

MAURICIO SÉRGIO DE MARCHI JORGE

ESTUDO DE CASO DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA RCM EM UM
EQUIPAMENTO QUE FAZ PARTE DE UM SISTEMA VITAL DE
CONTROLE DE MOVIMENTAÇÃO DE TRENS

São Paulo

2011

MAURICIO SÉRGIO DE MARCHI JORGE

**ESTUDO DE CASO DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA RCM EM UM
EQUIPAMENTO QUE FAZ PARTE DE UM SISTEMA VITAL DE
CONTROLE DE MOVIMENTAÇÃO DE TRENS**

**Monografia apresentada à
Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para
a obtenção do certificado de
Especialista e Gestão em
Engenharia de Manufatura e
Manutenção – MBA / USP**

**São Paulo
2011**

MAURICIO SÉRGIO DE MARCHI JORGE

**ESTUDO DE CASO DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA RCM EM UM
EQUIPAMENTO QUE FAZ PARTE DE UM SISTEMA VITAL DE
CONTROLE DE MOVIMENTAÇÃO DE TRENS**

Monografia apresentada à
Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para
a obtenção do certificado de
Especialista e Gestão em
Engenharia de Manufatura e
Manutenção – MBA / USP

Área de Concentração:
Engenharia de Manutenção

Orientador: Prof. Dr.
Gilberto Francisco M. de Souza

São Paulo
2011

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha mãe Mirian, a
minha esposa Ana Luiza e a meus filhos
Giovanni e Gian Lucca

AGRADECIMENTOS

Aos professores Gilberto F. M. de Souza e Rodolfo Molinari por proporcionarem oportunidade ao vasto conhecimento adquirido no transcorrer do curso.

Aos amigos N. Takahashi, J. Ruiz, A. Parpinelli, M. Kawasaki e F. Giovanni, que de uma maneira ou outra proporcionaram a realização, não só deste trabalho, mas também de todo o curso.

RESUMO

O Objetivo deste trabalho é apresentar uma aplicação da metodologia de RCM – Reliability-centered Maintenance, também conhecida por MCC – Manutenção Centrada em Confiabilidade em um equipamento que faz parte de um sistema vital de controle de movimentação de trens, onde o foco não é a melhora da confiabilidade mas sim a redução de custo utilizando-a como ferramenta de auxílio à decisão sobre a escolha do melhor método de manutenção, observando as consequências operacionais de falhas de um mesmo modelo de equipamento utilizado em contextos operacionais diferentes. O resultado do estudo demonstra que, por vezes, o melhor pode ser “deixar quebrar”, com custos menores de manutenção, quando operacionalmente, não houver consequências significativas. Além disso, se vê que o custo da aplicação da metodologia pode ser recuperado rapidamente devido à economia conseguida com a adequação das atividades executadas, com a possível redução de mão de obra utilizada.

Palavras-chave: Manutenção. Confiabilidade. Transporte sobre trilhos.

ABSTRACT

The aim of this study is to determine if the application of the methodology of RCM - Reliability-centered Maintenance, also known as MCC - Manutenção Centrada em Confiabilidade of equipment which is part of a vital system to control movement of trains where the focus is not improvement in reliability but cost reduction by using it as a tool to aid decision on choosing the best method of maintenance, observing the operational consequences of failures of the same model of equipment used in different operational contexts. The study result shows that sometimes the best may be "break left", with lower maintenance cost, when operationally, there are not significant consequences. Moreover, we see that the cost of applying the methodology can't be recovered quickly due to savings from the adequacy of work done, with the possible reduction of labor used.

Keywords: Maintenance. Reliability. Rail transportation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Malha ferroviária no Brasil	15
Figura 2 – Rede de transporte metrô – ferroviário em São Paulo	18
Figura 3 – Expectativas crescentes da manutenção.....	21
Figura 4 – Mudança da visão de falha do equipamento	22
Figura 5 – Padrões de falhas	23
Figura 6 – Distribuição dos padrões de falhas em estudo realizado na aviação civil	24
Figura 7 – Exemplo de interligação de circuitos de via	27
Figura 8 – Exemplos de ocupações de circuitos com composições	28
Figura 9 – Posicionamento das caixas CMV's.....	29
Figura 10 – Ocupação de circuito, código zero e sinal de parada	31
Figura 11 – Esquema atual de preventivas em CMV's	33
Figura 12 – Atividades preventivas em CMV's de via principal em túneis.....	50
Figura 13 – Atividades preventivas em CMV's de via principal em céu aberto.....	50
Figura 14 – Atividades preventivas em CMV's de via principal em elevado.....	51
Figura 15 – Atividades preventivas em CMV's de via dos pátios	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Concessões de malhas ferroviárias no Brasil	14
Tabela 2 – Plano anual de atividades preventivas para CMV's antes do estudo .	33
Tabela 3 –Plano anual de atividades preventivas para CMV's após estudo	53
Tabela 4 – Comparação de redução de atividades programadas e de mão de obra após plano de RCM	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IFE	Inspetoria Federal de Estradas
DNEF	Departamento Nacional de Estradas de Ferro
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
RFFSA	Rede Ferroviária Federal S.A.
FEPASA	Ferrovias Paulista S.A
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
CVRD	Companhia Vale do Rio Doce
ALL	América Latina Logística do Brasil S.A
ANTF	Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários
CBTU	Companhia Brasileira de Trens Urbanos
DF	Distrito Federal
CPTM	Cia Paulista de Trens Metropolitanos
RCM	Reliability-centered Maintenance, idem a MCC
MCC	Manutenção centrada em confiabilidade
CDV	Circuito de via
CMV	Caixa margem de via
ATP	Automatic Train Protection
RX	Receptor
TX	Transmissor
I	Corrente elétrica
AF	Áudio Frequência
AC	Corrente Alternada
Hz	Hertz
I1	Roteiro de MP de Inspeção e verificação
P1	Roteiro de MP de limpeza e ajustes
P2	Roteiro de MP de limpeza
MP	Manutenção Preventiva
C1	Criticidade 1
C2	Criticidade 2
C3	Criticidade 3
C4	Criticidade 4

MTBF	Mean Time Between Failure
Hxh	Homem x hora
CMT	Controle de Movimento de Trem
MUX	Multiplex
FSK	Sinal Chaveado em Frequência
TXR	Cartão Transmissor
RXR	Cartão Receptor
ECV	Eletrônica de Circuito de Via
PCL	Painel de Comando Local
TB	Borne de Terminais
DMX	Cartão Demultiplex
GSM	Cartão Gerador de Seção de Multiplex
IMX	Cartão Interface Multiplex
S8	Tipo de conexão de fiação ligada ao trilho
VTC	Transformador de tensão de acoplamento
MPX	Cartão Multiplex
SIN SCR	Sinal de sincronismo
Zbond	Bobina de impedância conectada aos trilhos
Bpoint	Tipo de receptor de sinal de via
CIA	Caixa de Interface de Antenas
Vcc	Tensão em corrente contínua

SUMÁRIO

1	TRANSPORTE SOBRE TRILHOS NO BRASIL	13
1.1	HISTÓRICO.....	13
1.2	TRANSPORTE DE CARGAS NO BRASIL	15
1.3	TRANSPORTE DE PASSAGEIROS NO BRASIL	16
2	FUNDAMENTOS DE MANUTENÇÃO	19
2.1	INTRODUÇÃO.....	19
2.2	HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO	19
2.3	DIFERENTES VISÕES DA MANUTENÇÃO	21
2.4	TIPOS DE MANUTENÇÃO	24
3	O EQUIPAMENTO DO ESTUDO	26
3.1	DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO.....	26
3.2	ONDE SÃO INSTALADAS AS CMV's.....	26
3.3	FUNCIONAMENTO DAS CMV's.....	29
3.4	ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO NAS CDV's	32
3.5	PADRÕES DE ATENDIMENTO	34
4	O ESTUDO	36
4.1	A METODOLOGIA RCM OU MCC	36
4.2	TEMPO E GRUPO DE ESTUDO.....	40
4.3	FUNÇÕES DO EQUIPAMENTO	41
4.4	OBSERVAÇÕES RELEVANTES DO PROCESSO	41
5	ALTERAÇÕES DECORRENTES DO ESTUDO.....	44
5.1	CONSEQUÊNCIA OPERACIONAL DAS FALHAS.....	44
5.2	CLASSIFICAÇÃO DAS CMV's.....	45
5.3	VERDADES SOBRE AS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO	47
5.4	NOVO PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA.....	49
6	RESULTADO OBTIDO	55
6.1	VALORES INVESTIDOS X VALORES OBTIDOS.....	55
7	CONCLUSÕES.....	57
	ANEXO 1 – PLANILHA DE ANÁLISE – RCM.....	62
	ANEXO 2 – PLANILHA DE TAREFAS.....	92

1 TRANSPORTE SOBRE TRILHOS NO BRASIL

1.1 HISTÓRICO

Em 1922, o sistema ferroviário brasileiro era composto de quase 30.000 quilômetros de extensão. Entre 1922 e 1974 destacam-se alguns fatos relevantes (informações via rede)¹:

- 1930 – introdução da tração elétrica em substituição da tração a vapor em alguns trechos;
- 1939 – substituição da tração a vapor pela diesel - elétrica;
- 1942 – criação da companhia Vale do Rio Doce, que absorveu a Estrada de Ferro Vitória a Minas Gerais;
- Final da década de 30 – reorganização e saneamento das estradas de ferro existentes, sendo criada a Inspetoria Federal de Estradas - IFE, órgão do Ministério de Viação e Obras Públicas;
- 1941 – instituição do Departamento Nacional de Estradas de Ferro - DNEF e do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER, pelo Decreto Lei n.º 3.155, de 28/03/1941;
- 1957 – criação da Rede Ferroviária Federal S.A. - RFFSA pela Lei n.º 3.115, de 16/03/1957, unificando administrativamente as 18 estradas de ferro pertencentes à União;
- 1971 – unificação das estradas de ferro do Estado de São Paulo, com a criação da FEPASA - Ferrovia Paulista S.A., pela Lei n.º 10.410/SP;
- 1974 – extinção do DNEF em dezembro de 1974, transferindo suas funções para a Secretaria-Geral do Ministério dos Transportes.

Já em 1992, teve início o processo de desestatização do setor ferroviário, pelo Decreto n.º 473/92, a partir da inclusão da Rede Ferroviária Federal S.A. - RFFSA no Programa Nacional de Desestatização. A concessão foi cedida por um período de 30 anos, prorrogáveis por mais 30. A concessão das malhas ferroviárias ocorreu conforme demonstra a tabela 1.

¹ Dados obtidos através do sítio da Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT – 2011.

Tabela 1 - Concessões de malhas ferroviárias no Brasil

Malhas Regionais	Data do Leilão	Concessionárias	Início da Operação	Extensão (Km)
Oeste	05.03.96	Ferrovias Novoeste S.A	01.07.96	1.621
Centro-Leste	14.06.96	Ferrovias Centro-Atlântica S.A	01.09.96	7.080
Sudeste	20.09.96	MRS Logística S.A.	01.12.96	1.674
Tereza Cristina	26.11.96	Ferrovias Tereza Cristina S.A.	01.02.97	164
Sul	13.12.96	ALL-América Latina Logística do Brasil S.A	01.03.97	6.586
Nordeste	18.07.97	Companhia Ferroviária do Nordeste	01.01.98	4.238
Paulista	10.11.98	Ferrovias Bandeirantes S.A.	01.01.99	4.236
			Total	25.599

Fonte: Sítio da Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT – 2011

Em 28/06/97, o Governo Federal outorgou à Companhia Vale do Rio Doce - CVRD, no processo de sua privatização, a exploração por 30 anos, prorrogáveis por mais 30, das Estrada de Ferro Vitória a Minas Gerais e Estrada de Ferro Carajás, utilizadas basicamente no transporte de minério dessa companhia. Além das malhas da RFFSA e das estradas de ferro da Companhia Vale do Rio Doce, a ANTT é responsável pelas seguintes concessões:

Ferrovias Norte Brasil S.A. - FERRONORTE.

Estrada de Ferro Mineração Rio do Norte;

Estrada de Ferro Jari;

Estrada de Ferro Trombeta;

Estrada de Ferro Votorantim;

Estrada de Ferro Paraná Oeste S.A. - FERROESTE;

1.2 TRANSPORTE DE CARGAS NO BRASIL

Atualmente a malha ferroviária em operação no Brasil é responsável pelo transporte de 25% das cargas do país, totalizando 28.476 km, divididos em 12 concessões, que estão sob a responsabilidade de 10 concessionárias, sendo que 9 são empresas privadas, conforme pode ser visto no mapa da figura 1, onde se nota uma maior concentração das malhas na região sudeste do país.

