos**

Ao analisar as Tabelas 3 e 4 observamos que a alocação do rolamento varia conforme o tipo de abordagem, funcional ou por localização física. Para este exemplo, a aplicação do tipo Sistema, denominada Trem, também é considerado uma localização física, uma vez que possui as características de aplicação e também é uma referência de localização para as demais aplicações. Vale ressaltar que o mesmo não ocorre com as demais referências de localização, como por exemplo, o Carro (composição), que não possui as características que o tornem uma aplicação, ou seja, não há atividades individuais e específicas de manutenção nesse local e não há o interesse de monitoramento do impacto do desempenho individual do mesmo no Sistema Trem.

O cadastro de aplicações e alocação das mesmas, seja por interação funcional ou por localização física, é dinâmico, podendo sempre sofrer revisões conceituais. Novamente ressalta-se que tudo depende do que se quer acompanhar e monitorar do ponto de vista de desempenho e confiabilidade.

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

De posse dos conceitos apresentados desenvolvemos a "arborização" funcional das aplicações do Sistema de Tração e Frenagem Elétrica (parte integrante do Sistema de Material Rodante) e a "arborização" das localizações onde podem ser classificadas as aplicações, conforme Tabelas 5 e 6:

MATERIAL RODANTE						
NÍVEL HIERÁRQUICO	1	2	3	4	5	
APLICAÇÕES	TREM COMPLETO	SISTEMA DE TRACÇÃO/FRENAGEM ELÉTRICA	CAIXA DE LÓGICA	ARMÁRIO ELÉTRICO		
				MÓDULO LÓGICO		
				ANUNCIADOR DE FALHAS DA CAIXA LÓGICA		
				CARTÃO ENTRADA DIGITAL (XA1)		
				CARTÃO SAÍDA DIGITAL (XA2)		
				CARTÃO SAÍDA ANALÓGICA (XA3)		
				CARTÃO MICROPROCESSADOR (XA4)		
				CARTÃO ENTRADA ANALÓGICA (XA5)		
			PLACA MÃE			
			TACÔMETRO VELOCIDADE			
			CONTROLADOR MESTRE	GERADOR DE SINAIS P & BRK		
			PAINÉIS DE RELÉS (CABINA)	PAINEL DE RELÉS A	RELÉ DE LIDERANÇA (M1)	
					RELÉ AUXILIAR LIDERANÇA (M1X)	
					RELÉ AUXILIAR INT DUPLO CM (M2)	
					RELÉ INTERTRAV PROP/PORTA (TCR)	
					RELÉ VELOCIDADE 0 KM (SRO)	
					RELÉ VELOCIDADE 6 KM (SR6)	
					RELÉ VELOCIDADE 20KM (SR20)	
				PAINEL RELÉS I	RELÉ AUXILIAR LIDERANÇA	
					RELE AUXILIAR LIDERANÇA	
				REVERSORA	CONTATO FIXO	
					CONTATO MÓVEL	
				CONTATOR TRACÇÃO/FREIO PBC	CONTATO DE POTÊNCIA DA PBC	
					CONTATO AUXILIAR DA PBC	
				CONTATOR FC	CONTATO DE POTÊNCIA DA FC	
					CONTATO AUXILIAR DA FC	
				CONTATOR LC	BOBINA SOPRADORA DA LC	
		CONTATO AUXILIAR DA LC				
	CONTADORES DE FRENAGEM	CONTATOR RESISTOR FRENAGEM (BC1)				
		CONTATOR RESISTOR FRENAGEM (BC2)				
		CONTATOR RESISTOR FRENAGEM (BC3)				
		CONTATOR RESISTOR FRENAGEM (BC4)				
		CONTATOR SOBRECARGA FRENAGEM (BOL/BDC)				
CAIXA DE CONTROLE DOS MOTORES	PAINEL DE TRANSDUTORES	TRANSDUTOR CORRENTE MOTOR 1/2 (TD1)				
		TRANSDUTOR CORRENTE MOTOR 3/4 (TD2)				
		TRANSDUTOR CORRENTE LINHA (TD3)				
	PAINEL DE RELÉS	RELÉ SUBTENSÃO LINHA (LVR)				
		RELÉ AUXILIAR SUBTENSÃO LINHA (LVRX)				
		RELÉ VITAL EMERGÊNCIA (ER)				
		RELÉ VITAL TRACÇÃO/FRENAGEM (PB)				
		RELÉ SOBRECARGA TRACÇÃO (OLR)				
		CONTATOR SOBRECARGA TRACÇÃO (OLRC)				
		RELÉ SOBRECARGA FRENAGEM (BOLR)				
		CONTATOR SOBRECARGA FRENAGEM (BOLRC)				
		RELÉ AUXILIAR SOBRECARGA ANUNCIADOR FALHA (OLX)				
		RELÉ CONFIRMAÇÃO DE DIREÇÃO (CD)				
		CONTATOR 3TC (BUC)				
CAIXA DE SEMICONDUTORES	RÉGUAS TERMINAIS					
	GAVETA DE CAPACITORES					
	GAVETA T1					
	GAVETA T2-T3-D4					
	GAVETA T5-T6					
	GAVETA FWD					
VENTILADOR SEMI-CONDUTORES						
MOTOR DE TRACÇÃO						
REATORES						
RESISTORES DE FRENAGEM						

Tabela 5– Arborização Funcional completa do Sistema de Tração e Frenagem Elétrica

LOCALIZAÇÃO FÍSICA								
NÍVEL HIERÁRQUICO	1	2	3	4	5	6		
LOCAL	TREM Nº (01 A 32)	CARRO Nº (01 A 04)	CAIXA	ARMÁRIO ELÉTRICO SALÃO				
				PORTA Nº (01 A 06)				
				EXAUSTOR Nº (01 A 06)				
				INSUFLADOR Nº (01 A 12)				
			CABINE LIDER	CONSOLE				
				ARMÁRIO ELÉTRICO				
				PORTA DE CABINE ESQUERDA				
				PORTA DE CABINE DIREITA				
			SOBESTRADO	TRUQUE Nº (01 A 02)			EIXO Nº (01 A 04)	LADO (ESQUERDO DIREITO)

**Tabela 6– Arborização completa da localização Trem**

Em posse das informações contidas nas Tabelas 5 e 6 todas as aplicações do Sistema de Tração e Frenagem Elétrica do Sistema Material Rodante podem ser monitoradas baseadas em sua funcionalidade dentro do Sistema Material Rodante bem como em sua localização física em um determinado Trem.

Serão aplicados os resultados dos conceitos estabelecidos para o monitoramento dos índices de falha em um determinado Sistema bem como apresentar a forma em que tais dados auxiliam com precisão e rapidez nas análises de causas raízes de uma determinada falha recorrente no Sistema de Tração e Frenagem Elétrica.

O monitoramento de uma aplicação pode se dar através da aferição de sua confiabilidade, avaliando a quantidade de falhas atribuídas e estas ou mediante a atribuição de pontos de controle para verificação do comportamento e coleta de dados dessas aplicações ao longo de um período, com o objetivo de priorizar as intervenções programadas de manutenção.

Citamos os seguintes pontos de controle associados às aplicações:

- Aplicação: Trem - Ponto de Controle: Quilometragem

Com o monitoramento do ponto de controle dessa aplicação, podem ser atribuídos planos de manutenção periódicos conforme a quilometragem atingida;

- Aplicação: Redutor de Velocidades - Ponto de Controle: Nível de óleo

Com o monitoramento do ponto de controle dessa aplicação, podem ser atribuídos planos de atuação em vazamentos, substituição do óleo, revisão geral do equipamento e etc.

- Aplicação: Rolamento autocompensador - Ponto de Controle: Análise de Vibração

Com o monitoramento do ponto de controle dessa aplicação, podem ser atribuídos planos de relubrificação dos rolamentos, substituição do mesmo, revisão geral da caixa de graxa e etc.

Não há uma exigência de que todas as aplicações contenham pontos de controle associados, seu monitoramento pode ser apenas associado aos índices de falhas classificadas atribuídas as mesmas, sendo esse o foco do caso real apresentado a seguir.

Conforme Rausand e Oien (1996 apud Leal, Pinho e Almeida 2006), a falha representa um conceito fundamental para a análise de confiabilidade, sendo a falha definida como o término da habilidade de um item para o desempenho de uma requerida função. A qualidade de uma análise de confiabilidade depende fortemente da habilidade do analista em identificar todas as funções desempenhadas pelos componentes e as possíveis falhas com potencial de ocorrência.

A Análise de Causa Raiz ou RCA (Root Cause Analysis), segundo Baptista<sup>5</sup> é uma metodologia que demonstra ser imprescindível para qualquer organização, especialmente para a

---

<sup>5</sup>Não há referência da data de elaboração do trabalho do autor BAPTISTA, José Antonio.

manutenção industrial que necessita eliminar a reincidência de falhas para sair do modo reativo.