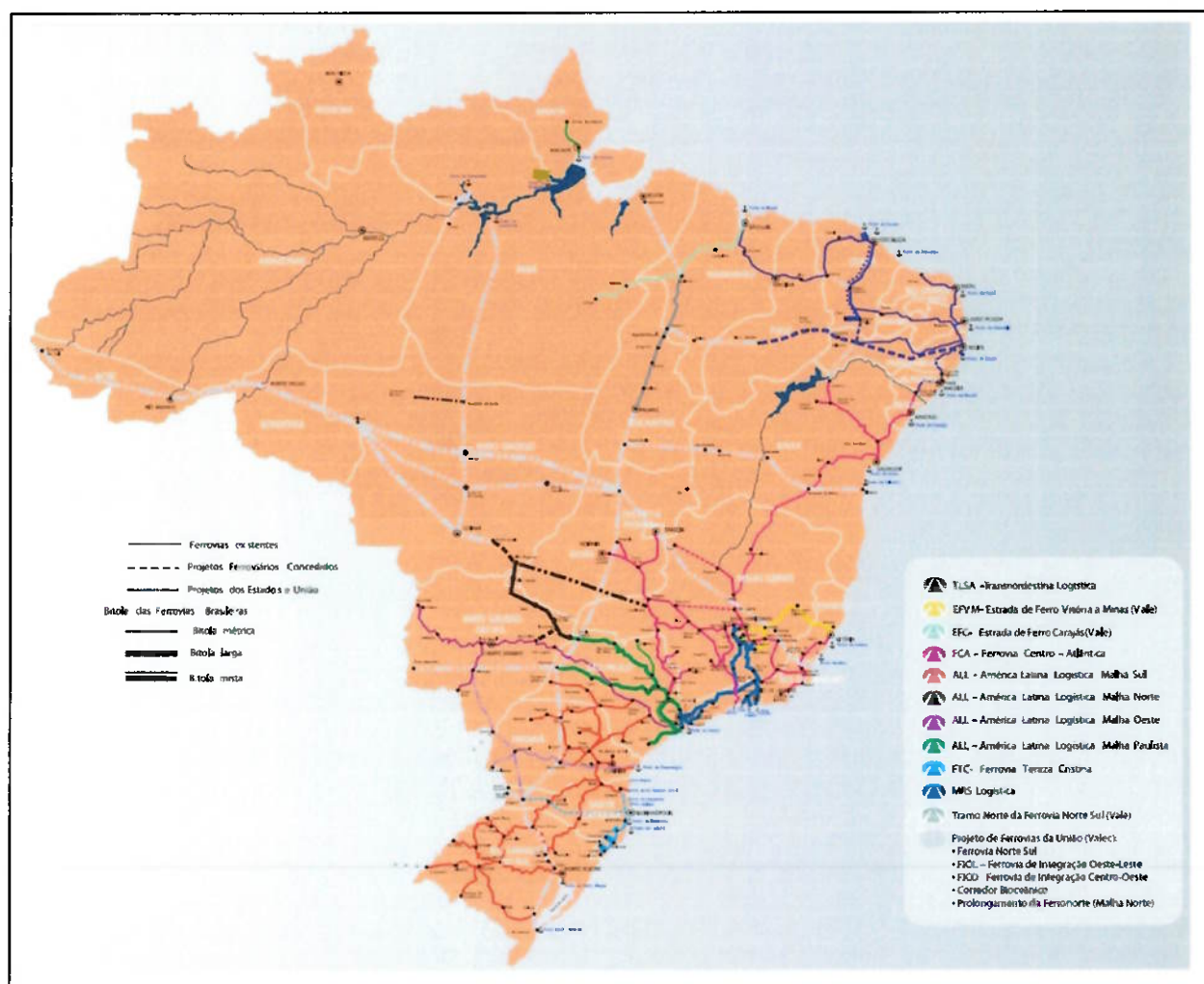


Figura 1 – Malha ferroviária no Brasil – Sítio da ANTT (2011)

A movimentação de cargas pelas ferrovias subiu de 253,3 milhões de toneladas em 1997 para 471 milhões em 2010, os índices de acidentes foram reduzidos em 79,7% e a frota de material rodante cresceu 128,3% neste período (sítio – ANTF - 2011).

Para que a movimentação de cargas tenha tido este grande aumento concomitantemente com a redução de acidentes fez-se necessário um notável investimento em equipamentos e aprimoramento tecnológico. Quando se tem maior automação e maior utilização de tecnologia, maior será a necessidade de mão de obra especializada e a utilização de ferramentas específicas, principalmente no que tange a manutenção. Conforme Moraes e Castrucci (2007), “o grande desafio enfrentado pelas empresas decorre de transformações causadas pela velocidade com que têm sido gerados novos conhecimentos”, sendo de suma importância a capacitação do recurso humano. Ainda de acordo com Moraes e Castrucci (2007), “com as constantes mudanças tecnológicas, os profissionais que não a acompanharem ficarão profundamente inabilitados para o exercício da profissão”. Nagao (1988) também cita em seu trabalho, a importância do homem na manutenção. Segundo ele, nada adianta possuir as melhores ferramentas e sistemas de manutenção sem o domínio do uso adequado destas técnicas pelo homem. Deve-se investir continuamente na educação e formação dos funcionários, buscando seu desenvolvimento profissional.

1.3 TRANSPORTE DE PASSAGEIROS NO BRASIL

Em contra-partida à movimentação de cargas, que se dá geralmente a longas distâncias, o transporte de passageiros sobre trilho no Brasil, ocorre quase sempre regionalmente, principalmente com trajetos menores nas cidades e seus municípios vizinhos. Neste contexto podemos citar as seguintes empresas operadoras:

- Trensurb operando em Porto Alegre com 33,8 km de vias e 17 estações, transportando aproximadamente 135 mil passageiros / dia (sitio da Trensurb - 2011).
- Companhia Brasileira de Trens Urbanos – CBTU operando em Recife, Belo Horizonte, Natal, João Pessoa e Maceió, totalizando cerca de 212 km de via com 92 estações, transportando aproximadamente 300 mil passageiros / dia (sitio da CBTU - 2011).

- Metrô DF operando em Brasília – Distrito Federal, totalizando 42 km de via com 24 estações, transportando aproximadamente 140 mil passageiros / dia (sitio do metrô DF - 2011).
- Supervia trens urbanos operando no Rio de Janeiro, com 225 km de via e 89 estações, transportando aproximadamente 370 mil passageiros / dia (sitio da supervia - 2011).
- MetroRio operando no Rio de Janeiro, com 56,2 km de via e 35 estações, transportando aproximadamente 1,1 milhão passageiros / dia (sitio do metroRio - 2011).
- Cia do Metropolitano de São Paulo – Metrô, operando na cidade de São Paulo, com 65,3 km de via e 58 estações, transportando em média 3,6 milhão passageiros / dia (sitio do metrô de SP - 2011).
- Via Quatro – Empresa concessionária da linha 4 do metrô de São Paulo, empresa do grupo CCR, ainda operando em fase experimental, em horários reduzidos com a perspectiva de transportar cerca de 750 mil usuários em sua primeira fase de funcionamento (sitio da Via Quatro - 2011).
- Cia Paulista de Trens Metropolitanos – CPTM, operando na cidade de São Paulo, com 260,8 km de via e 89 estações, transportando aproximadamente 2,1 milhão passageiros / dia (sitio da CPTM - 2011).

A figura 2 mostra a malha ferroviária de transportes de passageiros de São Paulo, com as linhas da CPTM, Metrô de São Paulo e Via Quatro, Juntas.

De acordo com os dados do ano de 2010 obtidos nos sítios das empresas CPTM e Metrô, cada uma destas operadoras de transporte sobre trilhos, transportam uma quantidade surpreendente de pessoas por dia. Só a companhia do Metrô de São Paulo tem mais de três milhões e meio de pessoas / dia. Em agosto de 2011, foi divulgado em várias mídias um novo recorde de passageiros transportados em um único dia na companhia do metrô de São Paulo. Os números foram superiores a quatro milhões e cem mil usuários em um único dia, já considerando a linha 4 amarela, que é operada pela concessionária via 4.

Desta forma a operação dos sistemas passa a ser crítica, e na ocorrência de falhas pode-se ter situações perigosas, com alto risco, seja para os bens (patrimônio), seja para as pessoas (usuários e funcionários). Torna-se cada vez mais necessário a redução de falhas e interferências nos sistemas. Em encontro desta necessidade, foi realizado um estudo baseado na aplicação da metodologia de RCM (manutenção

centrada em confiabilidade) em um sistema vital de controle de movimentação de trens instalados ao longo das vias em uma empresa de transporte de passageiros sob trilhos. Neste trabalho, parte deste estudo será abordada bem como suas conclusões.

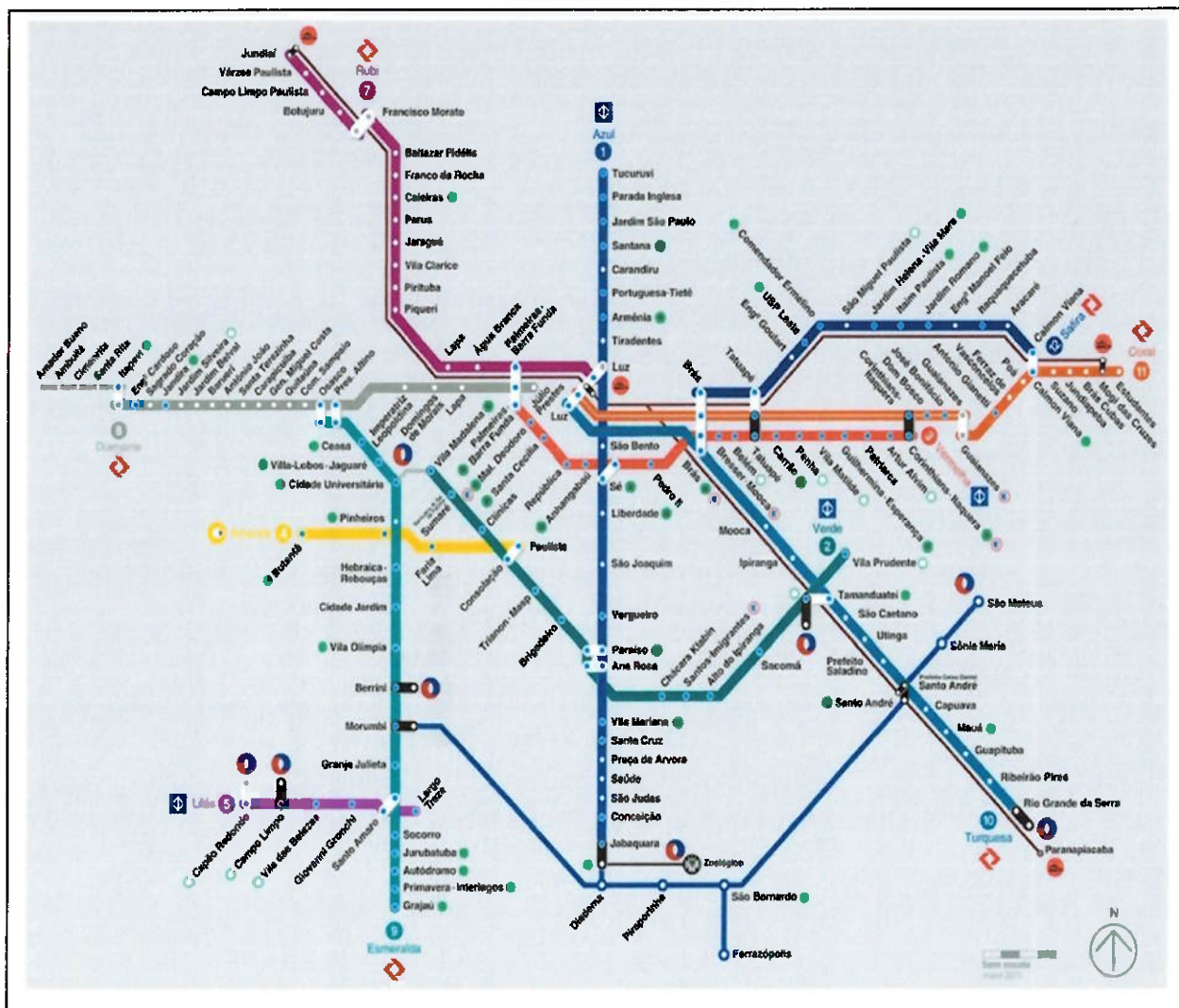


Figura 2 – Rede de transporte metrô – ferroviária em São Paulo – Sítio da CPTM (2011)

2 FUNDAMENTOS DE MANUTENÇÃO

2.1 INTRODUÇÃO

Sem dúvida, uma das disciplinas que teve grande evolução nos últimos tempos, é a que diz respeito à manutenção. Esta grandiosa evolução deve-se em parte pelo aumento significativo dos processos produtivos bem como a complexidade de seus componentes, sejam máquinas, instalações, equipamentos etc.

A sociedade como formada hoje, tem uma dependência tal em relação aos métodos automáticos de produção e serviços cuja existência destes métodos torna-se vital.

Os níveis de consumo de produtos e a utilização de serviços atuais só podem ser atingidos com muito automatismo. Neste universo, não é possível imaginar uma ligação telefônica entre países sendo realizado manualmente por uma telefonista, por exemplo. Observa-se em nossas estradas, grandes filas em cabines de pedágio com cobrança manual em contrapartida a rápida passagem por cabines com cobrança automatizada. Na área produtiva, observa-se a produção cada vez mais dependente de maquinário tecnológico com grandes volumes de produção, que nem sempre conseguem atender a crescente demanda do mercado, mesmo com aumento constante da quantidade produzida.

Sob essa ótica do consumo em larga escala, da alta produtividade, das comunicações imediatas, dos serviços eficientes, não se obtém resultados satisfatórios tratando a manutenção como simples atividade de conserto de máquinas e equipamentos, mas sim como uma filosofia de pensar e agir de forma estratégica e racional, seguindo sempre as mesmas diretrizes da alta gestão das organizações.

2.2 HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO

Quando se pensa em manutenção, observa-se que desde os tempos das caravelas já existia a figura do consertador, do mantenedor que tinha a função básica de manter a embarcação navegando, da maneira que fosse possível. O simples ato de

costurar a vela da embarcação consistia em uma tarefa de manutenção para que o vento pudesse continuar a servir de força impulsora.

Conforme Moubrey (2000) descreve, pode-se dividir as fases da manutenção em três períodos da história:

1 – A manutenção até a segunda guerra mundial

Era marcada basicamente pelo ato de “quebra – conserta”, isto é, só realizava-se o conserto após a ocorrência de uma quebra (manutenção corretiva). Por um lado os equipamentos eram sobre dimensionados, por outro a quebra e o tempo de parada não importavam muito, as máquinas eram mais simples e de fácil conserto, praticamente não era realizada nenhuma atividade planejada de manutenção (Siqueira, 2005). As máquinas requeriam somente limpeza e lubrificação.

2 – A manutenção após a segunda guerra mundial até meados dos anos 60

A demanda por bens aumentou substancialmente, por outro lado houve uma considerável redução de mão de obra, fazendo com que se buscasse um aumento da mecanização nos processos produtivos. As máquinas se tornaram mais presentes e também mais complexas, exigindo maior tempo para reparo quando quebravam e gerando perdas maiores. Busca-se trabalhar a prevenção das falhas (manutenção preventiva), para que o custo das perdas seja menor, além disso desenvolve-se o conceito de prolongar ao máximo a vida do equipamento (ativo). Nesta época, o que se fazia era basicamente programar atividades de revisões em intervalos fixos de tempo.

3 – A manutenção após meados dos anos 80

Após meados dos anos 80, já ocorria o consumo de bens industrializados em larga escala. A concorrência, a necessidade de custos mais baixos, a elevação do custo da mão de obra torna a manutenção alvo da busca pela qualidade, confiabilidade, maior disponibilidade dos ativos etc. Alguns setores da economia passam a ter maior dependência dos processos automáticos (telecomunicações, saúde, entre outros), além disso, ocorre uma forte idéia de preservação do meio ambiente, de garantia e segurança dos produtos e serviços.

Nestas três fases de desenvolvimento da manutenção verifica-se um aumento de expectativas do que se espera da manutenção, conforme pode ser visto na figura 3. Além disso, conforme Moubray (2000) descreve em seu livro, o custo da manutenção em si esta aumentando, em termos absolutos e proporcionalmente à despesa total. Para algumas organizações ele é o primeiro ou no máximo o segundo maior elemento de custos operacionais. Daí fica fácil entender o porquê este custo saiu de quase inexistente para o topo da lista de prioridades para controle em cerca de trinta anos.