Todas as falhas corretivas que ocorrem durante a operação normal do Sistema são registradas, conforme critérios de criticidade "A", "B" ou "C", no software de gerenciamento da manutenção e relatadas pela Operação ao Centro de Informação da Manutenção (CIM) gera as Ordens de Serviço (OS) e direciona as mesmas para a execução imediata ou programação, dependendo da criticidade de cada falha.

Após a atuação efetiva da manutenção nas falhas, as OS são encerradas no software de gerenciamento da manutenção, onde são registrados com precisão os dados que identificam as aplicações atuadas durante o processo de reparação, tipo de processo de correção aplicado, mão de obra e materiais utilizados, entre outros.

Os cadastros detalhados das aplicações associado com suas respectivas arborizações funcionais, efetivados no software, permitem que os dados de cada atuação de manutenção efetuado no sistema de gerenciamento sejam bastante precisos e auxiliem de forma rápida e efetiva os estudos ligados às análises de falhas, confiabilidade e desempenho dos equipamentos e etc.

Para ilustrar a aplicação prática desses dados, apresentamos os dados extraídos do sistema de gerenciamento da manutenção, Tabela 7, contendo o quantitativo de falhas nível "B" de Trens divididos pelos seus respectivos Sistemas, em um determinado período operacional.

	TR01	TR02	TR03	TR04	TR05	TR06	TR07	TR08	TR10	TR11	TR12	TR13	TR14	TR17	TR19	TR20	TR21	TR22	TR25	TR27	TR28	TR31	TR32	TR29	TR30	TR23
ATC	1	3				3	4	1			5	7		3	1					1	1			1		
CAIXA	1		2			1		1	1													2				
COMUNICAÇÃO	1	2		4	6	1	1	1	4	1	2			2	1	2	3						1			
FREIO PNEUMÁTICO	7	1				1	2				1			2		1	2					2			1	
PORTAS	1	3			4	1	2	1	1	1	6	1	2			3	2		2	2						
RÁDIO				1	1	1				1	2	1	1	1												
SUPRIMENTO DE AR COMPRIMIDO	1	2	2		4				1		1		3	2	1	2			2			1	1			
SUPRIMENTO ELÉTRICO		1				1	2	1	5	2		2	1		4	1										
TRAÇÃO E FREIO ELÉTRICO	4			2	1	4	4	1	2	5	3	3		6	5	5	4	4			1					
VENTILAÇÃO									1							1	1				1					1
ETOTAL POR TREM	16	12	4	7	16	13	15	6	15	9	19	14	7	16	12	16	12	4	4	4	3	5	1	1	1	1

**Tabela 7– Relatório de Falhas de Trens por Sistema num período determinado**

Numa análise primária é possível identificar o Trem com o maior índice de falhas e em qual Sistema. Tal informação por si só norteariam ações corretivas da Manutenção com o objetivo de reduzir tais incidências.

Como o objetivo é a precisão nas tomadas de decisão, e o Sistema que ilustra essa análise é o Sistema de Tração e Frenagem Elétrica, observamos que o Trem que possui o maior índice de falhas nesse Sistema é o Trem Nº 17, totalizando 06 falhas que representam também o Sistema de maior falha nesse Trem no período avaliado.

Baseado na Tabela 6, havendo interesse é possível mapear a localização de maior incidência dessas falhas. Contudo o interesse é identificar o comportamento das aplicações a fim de identificar uma possível reincidência de uma mesma falha.

Extraindo os dados dessas falhas, conforme Tabela 8, apresentando apenas as aplicações do Sistema de Tração e Frenagem Elétrica do Trem 17 atuadas durante as falhas, associada a suas respectivas localizações obtém-se:

FALHA	APLICAÇÃO					LOCALIZAÇÃO				
	TREM COMPLETO	TRAÇÃO/FREIAGEM ELÉTRICA	CAIXA DE CONTROLE DOS MOTORES	PAINEL DE RELÉS	RELÉ SUBTENSÃO LINHA (UVR)	TREM 17	CARRO 4	SOBESTRADO		
PROPULSÃO ANORMAL	TREM COMPLETO	TRAÇÃO/FREIAGEM ELÉTRICA	CAIXA DE CONTROLE DOS MOTORES	PAINEL DE RELÉS	RELÉ SUBTENSÃO LINHA (UVR)	TREM 17	CARRO 4	SOBESTRADO		
PROPULSÃO ANORMAL	TREM COMPLETO	TRAÇÃO/FREIAGEM ELÉTRICA	CAIXA DE CONTROLE DOS MOTORES	CONTATOR FC		TREM 17	CARRO 1	SOBESTRADO		
PROPULSÃO ANORMAL	TREM COMPLETO	TRAÇÃO/FREIAGEM ELÉTRICA	MOTOR DE TRAÇÃO			TREM 17	CARRO 3	SOBESTRADO	TRUQUE Nº 01	EIXO Nº 01
TRANCOS AO LIBERAR AS PLATAFORMAS	TREM COMPLETO	TRAÇÃO/FREIAGEM ELÉTRICA	CAIXA DE LÓGICA	CARTÃO MICROPROCESSADOR (XA4)		TREM 17	CARRO 4	CABINE LIDER	ARMÁRIO ELÉTRICO	
TRANCOS AO TRACIONAR E FREIAR	TREM COMPLETO	TRAÇÃO/FREIAGEM ELÉTRICA	TACÔMETRO VELOCIDADE			TREM 17	CARRO 4	SOBESTRADO	TRUQUE Nº 02	EIXO Nº 03
FREIO DINÂMICO ANORMAL	TREM COMPLETO	TRAÇÃO/FREIAGEM ELÉTRICA	TACÔMETRO VELOCIDADE			TREM 17	CARRO 3	SOBESTRADO	TRUQUE Nº 02	EIXO Nº 03

**Tabela 8– Relatório de Falhas de Trens por Sistema num período determinado**

Ao analisar o relatório da Figura 11, obtemos as seguintes conclusões:

- As aplicações que indicaram falhas nível "B" e foram submetidas à intervenção de manutenção foram: Relé de Subtensão de Linha (UVR), Contator FC, Motor de Tração, Cartão Microprocessador (XA4) e o Tacômetro de Velocidades (em duas ocorrências);
- A aplicação Caixa de Controle dos Motores aparece em dois eventos distintos, tendo sido atuado nas suas aplicações de nível inferior; Relé de Subtensão de Linha (UVR) e Contator FC. Observamos ainda que ambas as ocorrências são localizadas no Carro 4 desse Trem e, portanto, podem ter relação causal entre si. Neste caso específico basta analisar tecnicamente se as aplicações do nível seguinte ao da Caixa (Painel de



Relés e Contator FC) possuem relações onde uma influencia o correto funcionamento da outra;

- Em relação ao Tacômetro de Velocidade que também aparece em dois eventos distintos, conforme os dados de localização, observa-se que o primeiro evento refere-se ao Tacômetro do Carro 4 e o segundo evento ao Tacômetro do Carro 3, não havendo nexos causal entre eles, podendo ser considerados eventos distintos.

Os casos analisados acima remetem imediatamente à necessidade de avaliação de uma possível reincidência de falhas, que se comprovada, auxiliará nos direcionamentos de atuações futuras quando envolver tais aplicações.

Também se pode observar que as informações funcionais das aplicações são complementadas pelas informações de suas respectivas localizações físicas tornando a análise mais precisa e ágil.

## **CONCLUSÕES**

A elaboração da árvore estrutural definida em níveis hierárquicos baseada nas interações funcionais entre aplicações de um mesmo Sistema e o cadastramento detalhado dessas aplicações (Sistemas, Subsistemas, Instalações ou Conjuntos, Equipamentos e Componentes) nos softwares de gerenciamento da manutenção são os primeiros passos para um monitoramento ágil e eficaz do desempenho técnico e operacional das várias aplicações dos Sistemas Metroferroviários.

Os passos e conceitos apresentados neste trabalho visaram delimitar as ações iniciais do planejamento da manutenção no âmbito da Engenharia de Manutenção, onde as estratégias de manutenção para determinadas "partes" do Sistema serão definidas de acordo com seu impacto de performance no todo. Conforme Pinto e Xavier (1999 apud Fabro 2003) a Engenharia de Manutenção traduz-se como uma evolução da manutenção industrial.

Tais estratégias do planejamento, definidas inicialmente e ao longo do monitoramento, são dinâmicas e podem ser redefinidas de acordo com os objetivos técnicos almejados para o desenvolvimento da Engenharia de Manutenção.

Vale ressaltar que tão importante quanto o correto tratamento dos dados técnicos é o cuidado e critério dispensados à inserção desses dados no sistema de gerenciamento da manutenção uma vez que tal tarefa é executada por profissionais de manutenção devendo estes estar devidamente capacitados e treinados para tal função.

Outro fator a ser observado refere-se à proteção dos dados inseridos no software via controle de acesso. Cada setor da operação e manutenção devem ter níveis de acessos personalizados a fim de; direcionar os profissionais dessas áreas apenas nos conteúdos que os forem pertinentes e assegurar que não haja acessos indevidos aos dados.