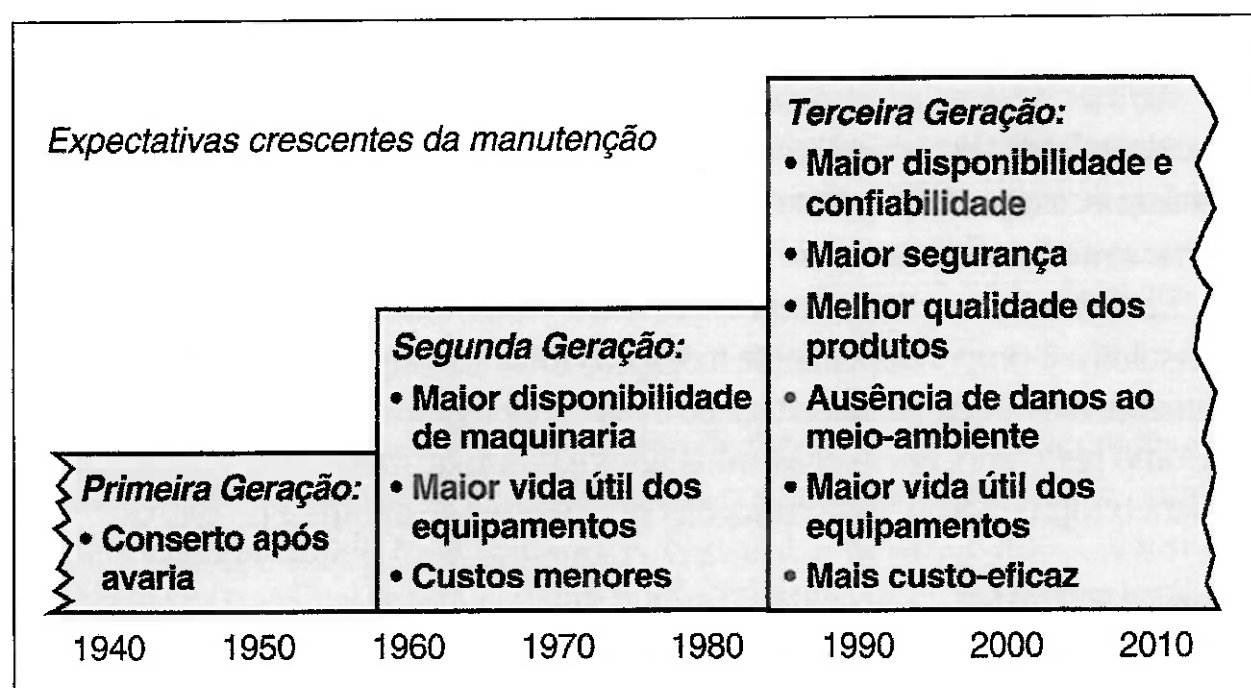


Figura 3 – Expectativas crescentes da manutenção (Moubray, p. 5, 2000)

2.3 DIFERENTES VISÕES DA MANUTENÇÃO

Um outro fator que se pode avaliar é a mudança da visão de falhas em um equipamento ao longo do tempo. Na primeira geração tinha-se a visão que as falhas apresentavam um aumento de ocorrências conforme a idade do equipamento, ou seja, quanto mais velho fosse o equipamento, maior seria o desgaste por uso e maior seria a quantidade de falhas que ocorreriam.

Já na segunda geração, havia a visão de que as falhas ocorreriam de forma bastante relacionada com a curva da banheira, ocorrendo em maior quantidade no início da vida do equipamento e no final da sua vida útil (primeira e terceira fases).

Como Carazas (2011) demonstra em seu trabalho, as três fases da curva da banheira podem ser definidas da seguinte forma:

- Fase 1: período inicial da curva onde ocorre uma alta probabilidade de ocorrências de falhas, analogamente aos seres humanos, conhecida como mortalidade infantil do equipamento. Esta fase está ligada ao início da vida operacional do equipamento, com maior probabilidade de falhas causadas por erros de montagem e projetos. O equipamento pode ainda depender de calibrações e ajustes para seu perfeito funcionamento.
- Fase 2: período em que ocorrem falhas aleatórias, onde a taxa de falhas é próxima de uma constante.
- Fase 3: período em que ocorre novo aumento na taxa de falhas, agora relacionadas ao fim do período da vida útil do equipamento. É a fase onde falhas inesperadas ocorrem com mais frequência.

Através de estudos realizados na terceira geração comprovou-se a existência de seis padrões diferentes de ocorrências de falhas, conforme Moubray (2000) demonstra em seu livro, e como pode ser visto na figura 4.

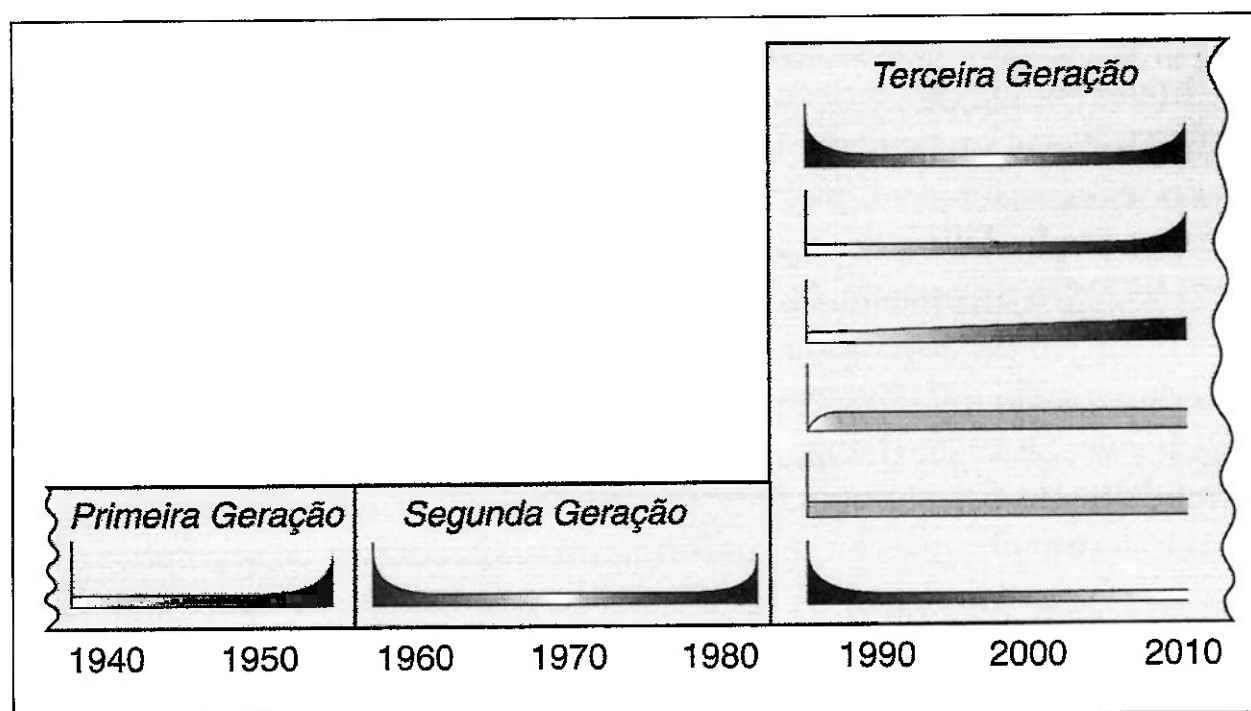


Figura 4 – Mudança da visão de falha do equipamento (Moubray, p. 4, 2000)

Na figura 5 são observados os seis padrões de falhas com suas características. Os padrões A, B e C geralmente estão associadas com fadiga, corrosão, abrasão e evaporação, sistemas mecânicos podem se encaixar nestes padrões.

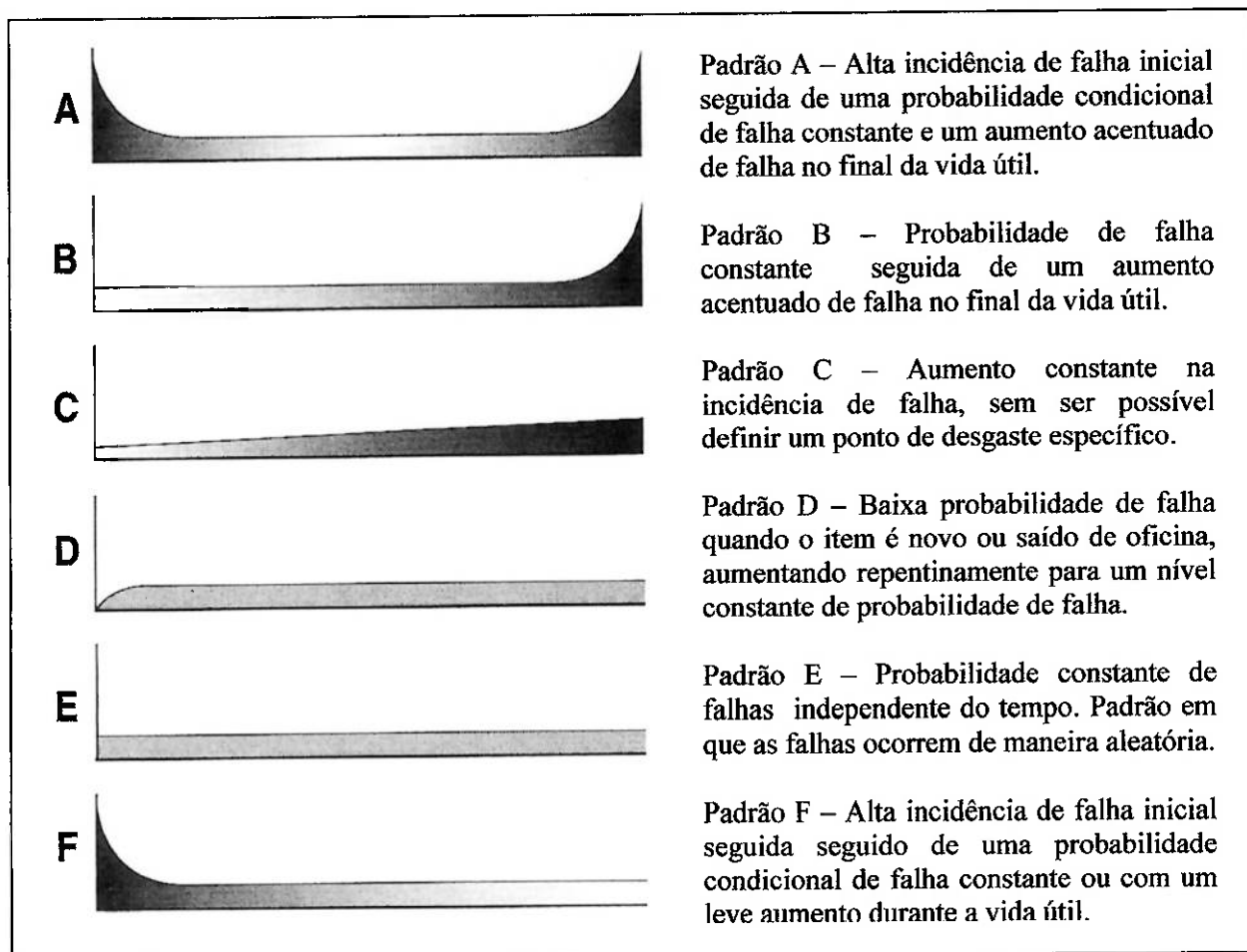


Figura 5 – Padrões de falhas – Moubray (2000)

Equipamentos mais simples ou componentes individuais geralmente estão associados aos padrões A e B. Já equipamentos complexos, formados por muitos componentes, podem se encaixar nos padrões C, D, E e F. Geralmente equipamentos puramente eletrônicos se encaixam no padrão E, com taxa de falhas aleatórias.

Conforme Moubray (2000) cita em seu livro, estudos realizados em aeronaves civis demonstraram que 4% das falhas obedecem ao padrão A, 2% ao padrão B, 5% ao padrão C, 7% ao padrão D, 14% ao E e 68% ao padrão F. Apesar dos números estarem relacionados com aeronaves, ainda assim evidenciam que quanto mais complexos sejam os equipamentos, maior será a probabilidade de encontrarmos os padrões E e F para as falhas. O gráfico da figura 6 evidencia a diferença entre os percentuais encontrados no estudo citado por Moubray (2000).

DISTRIBUIÇÃO DOS PADRÕES DE FALHAS

Estudo realizado na aviação civil - Moubray (2000)

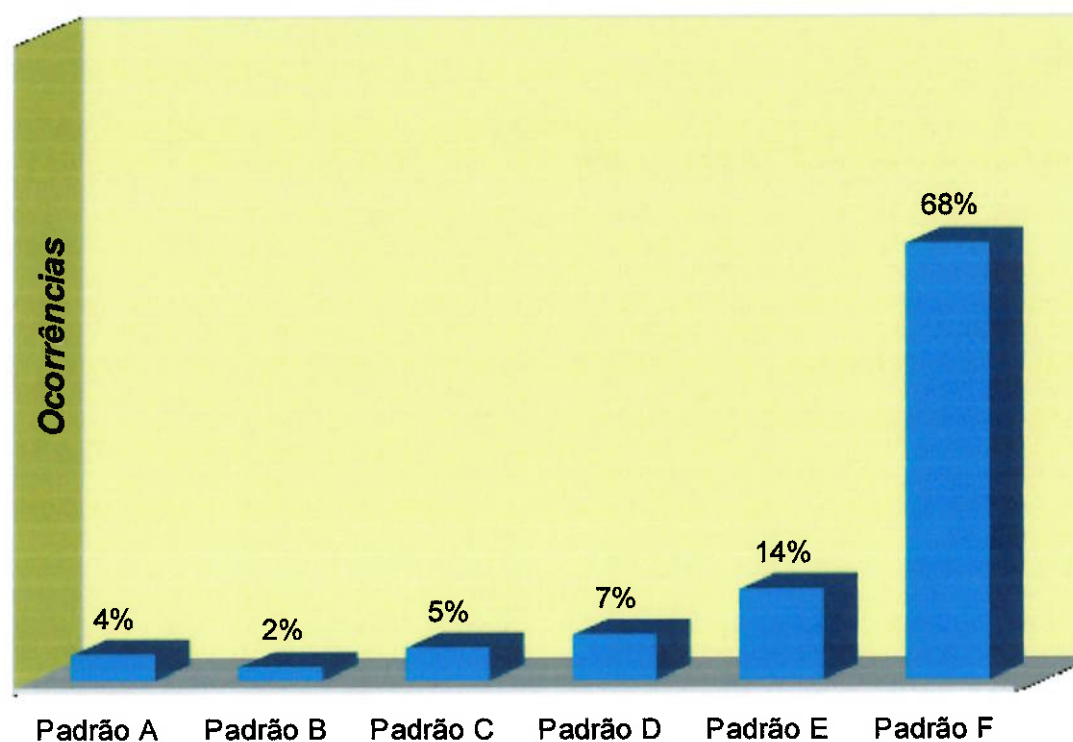


Figura 6 – Distribuição dos padrões de falhas em estudo realizado na aviação civil -- Moubray (2000)

2.4 TIPOS DE MANUTENÇÃO

Quanto aos tipos de manutenção, podemos classifica-la em três divisões básicas: Manutenção corretiva, manutenção preventiva e manutenção preditiva.

- Manutenção Corretiva

Como o próprio nome diz, é realizada para correção de um desvio (falha). O equipamento funciona até a sua falha. Após a falha ocorre a manutenção. É justificada em equipamentos cuja manutenção seja simples, rápida e barata.

- Manutenção Preventiva

Tem como premissa reduzir ou eliminar as probabilidades de ocorrência de falhas com atividades de lubrificação, substituição, verificação etc, em intervalos pré-

determinados. Geralmente utilizada quando as falhas têm consequências mais graves e sérias, quando os equipamentos são caros e suas falhas geram custos elevados (seja com a parada ou com o próprio conserto do equipamento), quando há riscos de segurança ou ao meio ambiente.

- Manutenção Preditiva

Realiza intervenções nas máquinas e instalações somente quando são necessárias, monitorando as condições de utilização para determinar quando esta intervenção deverá ocorrer. Este tipo de manutenção visa otimizar os recursos, não realizando atividades de manutenção periódicas excessivas mas não chegando ao ponto de necessitar de manutenções corretivas, medindo parâmetros para identificar a hora correta de realizar a intervenção. Seu maior problema é que o custo para realizar a medição de parâmetros geralmente é alto.

Outras definições são na verdade variações ou combinações destes três tipos de manutenção.

Então, qual é o melhor tipo de manutenção, qual deve ser utilizada, qual a mais barata, qual a melhor, qual a mais correta? Uma das melhores respostas para estas perguntas, na minha opinião, foi dada por Xenos (2004, p. 27):

“A melhor manutenção será a combinação mais adequada dos vários métodos, de acordo com a natureza e criticidade do equipamento para a produção. A tendência mundial é escolher, para cada caso, o método mais adequado, eficiente e econômico”. Em seu trabalho sobre administração da manutenção produtiva, Bortolo (2009) chegou a similar conclusão.

3 O EQUIPAMENTO DO ESTUDO

3.1 DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO

O estudo foi realizado em um equipamento chamado CMV (Caixa Margem de Via), instalada ao longo das vias em uma empresa de transporte sobre trilhos na cidade de São Paulo com uma demanda superior a dois milhões de usuários/dia.

O equipamento CMV faz parte de um sistema chamado ATP (*Automatic Train Protection*) que tem por função possibilitar o tráfego seguro de trens por trechos de vias, transferindo informações entre trechos de vias adjacentes para proteção dos trens, operando de forma a garantir que estes não fiquem muito próximos uns dos outros nem entrem nos mesmos trilhos em sentidos opostos, para que não ocorram colisões. Seja em trens de passageiros, seja em trens de carga, o sistema pode operar da mesma forma. A Caixa Margem de Via nada mais é do que uma caixa, geralmente de metal, fixada nas proximidades dos trilhos, de trechos em trechos, contendo cartões eletrônicos, componentes eletrônicos, cabos e conexões e que, sendo parte do sistema ATP, transmite e recebe sinais da via, fazendo assim uma interface entre os sinais gerados pelo sistema ATP e a via.

Estas caixas podem estar posicionadas em locais sujeitos a ação do sol, chuva, poeira, vibração, entre outros e são alvo das atividades de manutenção da empresa.

3.2 ONDE SÃO INSTALADAS AS CMV's

Diferenças podem existir devido ao tamanho das composições. Em trens de passageiros, principalmente nos transportes metropolitanos, geralmente os trens são compostos por um número padrão de carros (vagões). Já em trens de carga, este limite obedece basicamente à carga que se deseja deslocar e a capacidade de tração das locomotivas. Desta forma, cada operadora de transportes pode definir os tamanhos de suas composições e isto influenciará na quantidade (comprimento) de trilhos que será ocupado por uma composição.

As vias, compostas por trilhos, quando inseridas no sistema ATP, são divididas em trechos de forma que se possa detectar a presença das composições ao longo da linha. Estas divisões podem ocorrer com o seccionamento dos trilhos ou não. As divisões têm por finalidade possibilitar a detecção das composições de forma que o controle de movimentações de trens não permita duas composições em um mesmo trecho simultaneamente, sob a penalidade de ocorrer colisões entre as composições.

Os sinais enviados para a detecção da ocupação das composições nos trechos são controlados por um sistema de controle de movimentação de trens, geralmente localizado em um ponto entre os trechos, podendo ser uma estação, uma central de controle ou qualquer outro local que possa abrigar uma estrutura de equipamentos que, ligados por cabeamento até as caixas de margens da via, controlam o fluxo dos trens ao longo das linhas. A figura 7 ilustra esta ligação.

Os circuitos são nomeados a fim de que possam ser distinguidos. Podem ser nomeados de diversas formas, letras e números, só letras, só números, "L" para leste, "O" para oeste, "N" para norte e "S" para sul, "1" para circuitos em uma via chamada via 1, "2" para circuito na via 2, ou qualquer outra forma que possam ser identificados e localizados.

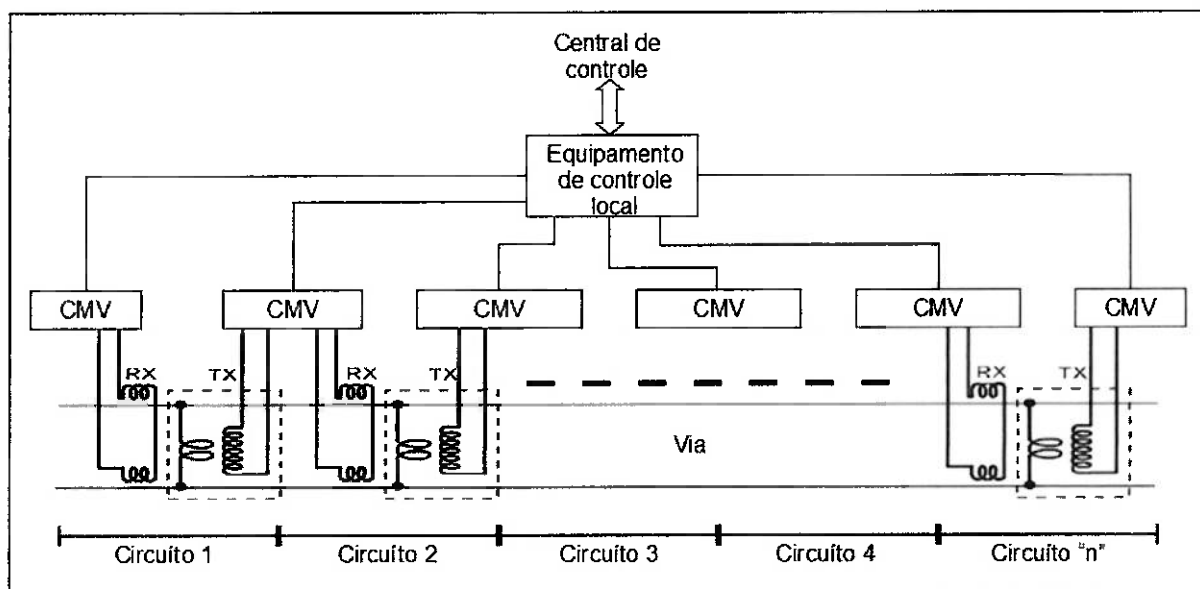


Figura 7 – Exemplo de interligação de circuitos de via

Os tamanhos dos trechos podem variar, geralmente maiores para trens de carga e menores para transporte de passageiros em centro urbanos. Não é incomum

circuitos de mais de dois quilômetros de extensão para trens de carga e de menos de 200 metros para trens de passageiros. Não há impedimentos para que um trem de carga extenso circule por uma via que tem trechos pequenos. O que irá ocorrer é que vários trechos ficarão preenchidos simultaneamente. O contrário também pode ocorrer, sendo que um trecho será preenchido mesmo que só parte dele esteja com uma composição, não gerando nenhum tipo de problema. A figura 8 demonstra algumas destas possibilidades.

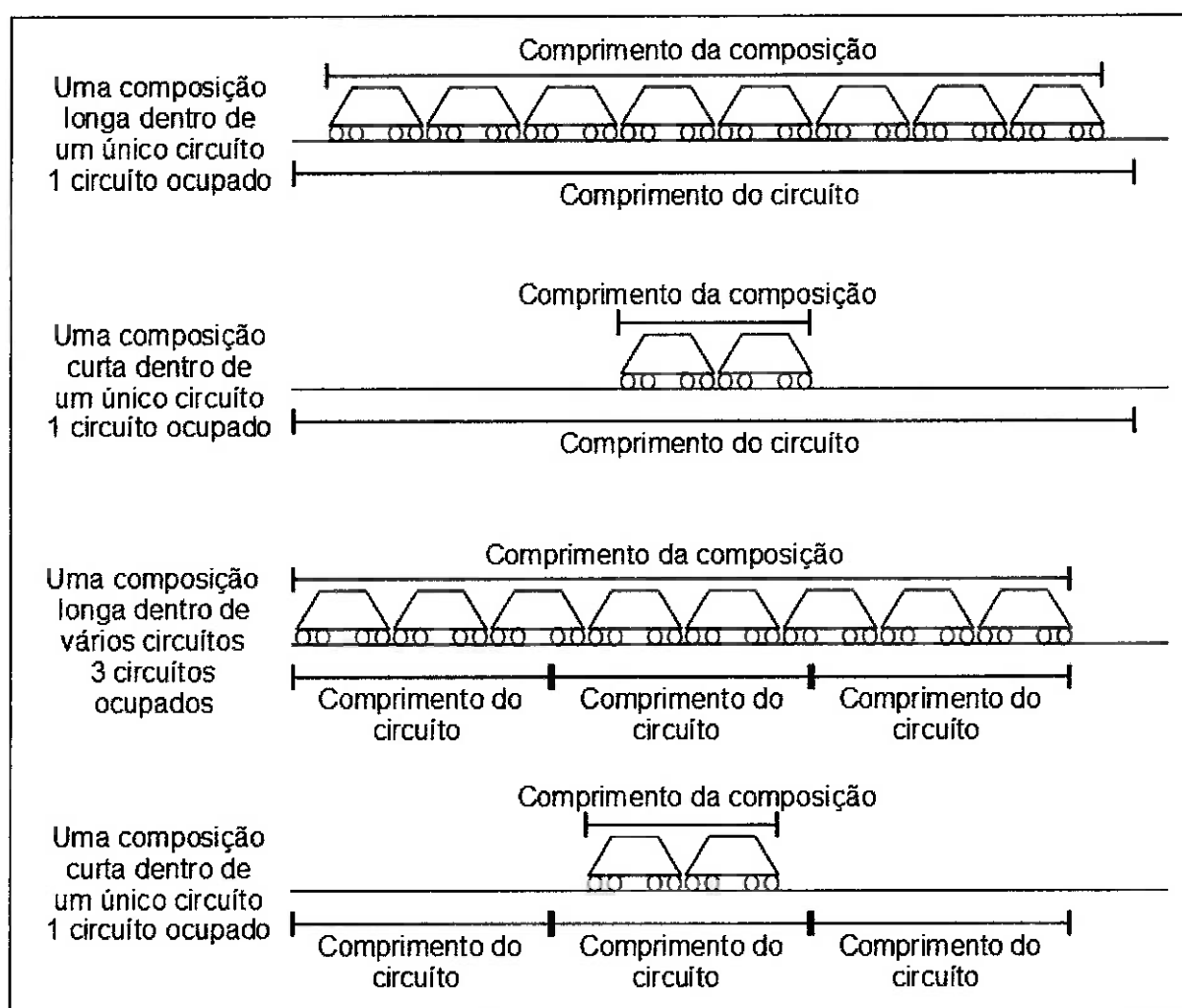


Figura 8 – Exemplos de ocupações de circuitos com composições

O tamanho dos circuitos ou trechos também pode variar em função das necessidades do local.

Uma região de manobra por exemplo, pode ter trechos bem menores. Um estacionamento pode ter trechos maiores, e assim por diante.

Estes trechos são denominados Circuitos de via ou simplesmente CDV.

Em um pátio de manobra pode-se ter vários trechos com diferentes tamanhos e com atividades diversificadas, como vias para testes, para manutenção das composições, para lavagem etc.

As CMV's são instaladas ao longo dos CDV's.

3.3 FUNCIONAMENTO DAS CMV's

Além de detectar a presença ou não de uma composição em um circuito o sistema automático ATP também pode gerar sinais chamados de códigos de velocidade para que a composição circule no trecho de forma segura. Estes códigos são enviados por cabos da central até as CMV's que então injetam estes sinais nos trilhos para que as composições detectem estes sinais e os utilizem para se locomoverem automaticamente no trecho. A figura 9 mostra o posicionamento das caixas CMV's em um circuito e o sinal circulando por ele.