O mecanismo de extração e análise dos dados apresentado para o Sistema de Tração de Frenagem Elétrica, se aplica aos demais Sistemas Metroferroviários e podem ser empregados em empresas de outros ramos, desde que as premissas de cadastro e alocação (físico ou funcional) de componentes, equipamentos, conjuntos, instalações e etc. sejam observadas. Segundo Madu (2000 apud Fabro 2003): "a manutenção de equipamentos e o

gerenciamento da confiabilidade são associados com uma competitividade da organização e deve ser dada atenção adequada no planejamento estratégico da organização”.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALSTOM, **Manual dos Trens da Frota 1000**. São Paulo. Revisão 160500, 2000.

BAPTISTA, José Antonio. **A IMPORTÂNCIA DA ANÁLISE DE CAUSA RAIZ (ROOT CAUSE ANALYSIS) NA MELHORIA DO DESEMPENHO DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL**. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br/arquivos/191/191.pdf>>. Acesso em: 17 jul. 2016.

DONAS, Manoel Luiz Martins. **A Gestão da Manutenção de Equipamentos em uma Instituição Pública de C&T em Saúde**, 2004. Disponível em: <[http://jetaconsul.dominiotemporario.com/page\\_33.html](http://jetaconsul.dominiotemporario.com/page_33.html)>. Acesso em: 29 jun. 2016.

FABRO, Elton. **MODELO PARA PLANEJAMENTO DE MANUTENÇÃO BASEADO EM INDICADORES DE CRITICIDADE DE PROCESSO**, 2003. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/84910>>. Acesso em: 19 jul. 2016.

FILHO, G. **Dicionário de Termos de Manutenção e Confiabilidade - Edição MERCOSUL Português / Espanhol**. 4ª edição. Ed. Ciência Moderna. Rio de Janeiro, 2006.

LEAL, Fabiano; PINHO, Alexandre Ferreira e ALMEIDA, Dagoberto Alves. **ANÁLISE DE FALHAS ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DO FMEA E DA TEORIA GREY**, 2006. Disponível em: <<http://www.pg.utfpr.edu.br/ppgep/revista/revista2006/pdf/RGIv02n01a8.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2016.

SILVA, Romeu Paulo da. **Gerenciamento do Setor de Manutenção**, 2004. Disponível em: <[http://www.ppga.com.br/mba/2004/silva\\_romeu\\_paulo\\_da.pdf](http://www.ppga.com.br/mba/2004/silva_romeu_paulo_da.pdf)>. Acesso em: 29 jun. 2016.

SIVINI, Paulo Gustavo Lima. **DESENVOLVIMENTO DE UM BANCO DE DADOS DE CONFIABILIDADE: UMA APLICAÇÃO EM ESTAÇÕES REDUTORAS DE GÁS NATURAL**, 2006. Disponível: <[http://www.centrsigma.com.br/arquivos/pdfs/Dissertacao\\_Paulo\\_Sivini.pdf](http://www.centrsigma.com.br/arquivos/pdfs/Dissertacao_Paulo_Sivini.pdf)>. Acesso em: 14 jul. 2016.

XAVIER, Júlio Nascif e DORIGO, Luiz Carlos. **A IMPORTÂNCIA DA GESTÃO NA MANUTENÇÃO Ou Como evitar as “armadilhas” na Gestão da Manutenção**. Disponível em: <[http://www.fatec.edu.br/html/fatecam/images/stories/dspti\\_ii/asti\\_ii\\_texto\\_referencia1\\_gestao\\_manutencao.pdf](http://www.fatec.edu.br/html/fatecam/images/stories/dspti_ii/asti_ii_texto_referencia1_gestao_manutencao.pdf)>. Acesso em: 29 jun. 2016.

ZINGALI, Franco. **DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DE FERRAMENTA DE HIERARQUIZAÇÃO E MONITORAÇÃO DE RECOMENDAÇÕES DE INSPEÇÃO PARA EQUIPAMENTOS ESTÁTICOS NAS INDÚSTRIAS DO PETRÓLEO, QUÍMICA E PETROQUÍMICA**, 2004. Disponível em: <[http://www.producao.joinville.udesc.br/tgeps/tgeps/2010-02/2010\\_2\\_tcc02.pdf](http://www.producao.joinville.udesc.br/tgeps/tgeps/2010-02/2010_2_tcc02.pdf)>. Acesso em: 14 jul. 2016.