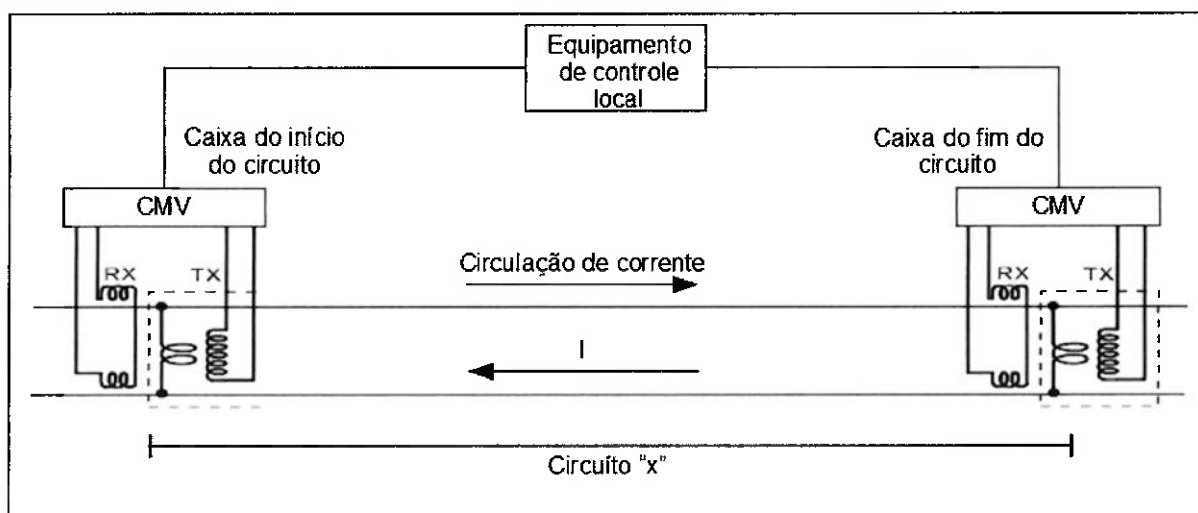


Figura 9 – Posicionamento das caixas CMV's

Em alguns trechos estes sinais são sinais de áudio – frequência ou AF, em outros são simplesmente sinais de corrente alternada AC – de 60Hz. Estes sinais são injetados nos trilhos em uma CMV no ponto inicial de um trecho de trilho e detectados em outra CMV na ponta final do mesmo trecho de trilhos, perfazendo assim um circuito de via. A caixa posicionada na ponta inicial do circuito recebe o sinal proveniente do sistema de controle e transmite este sinal à caixa posicionada

no trecho final do circuito através do próprio trilho de rolamento das composições, a caixa posicionada no final do trecho recebe o sinal e o retransmite ao sistema de controle que interpreta este sinal. Se o sinal enviado para a caixa posicionada na ponta do trecho é recebido pela caixa posicionada na caixa do final do trecho há uma indicação de que não há composição alguma neste trecho. Assim que uma composição adentra ao trecho, (a composição normalmente adentra o trecho pela caixa posicionada no final do mesmo, junto ao sinal de recepção - RX), o sinal deixa de ser recebido pelo sistema de controle, já que o sinal é desviado pelas rodas e eixo da composição, não chegando mais à caixa de recepção, que deixa de enviar o sinal para o sistema de controle que detecta a presença da composição naquele trecho da via. Qualquer falha no sistema leva a uma condição segura (sistema projetado com filosofia de falha segura – *Fail Safe*), porquê qualquer diferença entre o sinal transmitido e recebido ou ausência de sinal é entendido como sendo a presença de uma composição no trecho, cabendo ao sistema de controle não permitir o envio de um sinal diferente de zero ao trecho imediatamente anterior ao ocupado e/ou acionando um sinal para orientação de parada, não permitindo que uma composição se aproxime de outra que se encontra parada. A figura 10 demonstra esta situação.

Em contra partida, qualquer erro no sistema ou falha causa uma paralisação do tráfego de composições ao longo da via, não sendo desejável falhas ou avarias no equipamento, tornando sua manutenção vital para o sistema.

Ao se aproximarem de um circuito de via com falha, os condutores das composições são obrigados a requererem autorização do centro de controle para prosseguir viagem, aumentando assim o tempo total de deslocamento, podendo ocasionar várias paradas das demais composições posicionadas atrás da primeira que chegar ao circuito com falha, dependendo da distância entre elas e da quantidade de composições inseridas na linha.

Em locais e horários críticos de pico de usuários, as plataformas de embarque e desembarque podem ficar super lotadas, causando sérios riscos de graves acidentes com usuários.

Falsas “desocupações” não devem ocorrer devido a concepção do sistema que é projetado para a condição de falha segura, “*fail safe*”, sendo passível ocorrer somente em casos extremos e com negligência da equipe de manutenção, alterando indevidamente parâmetros do equipamento. Tal fato só ocorrerá caso um

instrumento não calibrado seja utilizado ou se os padrões de trabalho não sejam observados.

Da mesma maneira, a ocorrência de colisões entre composições só ocorrerá se houver negligência dos condutores, não requerendo autorização e seguindo viagem ao se deparar com sinais de proibição ou com codificação “zero” de velocidade.

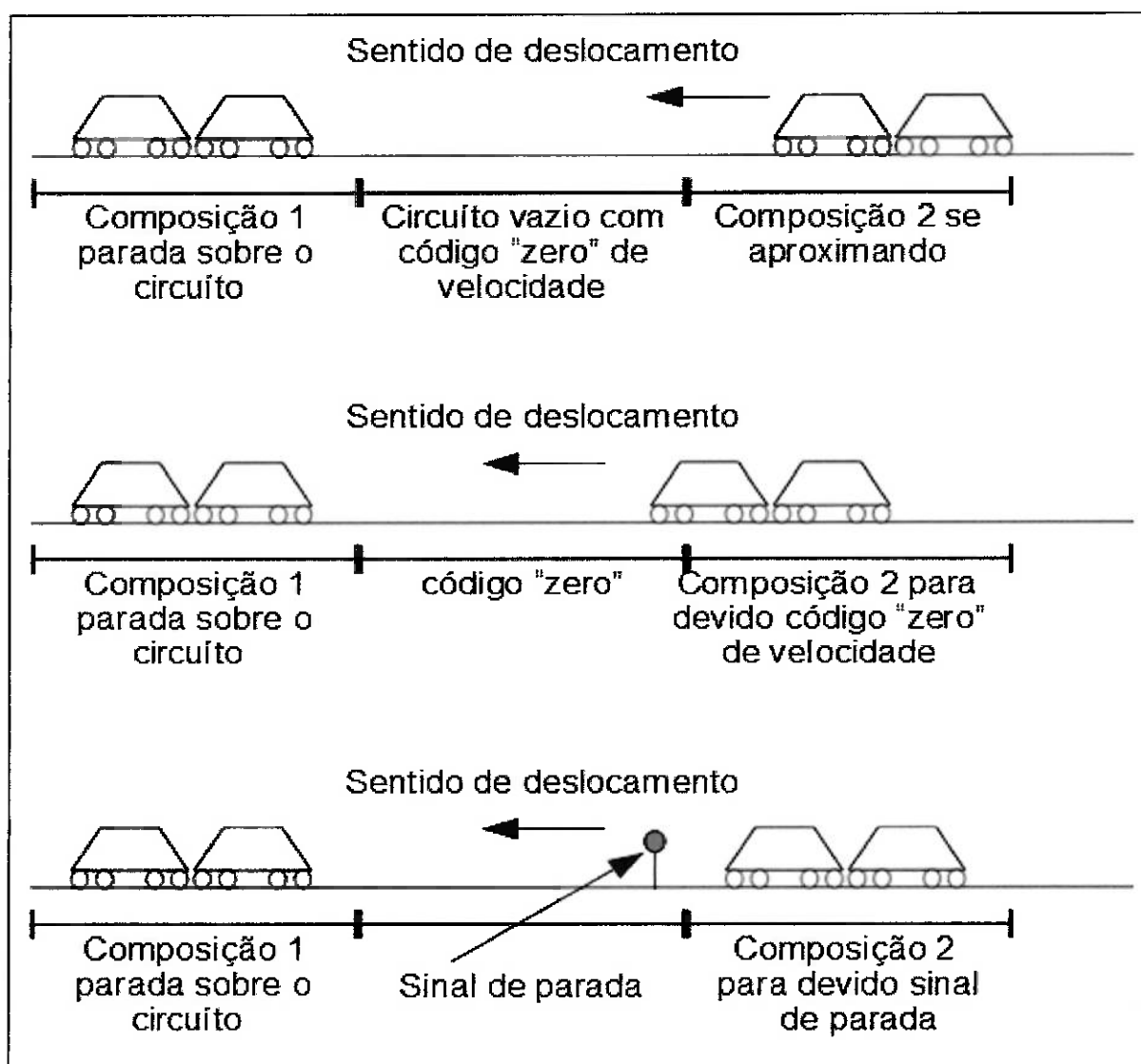


Figura 10 – Ocupação de circuito, código zero e sinal de parada

Desta forma, a empresa investe e treina seus funcionários em um Sistema de Qualidade. Conforme cita Kardec (p. 166, 2009) em seu livro, “podem ocorrer falhas devidas, por exemplo, a sobressalentes inadequados, instrumentos não aferidos e não calibrados, documentação técnica incorreta, entre outros motivos. Daí a

importância de se adotar um Sistema de Qualidade, pois só este sistema é capaz de detectar e prevenir a ocorrência de falhas sistêmicas”.

Na empresa onde foi realizado o estudo, as CMV's encontram-se posicionadas ao longo das vias, seja esta elevada, em túneis ou sob céu aberto, estando sujeitas a vibrações, poeira e clima.

Estas caixas não são seladas, entretanto existem borrachas de vedação que evitam, em parte, a entrada de água e poeira.

Embora muito parecidas, há caixas CMV's com funções diferenciadas, como as caixas de início e final de trechos, caixas para trilhos de desvios e interligações entre vias, caixas para detecção em parte de um trecho (utilizadas para redução de velocidade e detecção de posição específica dentro de um trecho - bpoint), caixas para final de via etc.

Internamente todas as caixas são semelhantes, compostas por cartões eletrônicos, conexões elétricas, fios, suportes mecânicos e componentes eletrônicos.

Na empresa, a época do estudo, havia cerca de 1800 equipamentos instalados em vias principais e cerca de 400 equipamentos instalados nos pátios de manobra.

3.4 ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO NAS CDV's

Nenhuma variação no planejamento das atividades preventivas era levada em conta, embora os equipamentos estivessem instalados em locais diferentes e com funcionalidades também diversas. A única variação ocorria em função do tempo.

As equipes responsáveis pela manutenção preventiva seguiam um plano de manutenção definido por tempo, não levando em consideração qualquer diferenciação na utilização do equipamento, seguindo a especificação do fornecedor do equipamento. Uma equipe de atuação em equipamentos instalados nos pátios atua em horário diurno, outra equipe atua fora do pátio, em vias principais no horário noturno, executando as atividades fora do horário de circulação de composições.

De um modo geral, seguia-se a seguinte regra: Eram realizados roteiros de inspeção, verificação, ajustes e limpeza das caixas. Os roteiros de inspeção e verificação (I1) ocorriam de dois em dois anos. Os roteiros de limpeza e ajustes (L1) ocorriam uma vez a cada dois anos em caixas localizadas em túnel e pátios e de

seis em seis anos em caixas fora de túneis. Isto ocorria devido maior presença de poeira em túneis. Isto fazia com que as caixas localizadas em túneis fossem visitadas pela equipe preventiva a cada ano, sendo um ano para inspeção e verificação e outro ano para limpeza e ajustes, e as caixas localizadas fora de túneis recebiam visitas a cada dois anos, conforme pode ser visto na figura 11.

O plano anual de atividades tinha 591 programações, utilizando 6535 Hxh/ano. Destas atividades 416 eram realizadas ao longo das vias principais e 175 eram realizadas nos pátios, conforme pode ser observado na tabela 2.

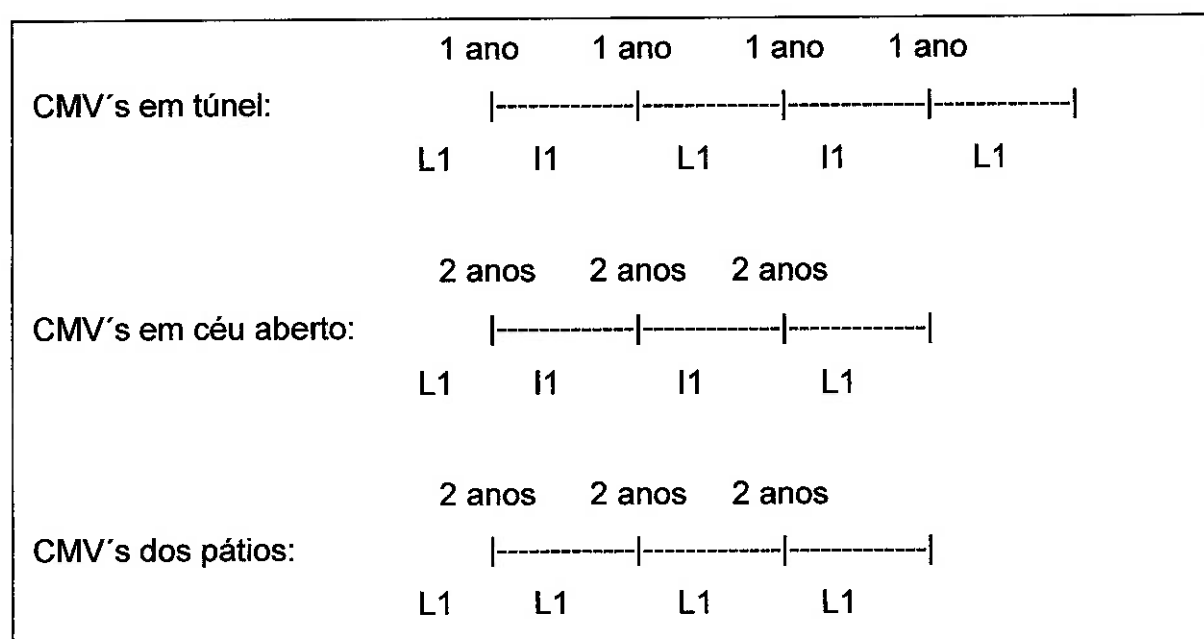


Figura 11 – Esquema atual de preventivas em CMV's

Tabela 2 - Plano anual de atividades preventivas para CMV's antes do estudo

Quantidade	Atividades em Via Principal	Hxh/Ano
376	Programações (I1 e L1 para CMV's tipo AC e AF)	5025
40	Outras atividades (mapeamento de via, I1 e L1 em salas de controle etc)	847
416	Total de programações para via principal	5872
Atividades em Pátios		
175	Programações (I1 e L1 para CMV's tipo AC e AF)	663
591	Total de Atividades (Via Principal e Pátios) / Total de Hxh/ano	6535

3.5 PADRÕES DE ATENDIMENTO

Conforme as falhas ocorriam eram classificadas pelo pessoal operativo de forma que, de acordo com esta classificação, há a determinação do tempo máximo que uma equipe de manutenção corretiva tem para atender a ocorrência.

Esta classificação segue a seguinte regra:

- Falhas críticas devem ter o atendimento inicial em no máximo dez minutos, isto não significa que a solução se dará neste prazo, mas a equipe deverá iniciar o atendimento em no máximo dez minutos.
- Falhas não críticas, devem ter o atendimento inicial em no máximo duas horas.
- Falhas simples tem o prazo de vinte e quatro horas para o atendimento inicial.

Estes prazos são padrões para a equipe de manutenção corretiva, não só para este equipamento, já que esta equipe está preparada ininterruptamente, de prontidão durante vinte e quatro horas por dia, sete dias por semana, para atendimento de falhas em outros sistemas. As caixas CMV's são somente um dos equipamentos de um destes sistemas e suas falhas são sempre classificadas como críticas ou não críticas.

Como este equipamento opera durante o dia inteiro (vinte e quatro horas por dia), há um acordo entre manutenção e operação para que o tempo máximo de interferência na circulação de trens por falhas no sistema de sinalização de trens, no qual este equipamento está contido, seja de 400 minutos/mês/linha.

No período em que não há circulação de composições o tempo de parada do equipamento, seja em uma atuação corretiva ou em uma atuação preventiva, não é computado no tempo de interferência, mas o equipamento permanece ligado durante todo o tempo, monitorando a localização de veículos de manutenção que prestam serviço neste horário.

Mesmo antes do estudo, os padrões de atendimento estavam sendo atendidos, não sendo problema para a operação.

As ocorrências de manutenção corretiva giravam em torno de 20 por mês, incluindo a via corrida e os pátios, sendo gasto em média 300 minutos por mês de interferências por linha, 100 minutos abaixo do padrão contratado, utilizando em torno de 1700 Hxh/ano.

Conforme citado no início do texto, a motivação do estudo não foi melhoria de confiabilidade visto que esta encontrava-se dentro dos padrões esperados, mas sim realizar o estudo pensando na consequência das falhas para a operação, bem como uma possível redução de custos.

4 O ESTUDO

4.1 A METODOLOGIA RCM OU MCC

A metodologia do estudo foi baseada em RCM (Reability Centred Maintenance) ou MCC (Manutenção Centrada em Confiabilidade), com o objetivo de reduzir custos e, no mínimo, manter a mesma confiabilidade que já existia para o equipamento, estudando o contexto operacional de cada equipamento.

O trabalho levou em consideração as recomendações básicas da metodologia RCM com as sete questões, conforme seguem:

- 1) Quais são as funções e padrões de desempenho de um ativo no seu contexto presente de operação?

Neste ponto deve-se definir o que se deseja que o ativo faça e se ele realmente é capaz de realizar o que se deseja. Para facilitar o encontro das respostas à estas perguntas, pode-se dividir as funções do ativo em funções primárias, que são as razões principais pelo qual o ativo foi adquirido e funções secundárias, onde espera-se outras funções como segurança, controle, economia, proteção, integridade estrutural, em conformidade com meio ambiente, aparência do ativo etc. Os maiores conhecedores do ativo, via de regra, são os próprios usuários do mesmo. Conforme Moubray (2000) cita em seu livro, esta fase costuma levar um terço do tempo relativo a uma análise de RCM completa e normalmente eleva em muito o conhecimento da equipe que esta realizando a análise em como o equipamento realmente funciona.

- 2) De que forma o ativo falha em cumprir suas funções?

Um item para de realizar o padrão requerido quando uma falha ocorre e para que se possa identificar que falhas podem ocorrer, o processo de RCM primeiramente identifica que circunstâncias resultam em um estado de falha e depois questiona que eventos podem levar o item ao estado de falha. Moubray (2000) define que as falhas podem ocorrer quando um item está incapaz de preencher a função em um padrão de desempenho que seja aceitável ao usuário e também quando ocorre a total inabilidade para funcionar.

3) O que causa cada falha funcional?

Após identificar cada falha funcional, deve-se tentar identificar todos os eventos que são razoavelmente prováveis de causar cada estado de falha, eventos estes conhecidos como modos de falha. Esta lista de falhas razoavelmente prováveis, podem incluir falhas que ocorreram em equipamentos iguais ou similares operando em um mesmo contexto operacional, falhas que não ocorreram ainda pois estão sendo prevenidas por alguma atividade de manutenção ou ainda possíveis dentro do contexto operacional. Além de incluir falhas previsíveis por deterioração ou desgaste devem ser pensadas em falhas causadas por erros humanos e de projeto, mas deve-se assegurar que não se gaste um tempo demasiado na análise em excesso de detalhes.

4) O que acontece quando ocorre cada falha?

Nesta etapa deve-se listar os efeitos de cada falha, a descrição do que acontece quando cada modo de falha ocorre.

5) De que forma cada falha importa?

Conforme Moubray (2000), uma grande força do RCM é reconhecer que as consequências das falhas são muito mais importantes que suas características técnicas em si, ou seja o importante é prevenir ou minimizar o quanto possível as consequências das falhas. As consequências podem ser divididas em quatro grupos: das falhas ocultas, as de segurança, as operacionais e as não operacionais. As consequências não operacionais não afetam segurança nem produção, envolvendo apenas o custo direto do reparo. As consequências operacionais afetam a produção quanto a qualidade, quantidade produzida, serviço ao cliente, custos operacionais além do custo direto do reparo. Consequências de segurança ou para o meio ambiente afetam, além das operacionais, a possibilidade de ferimentos ou risco à vida, aos padrões ambientais da empresa, região ou do país. As consequências de falhas ocultas são as mais perigosas pois apesar de não terem impacto direto, levam a falhas múltiplas com consequências sérias ou catastróficas.

6) O que pode ser feito para prever ou prevenir cada falha?

Diferentemente do que se pensava na primeira e segunda geração da manutenção, nem sempre uma atividade rotineira de revisões e substituições de componentes a

intervalos fixos é a melhor opção. Este modelo pode ser vantajoso para certo tipo de equipamento simples ou complexos mas que tenham modos de falhas predominantes. Como visto na terceira geração da manutenção, há seis padrões diferenciados de modos de falha. Como também é verdadeiro que equipamentos são cada vez mais complexos, seguindo cada vez mais os padrões de falhas tipo E e F vistos no item 2.3, é muito improvável que tarefas de revisão constantes e periódicas diminuam a probabilidade de falhas, a não ser que exista algum modo de falha relacionado a idade do equipamento ou item. Conforme Moubray (2000, p. 13) cita em seu livro “De fato, revisões programadas podem realmente aumentar as taxas totais de falha, introduzindo mortalidade infantil em sistemas até então estáveis”. Desta forma o RCM reconhece três categorias de tarefas pró-ativas que devem ser realizadas:

- Tarefa de restauração programada
- Tarefa de descarte programado
- Tarefa sob condição programada

As tarefas de restauração programadas e descarte programados se enquadram no tipo de manutenção preventiva, seja por re-fabricar um componente na primeira opção ou na substituição do componente na segunda opção, sempre em tempos específicos, em um limite de vida especificado. São os métodos mais utilizados em ações pró-ativas.

As tarefas sob condição diferem das anteriores pois se baseiam no princípio de que a maioria das falhas fornecem algum tipo de indício que estão prestes a ocorrer, estando o equipamento ou componente sob condição de continuar operando enquanto não deixar de cumprir os padrões desejados.

Além destas tarefas pró-ativas, existem outras três tarefas que podem ser executadas a fim de identificar possíveis falhas.

- Tarefa de busca de falhas
- Tarefa de reprojeção
- Nenhuma manutenção programada

As tarefas de busca de falhas são verificações periódicas de funções ocultas que determinam se estas falharam.

Tarefas de reprojeção são modificações de capacidade intrínseca de um sistema.

Nenhuma manutenção programada implica em não fazer nada, simplesmente deixando que as falhas ocorram e reparando-as.

7) O que deve ser feito se não for encontrada uma tarefa pró-ativa apropriada?

A tarefa de busca de falha é particularmente importante quando não se encontra uma tarefa pró-ativa que reduza o risco de ocorrência de falhas múltiplas associada a uma função, para um nível toleravelmente baixo. Se uma tarefa de busca de falha não for encontrada, então deve-se partir para a tarefa de reprojeto.

Também deve-se partir para o reprojeto quando se detecte falhas com conseqüências graves na segurança ou meio ambiente e que uma tarefa pró-ativa não reduza o risco da falha a um nível realmente muito baixo.

Nenhuma manutenção programada passa a ser a opção quando, em falhas sem conseqüências operacionais, o custo do reparo for menor do que o custo da tarefa pró-ativa durante o período de tempo da realização da mesma. Em falhas onde há conseqüências operacionais, deve-se avaliar o custo do reparo e das conseqüências operacionais em contrapartida com o custo da tarefa pró-ativa durante o período de tempo da realização da mesma, optando-se pelo menor custo. Nestes casos, as tarefas passam a ser justificadas em bases econômicas. Caso os custos sejam extremamente dispendiosos, deve-se pensar em reprojeto como segunda alternativa.

Estas perguntas e suas respostas são a base do trabalho em RCM. Isto pode ser verificado em vários trabalhos em RCM, da forma como estão escritas acima, conforme Moubray (2000) ou com outras palavras como descreve Siqueira (2005) em seu livro, mas com o mesmo significado e objetivo.

Conforme Siqueira (2005), a seqüência de implementação segue as etapas de seleção de sistema e coleta de informações, análise de modos de falha e efeitos, seleção de funções significantes, seleção de atividades aplicáveis, avaliação das atividades aplicáveis e efetivas e definição da periodicidade das atividades.

Alguns dos resultados esperados após um estudo de RCM são a diminuição da freqüência de falhas, aumento da vida útil do equipamento, diminuição da indisponibilidade entre outros.

4.2 TEMPO E GRUPO DE ESTUDO

O período de estudo realizado nas CMV's foi de quatro meses, contemplando trinta e duas reuniões com o grupo de estudo, totalizando cento e oitenta e oito horas de trabalho.

Um grupo de estudo, com integrantes da operação, manutenção e engenharia foi montado. Um dos pontos cruciais para o sucesso do estudo foi feito quando da seleção dos integrantes do grupo.

Foram escolhidos os melhores técnicos de manutenção deste equipamento, operadores com grande experiência (com mais de 10 anos de empresa), engenheiros que conheciam e elaboravam o plano de manutenção e um facilitador com bom conhecimento na ferramenta RCM.

A partir daí o estudo seguiu conforme o roteiro das sete perguntas, com a elaboração de uma tabela de funções e as respectivas falhas funcionais, seus modos de falha e efeito das falhas, respondendo as perguntas um, dois, três e quatro do método. Esta tabela se encontra no anexo 1. Para a elaboração desta tabela foi utilizada a experiência de cada um dos participantes do grupo de estudo e análises de esquemas elétricos de funcionamento do equipamento, levantamento de dados de ocorrências de falhas, ensaios em bancada sobre o comportamento de cartões e componentes eletrônicos, verificação em oficina do comportamento dos trens em relação aos possíveis modos de falha identificados, levantamento em campo de níveis de sinais de funcionamento das CMV's e levantamento de tempos médios de atuação em campo (equipe preventiva e corretiva) e em oficina com relação à reparação dos componentes das CMV's.

A resposta para a quinta pergunta do método, dependia do local de utilização de cada caixa, sendo necessário uma análise específica de função de cada circuito de via onde as CMV's estavam inseridas. Desta análise resultou a classificação das CMV's de acordo com sua criticidade, conforme poderá ser visto no capítulo 5.

Após esta etapa, foram identificadas as atividades aplicáveis a cada um dos modos de falha da tabela do anexo 1, respondendo as perguntas seis e sete do método, através da elaboração da tabela contida no anexo 2, sendo então definidos, através de análise desta tabela, novos períodos para aplicação das atividades pela engenharia de manutenção.

4.3 FUNÇÕES DO EQUIPAMENTO

A seleção do sistema já havia sido feita. As informações estavam disponíveis em um banco de dados utilizado na empresa com mais de quinze anos de registros. Para se ter uma idéia do tamanho deste banco de dados, neste ano (2011) os pedidos de abertura de manutenção alcançaram o número histórico de 2,5 milhões de pedidos. Conforme Viana (2002) descreve, somente com um banco de dados organizado e que permita uma pesquisa rápida, conseguiremos acompanhar toda a trajetória de um equipamento, obtendo assim uma poderosa arma de pesquisa nas mãos, onde os dados poderão ser analisados permitindo tomar decisões baseadas em fatos mensuráveis, possibilitando possíveis trocas de fornecedores, melhorias na manutenibilidade do equipamento, entre outras possibilidades.

A elaboração da tabela de funções e falhas funcionais, é a base para o estudo realizado, sendo levantados onze funções, vinte e duas falhas funcionais e cento e setenta e cinco modos de falha, conforme demonstrado no anexo 1.

Das onze funções, cinco foram consideradas como principais, as restantes como secundárias. Dos cento e setenta e cinco modos de falhas encontrados, cento e seis foram contemplados com atividades de manutenção associadas, conforme sugere o método RCM com tarefas pró-ativas ou com tarefas de busca de falhas, os demais foram considerados do tipo “Nenhuma manutenção programada”. No estudo foi observado que em muitos casos um modo de falha afeta mais de uma função. Assim, o conjunto de tarefas a serem aplicadas às CMV's somam 45 atividades.

4.4 OBSERVAÇÕES RELEVANTES DO PROCESSO

Durante os estudos, alguns fatores relevantes foram observados:

As caixas de margem de via podiam ser divididas quanto:

- Ao ambiente instalado:
 - o Túnel – Instaladas dentro de túneis, livres da ação do tempo (sol e chuva) mas sob ação de poeira.

- Abrigo – Instaladas em locais cobertos (sob plataforma por exemplo), livres da ação do tempo e com incidência de pó menor do que em túneis.
- Céu aberto – Instaladas em locais abertos sob ação do tempo (sol e chuva), com incidência de poeira menor do que as caixas instaladas em túneis.
- Característica de instalação:
 - Suspensa – Instaladas em uma altura (2m) não acessível à equipe de manutenção sem utilização de escada ou cinto de segurança para trabalhos em altura.
 - Sob plataforma – Instaladas em locais com difícil acesso – vãos estreitos de acesso aos locais das caixas.
 - Sob passarela de emergência – Instaladas em local baixo, a equipe de manutenção deve trabalhar agachada.
 - Em via elevada – Oferecem boa condição de trabalho, a equipe de manutenção tem acesso sem necessidade de se agachar ou se elevar, devido características de instalação (presa em barras metálicas) pode ter problemas de vibração.
 - Tipo baixa – Oferecem a melhor condição de trabalho, a equipe de manutenção tem acesso sem necessidade de se agachar ou se elevar.
- Tipo de utilização:
 - Circuitos de fim de via – Circuitos localizados no final das vias das linhas, estacionamentos, vias de lavagem, vias de testes etc.
 - Circuitos de estacionamento – Circuitos utilizados para parada das composições. Podem estar dentro de um pátio ou em trechos específicos ao longo das linhas.
 - Circuitos de manobra – Circuitos em que as composições manobram. Os circuitos de plataforma podem ser considerados de manobra quando forem estações terminais em uma linha.
 - Circuitos de transferência – Circuitos utilizados para transferir uma composição entre pátios e via corrida ou trecho operacional.
 - Circuitos de via corrida – Circuitos posicionados ao longo das vias.
 - Circuitos de desvios – Circuito posicionado sobre uma região de desvio, interligações de vias ou entre via principal e pátios.

- Circuitos detectores de violação de bloqueios – Circuitos próximos aos desvios com função específica de verificação de violação de uma composição frente a uma proibição de deslocamento no desvio.

Destas divisões foram observados os seguintes detalhes:

- Caixas instaladas em túnel são mais suscetíveis a infiltração de sujeira.
- Caixas instaladas em céu aberto sofrem maior variação de temperatura.
- As caixas do tipo suspensa apresentam dificuldade de atuação pois estão instaladas a dois metros de altura, sendo necessário o uso de cinto de segurança pela equipe de manutenção. Em alguns casos a segurança é comprometida pois a posição do técnico reparador invade o gabarito de passagem da composição pela via e em situações de manutenção corretiva emergencial, o técnico atua sem a parada da circulação das composições.
- As caixas do tipo baixa são as que apresentam as melhores condições para atuação, porém em alguns casos, os pontos de passagem de emergência são estreitos, o técnico reparador fica sem espaço adequado para trabalhar.
- As caixas instaladas sob a plataforma têm difícil acesso.
- As caixas instaladas sob a passarela de emergência requerem que o técnico reparador atue agachado.
- As caixas instaladas em regiões de elevado sofrem excesso de vibração com a passagem das composições. Em alguns casos especiais, o acesso à caixa somente é possível com utilização de escada.
- Algumas caixas estão instaladas na posição horizontal e possuem cobertura específica, outras possuem chaparia de ferro e quando instalados em céu aberto, ficam sujeitos a corrosão.

5 ALTERAÇÕES DECORRENTES DO ESTUDO

5.1 CONSEQUÊNCIA OPERACIONAL DAS FALHAS

Em decorrência do estudo verificou-se que a consequência operacional de uma falha difere de acordo com a região em que esta ocorre.

As falhas em circuitos de desvios e zonas terminais próximas dos locais onde as composições retornam em sentido oposto, são as mais complicadas pois aumentam significativamente o tempo de manobra, além disso em horários de maior demanda, podem comprometer a oferta de trens, diminuindo o conforto dos usuários.

Em outras regiões de desvios que não sejam próximas as zonas terminais, há o comprometimento apenas do tempo de percurso, visto que o operador deverá solicitar autorização para prosseguimento da viagem passando sobre a região de manobra sob autorização da central de controle, sendo este desvio considerado apenas como um circuito comum de via corrida, não há manobras constantes nesta região.

Em trechos de estacionamentos ou de fim de via, em geral não afetam a circulação das composições. As falhas nestes circuitos somente são relevantes quando houver a necessidade de utilização dos estacionamentos ou dos últimos circuitos da via como estacionamento.

Em vias de despacho e recolhimento das composições dos pátios as falhas das CMV's comprometem a oferta de trens devido requererem maior tempo de operação para retirada ou recolhimento das composições para a via corrida ou trecho de operação.

Falhas em vias de teste geralmente afetam a liberação de trens em reparo.

Já em vias de treinamento não ocorre interferência operacional, mas podem causar atraso em atividades programadas (treinamento, testes, etc).

Nas demais regiões dos pátios causam o atraso na movimentação de trens, porém não causam interferências operacionais significativas.

Em regiões de via corrida há o comprometimento apenas do tempo de percurso.

As falhas no sistema de transmissão de código de velocidade atrasam a movimentação de trens, porém não causam interferências operacionais significativas.

Nas falhas cujo circuito fique com uma falsa ocupação, o circuito anterior fica com código zero de velocidade, sendo necessária comunicação com a central de controle por parte do operador das composições para que este possa ser autorizado a prosseguir viagem, atrasando a operação e conseqüentemente aumentando o tempo de percurso.

As falhas que ocorrem nos circuitos de detectores de violação de bloqueio, nas zonas terminais, causam transtornos operacionais graves, causam o mesmo impacto que uma falha em circuitos de desvios em zonas terminais.

As falhas que ocorrem em horários/dias onde a demanda é grande causam transtornos maiores.

5.2 CLASSIFICAÇÃO DAS CMV's

Através das conseqüências operacionais das falhas, as CMV's foram classificadas de acordo com sua criticidade, sendo 1 a mais crítica e 4 a menos crítica.

Criticidade 1 (C1)

Corresponde às CMV's instaladas nos CDV's de regiões de desvios com zonas de manobra prioritárias, e alguns trechos de via corrida. Além destas, entram nesta classificação as CMV's instaladas em circuitos de detectores de violação de bloqueio de desvios das mesmas regiões, as presentes em vias de interligação entre os circuitos de transferências e nos estacionamentos dos pátios e nas vias entre os circuitos de transferência e nos circuitos de manutenção.

Em caso de falsa ocupação nestes CDV's, os alinhamentos de rota para as composições e a movimentação dos desvios são efetuados manualmente, com o operador na via, o tempo de manobra aumenta consideravelmente, ocorre cancelamentos de viagem, e conseqüente diminuição da oferta de trens. Além disso, nesta situação o risco de acidentes graves por erro humano aumenta.

Criticidade 2 (C2)

Corresponde às CMV's instaladas nos CDV's dos demais trechos de via corrida, nas regiões de intertravamento de rotas normais (onde não há manobras), nos CDV's das zonas de manobra redundantes e complementares.

Em caso de falsa ocupação nos CDV's da via corrida, os trens percorrem o trecho em falha no modo manual em no máximo 30 Km/h.

Em caso de falsa ocupação nos CDV's nas regiões de intertravamento, o alinhamento de rota é efetuado manualmente uma única vez, com o operador na via, permanecendo assim até a normalização, e os trens percorrem o trecho em falha no modo manual em no máximo 30 Km/h.

Em caso de falsa ocupação nos CDV's nas regiões de zona de manobra complementares, pode-se optar em não realizar manobras nestas regiões, porém comprometendo o tempo de manobra.

Nestes casos há aumento do tempo de ida e volta e diminuição da oferta de trens, com impacto menor do que na classificação C1.

Em caso de falsa ocupação nos CDV's nas regiões de zona de manobra redundantes, pode-se optar em não realizar manobras nestas regiões, sem comprometer o tempo de manobra.

Criticidade 3 (C3)

Corresponde às CMV's instaladas nos CDV's das zonas de manobras menos utilizadas.

Em caso de falsa ocupação nos CDV's das zonas de manobras, a entrada de trens é realizada por rota manual ou alinhamento manual, e a saída no pior caso, é feita através de rota manual e código "0" de velocidade. Como a utilização destas zonas de manobra é esporádica durante a operação comercial, o impacto no "tempo de ida e volta" é mínimo.

Em caso de falsa ocupação em CDV's das vias de teste dos pátios é imposto código "0" de velocidade em toda a via, impedindo a movimentação de trens com código. A composição tem que se deslocar manualmente e com isso pode ocorrer atraso na entrega de trens em reparo, afetando a oferta na via principal.

Criticidade 4 (C4)

Corresponde às CMV's instaladas nos CDV's de estacionamentos que não servem para manobra, circuitos de fim de via, circuitos de rebaixamento de código de velocidade que são utilizados geralmente na aproximação das composições nas plataformas de parada das estações, via de treinamento, e demais circuitos dos pátios do tipo AC não incluídos nas outras criticidades.

Falsas ocupações nos CDV's destas regiões não afetam o tempo de volta.

Embora as falhas nestes CDV's não tenham consequências operacionais no ponto de vista da oferta de trens, os parâmetros de ajustes devem ser mantidos para garantir a característica de falha segura do circuito.

5.3 VERDADES SOBRE AS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO

Muitas atividades do plano de manutenção anterior ao estudo eram executadas em periodicidades diferentes, dependendo de onde as CMV's estavam instaladas, se em túnel ou céu aberto, sendo que as instaladas em túnel acumulam mais sujeira do que as de céu aberto. No entanto, a maioria dos modos de falha analisados no estudo não depende do local de instalação (em túnel ou não) e sim da função dos circuitos onde estão instaladas as CMV's. Com esta constatação o novo plano de manutenção preventiva adotou periodicidades mais adequadas para cada tipo de CDV onde as CMV's estão instaladas.

Exceto quanto à sujeira, as CMV's sempre foram tratadas da mesma forma, independentemente do local de instalação ou função no sistema. No estudo, os aspectos funcionais de cada CMV foram discutidos profundamente, atribuindo importâncias operacionais diferenciadas de acordo com os níveis de criticidade de 1 a 4, permitindo a aplicação de recursos adequados para cada caso.

As CMV's classificadas como criticidade 1 causam maior distúrbio que as classificadas como 2 e assim sucessivamente. As CMV's classificadas como 4 não afetam a circulação de trens na via principal, assim, a estratégia a ser adotada é não executar manutenção preventiva nestas CMV's, devendo ser acompanhado o desempenho do equipamento.

Este fato foi uma quebra de paradigma para o setor de manutenção preventiva. Embora a dúvida de “deixar quebrar?” estivesse presente, devido a não interferência que o equipamento causava, o melhor era “deixar quebrar” e as ocorrências deveriam ser atendidas pela equipe de manutenção corretiva. Siqueira (2005) define esta condição em seu livro como reparo funcional. De acordo com o mesmo autor, este tipo de atividade só deve ocorrer “após criterioso estudo que comprove a inviabilidade dos itens anteriores” ou ainda quando “as conseqüências da falha forem insignificantes ou preferidas ao esforço de prevenção”. Neste caso, dado a baixa prioridade do equipamento, a inexistência de impactos de segurança e a análise de custo/benefício favorável determinaram a opção pela atuação somente corretiva nestes equipamentos.

De fato, várias caixas que haviam sido “descartadas” de atuação pela manutenção preventiva nunca tiveram uma única falha até a data da elaboração desta monografia.

Outro fator extremamente interessante no estudo é que não foram constatados modos de falha provocados por acúmulo de pó e umidade nas CMV's do tipo AC, diferentemente das caixas AF que tem circuitos eletrônicos e conexões de encaixe, a CMV tipo AC tem somente componentes discretos, com conexões por parafusos.

Desta forma a atividade de limpeza neste tipo de caixa não será mais executada no novo plano.

Analisando um modo de falha em que o sinal de código de velocidade para os trens poderia ficar distorcido ou baixo, descobriu-se através de testes práticos que os trens tinham uma tolerância maior do que se pensava, sendo que os processos de calibração dos instrumentos para aferição da via estavam com uma rigidez maior do que se poderia ter e isso poderia ocasionar um excesso de ajustes desnecessários na via, buscando um acerto maior do que seria preciso.

No estudo outros itens foram levantados como oportunidades de melhoria inclusive em outros equipamentos atendidos por outras equipes de manutenção. Um exemplo é no que diz respeito a tensão de alimentação dos equipamentos do sistema ATP que é fornecido por inversores. Embora em nenhuma oportunidade ocorrera falha no sistema ATP por tensão baixa dos inversores, esta possibilidade foi discutida no estudo, sendo recomendado maior precisão no ajustes da tensão de saída dos inversores. Além disso, em atuações nos inversores em que seja necessário o desligamento dos mesmos ou em outros equipamentos que tenham relação com as

CMV's, faz-se necessário uma atuação em conjunto das equipes que trabalham com as CMV's e com as equipes dos outros equipamentos.

Apesar do banco de dados da empresa ser bom, foi notado no trabalho que a equipe de corretiva faz apontamentos mais detalhados que a equipe preventiva principalmente quando esta encontra outros desvios que não os esperados no trabalho do dia a dia. Há defeitos detectados durante a preventiva que não são registrados. Foi sugerida a implantação de formulários para que cada defeito detectado pela manutenção preventiva seja registrado e posteriormente lançados no sistema, aumentando ainda mais a eficácia do banco de dados existente.

5.4 NOVO PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Foi desenvolvido um novo plano de manutenção preventiva baseado no estudo realizado. Este novo plano foi elaborado levando-se em conta a criticidade dos equipamentos, o local instalado, o melhor formato de agrupar atividades e melhor distribuição da mão de obra ao longo do período de tarefas (plano anual).

A melhor forma encontrada foi manter as divisões para caixas AF e AC como já era executada anteriormente, visto que apesar das diferenças de criticidades dos circuitos, esta divisão atendia as necessidades das tarefas requeridas, ficando então com os seguintes períodos:

- Via Principal - Túnel

As CMV's que trabalham em áudio frequência terão um roteiro que realize ajustes e limpeza a cada dois anos (A1). Em CMV's do tipo AC terão um roteiro que realize inspeção a cada dois anos (I1), conforme demonstra a figura 12.

- Via principal - Céu aberto

As CMV's que trabalham em áudio frequência terão um roteiro que realize ajustes e limpeza a cada seis anos (A1) e inspeção a cada dois anos (I1). Em CMV's do tipo AC terão um roteiro que realize apenas inspeção a cada dois anos (I1), conforme demonstra a figura 13.

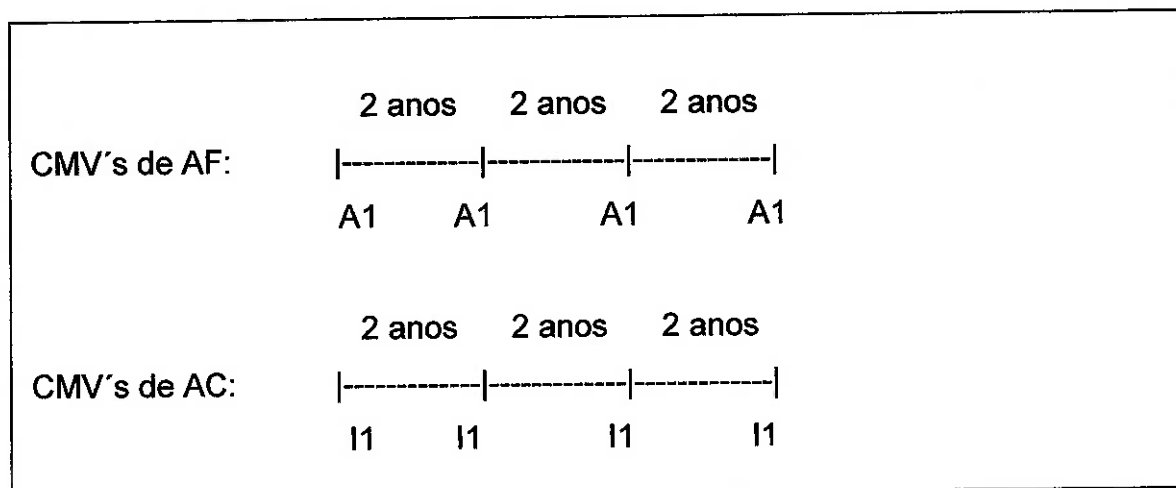


Figura 12 – Atividades preventivas em CMV's de via principal em túneis

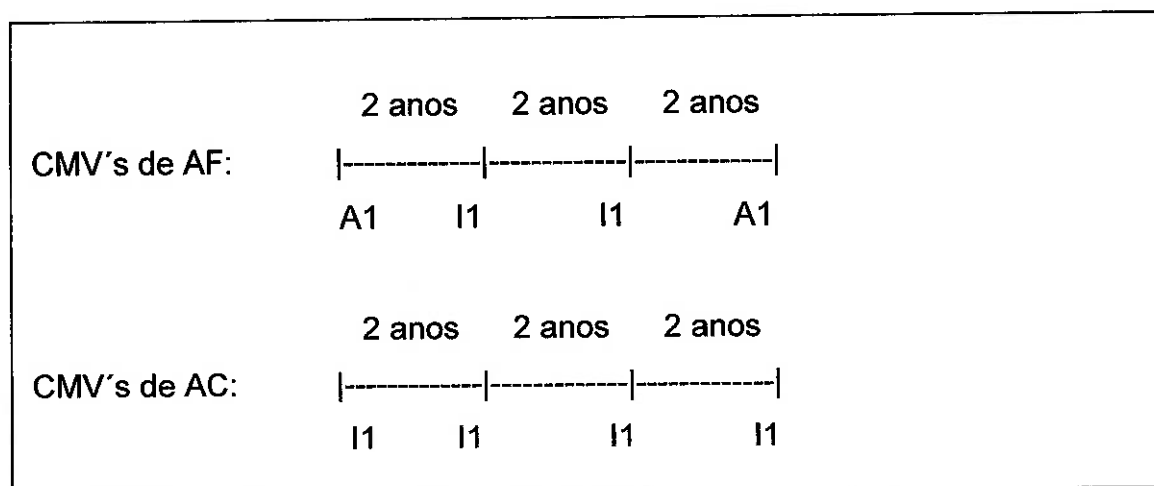


Figura 13 – Atividades preventivas em CMV's de via principal em céu aberto

- Via principal - Elevado

As CMV's que trabalham em áudio freqüência terão um roteiro que realize ajustes e limpeza a cada seis anos (A1) e inspeção a cada ano (I1). As CMV's do tipo AC terão um roteiro que realize apenas inspeção a cada ano (I1) conforme demonstra a figura 14.

- Pátios

As CMV's que trabalham em áudio freqüência terão um roteiro que realize inspeção a cada dois anos (A1) e ajustes e limpeza a cada seis anos (L2). Em CMV's do tipo AC terão um roteiro que realize inspeção a cada dois anos (I1), conforme demonstra a figura 15.

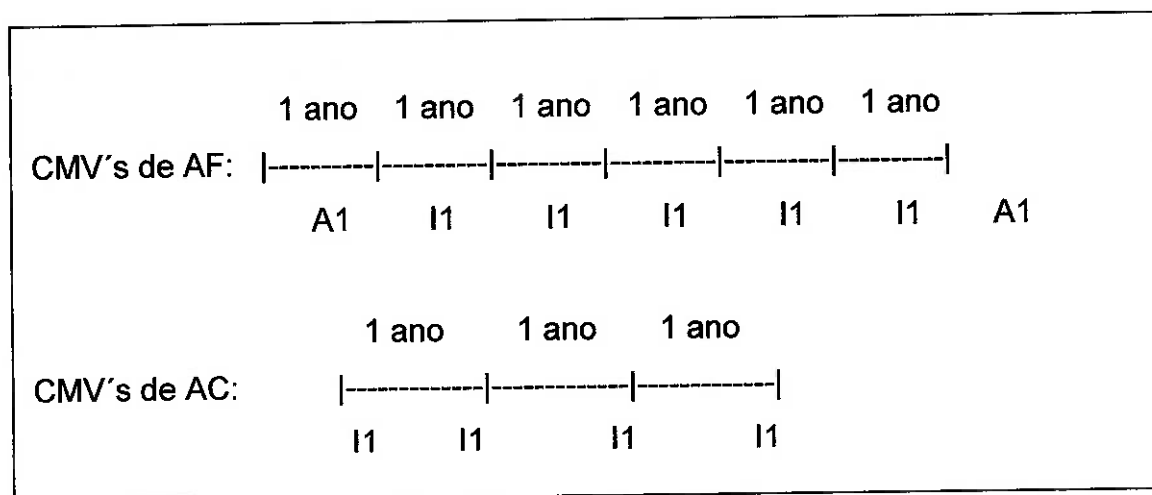


Figura 14 – Novo esquema de preventivas em CMV's de via principal em elevado

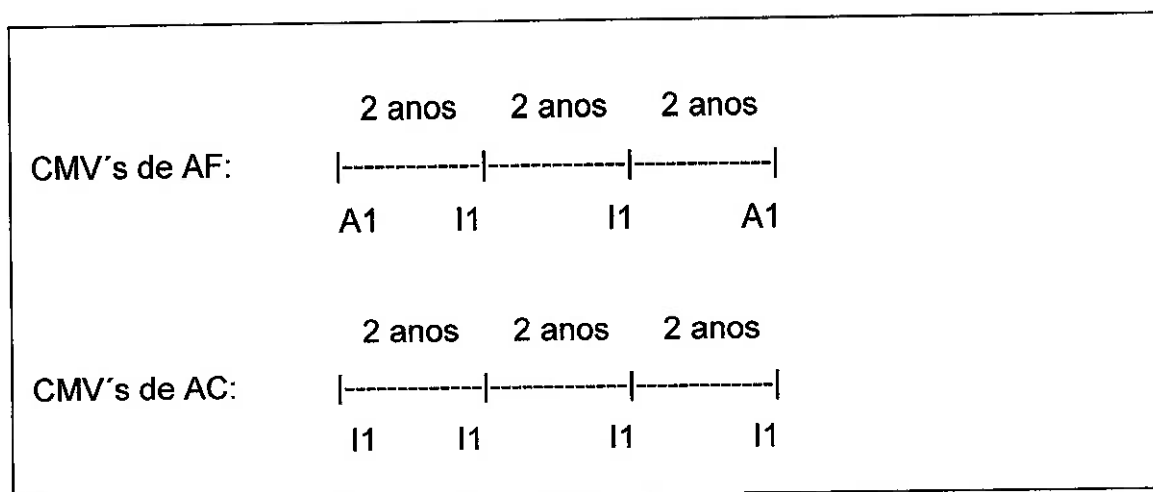


Figura 15 – Novo esquema de preventivas em CMV's de via dos pátios

O parque de equipamentos permaneceu o mesmo com cerca de 1800 equipamentos instalados em vias principais e cerca de 400 equipamentos instalados nos pátios de manobra, sendo que o número de programações anuais foi alterado devido a:

- Exclusão da limpeza em CMV's do tipo AC;

A exclusão de limpeza em CMV's tipo AC foi baseada no fato de não ter sido encontrado no estudo, modos de falha devido acúmulo de sujeira neste tipo de caixa. Diferentemente das caixas do tipo AF que possuem cartões de circuitos encaixados em conectores por pressão, que podem acumular pó e umidade levando a redução da área de contato de seus terminais gerando falhas por mau contato, as caixas AC têm conexões entre a fiação e seus componentes feitas através de

parafusos, não sendo possível o acúmulo de pó e umidade a ponto de gerar mau contato.

- Exclusão da inspeção das CMV's tipo AF em túnel;

A exclusão da inspeção das CMV's tipo AF em túnel foi realizada devido a parte do roteiro de inspeção estar presente no roteiro de ajustes e limpeza. O roteiro A1 é mais completo que o roteiro de inspeção (I1), basicamente contém em suas atividades as do roteiro de inspeção, sendo mantida a periodicidade para ajustes e limpeza.

- Nas CMV's do tipo 4 não serão programadas atividades;

Nenhuma atividade programada de manutenção será realizada nas CMV's de criticidade C4 pois além de não existir consequências operacionais para falhas nestas caixas, o custo manter alguma atividade pró-ativa é maior do que o custo do reparo. Isto se deve ao fato da empresa manter de prontidão uma equipe de atendimento de ocorrências urgentes vinte e quatro horas por dia, sete dias por semana. Esta equipe não atende somente ocorrências em CMV's mas também ocorrências em vários outros sistemas. Uma falha em caixas tipo C4 terá uma soma de custos referentes a substituição de componentes avariados, ao deslocamento de uma equipe para atendimento da ocorrência e a mão de obra direta da equipe. O custo da mão de obra da equipe de corretiva já existe para a empresa, independente desta atender ou não uma ocorrência em uma caixa do tipo C4. O custo de deslocamento ocorrerá igualmente caso a ocorrência fosse atendida pela equipe de corretiva ou pela equipe de preventiva. O custo de substituição de peças será o mesmo em uma atuação corretiva ou em uma atuação preventiva.

- Uniformização de periodicidades das atividades em CMV's instaladas em túnel e céu aberto;

As atividades do plano anterior eram executadas em periodicidades diferentes entre CMV's instaladas em túnel e as de céu aberto devido as CMV's de túnel acumularem sujeira em um tempo menor do que as CMV's instaladas em céu aberto. Mas devido a maioria dos modos de falha analisados não dependerem do local de instalação, os períodos foram alterados de forma a serem uniformizados, facilitando o planejamento e a execução das atividades.

- Inclusão de Inspeção em CMV AC;

Devido à retirada das atividades de ajustes e limpeza das caixas de CMV's AC, foram inclusas atividades de inspeção em todas as caixas, a fim de verificação e garantia dos padrões de ajustes do equipamento.

- Alteração da periodicidade de limpeza de CMV's dos pátios para 6 anos.

A decisão de manter a limpeza em caixas do pátio alterando somente a periodicidade foi somente estratégia de trabalho devido a equipe executante de preventivas do pátio ser demasiadamente pequena, não comportando cortes em sua composição, sendo então mantido o roteiro de limpeza evitando assim a ociosidade da equipe.

Um novo plano de manutenção preventiva foi submetido à aprovação pela gerência de manutenção. Este plano contemplava os resultados obtidos no estudo de RCM, e previa para 290 atividades em vias principais e 101 atividades em pátios, totalizando 391 atividades com 4510 Hxh/ano.

A tabela 3 demonstra as programações após o estudo.

A implantação do novo plano ocorreu simultaneamente em todas as linhas e pátios.

Tabela 3 - Plano anual de atividades preventivas para CMV's após estudo

Quantidade	Atividades em Via Principal	Hxh/Ano
261	Programações (I1 e L1 para CMV's tipo AC e AF)	3565
29	Outras atividades (mapeamento de via, I1 e L1 em salas de controle etc)	642
290	Total de programações para via principal	4207
Atividades em Pátios		
101	Programações (I1 e L1 para CMV's tipo AC e AF)	303
391	Total de Atividades (Via Principal e Pátios) / Total de Hxh/ano	4510

As atividades resultantes do estudo de RCM foram praticamente as mesmas executadas no plano anterior ao estudo, sendo que as diferenças concentram-se nas alterações de periodicidade e aplicação de recursos de acordo com a importância operacional.

Logo após a implantação do novo plano, a taxa média de falhas teve um surpreendente decréscimo e se mostra estável desde os últimos três anos (2008/2009/2010) com uma taxa média de onze falhas/mês face a média de vinte falhas/mês que ocorriam antes do estudo.

6 RESULTADO OBTIDO

6.1 VALORES INVESTIDOS X VALORES OBTIDOS

Um dos fatores mais positivos do estudo foi o envolvimento tanto da equipe de operação quanto da equipe de manutenção, ambas empenhadas em buscar o melhor resultado para a empresa, com foco no cliente final que é o usuário.

A discussão ampla dos aspectos relacionados ao equipamento e à metodologia, proporcionaram o desenvolvimento do grupo e o aumento do conhecimento do ativo. O objetivo do estudo foi a aplicação do RCM para otimizar os recursos materiais e humanos, mantendo a confiabilidade do sistema. O enfoque principal não foi a melhoria do desempenho, mas sim a redução de custos.

A previsão inicial foi a redução de 20% na aplicação de recursos da manutenção preventiva, mantendo um MTBF para as CMV's de no mínimo 115.000 horas.

A redução do Hxh aplicado em manutenção preventiva foi de aproximadamente 31%, representando uma economia de 2025 Hxh/ano ou US\$ 87.685,35 por ano e o desempenho no ano seguinte a implantação do plano foi de um MTBF de 128.456 horas para as CMV's de todas as linhas.

Os maiores ganhos não foram aumento de confiabilidade, mas sim na redução de mão de obra.

Conforme se nota na tabela 4, a mão de obra utilizada para as tarefas de manutenção foi otimizada e gera uma considerável economia anualmente.

Tabela 4 – Comparação de redução de atividades programadas e de mão de obra após plano de RCM

Plano de manutenção preventiva:	Atividades nas vias principais e pátios	
	Programações de atividades por ano:	Homens x horas por ano
Antes do RCM	591	6535
Após o RCM	391	4510
Resultado	33,84%	30,99%

Levando-se em conta que o tempo decorrido desde o início do estudo de RCM e a implantação foi de 15 meses e que o estudo e a implantação do novo plano de MP demandou 1.636 Hxh, correspondendo a US\$ 47.461,56, este estudo foi pago com folga já no primeiro ano de execução, mostrando claramente a viabilidade da aplicação da metodologia em contrapartida ao tempo e recursos gastos para seu desenvolvimento, fora os ganhos com outras sugestões, com a identificação de outros problemas e riscos e oportunidades de melhorias detectadas durante o estudo.

Um provável aumento dos custos de atendimento de falhas corretivas para as caixas de margem de via poderia ser considerado, porém o que se nota é uma queda na taxa de falhas nos anos posteriores ao estudo.

Este fato remete ao conceito citado por Moubray (2000), que diz que revisões programadas podem aumentar as taxas totais de falhas.

7 CONCLUSÕES

Neste estudo, pode-se verificar a viabilidade da execução de um estudo de RCM, tendo como meta não o aumento de confiabilidade do equipamento, mas a redução de custo de mão de obra, conforme ocorrido. Apesar do estudo ser longo e demandar uma equipe especializada, os resultados compensam. Na empresa onde foi realizado o estudo, nenhuma equipe foi dispensada ou teve prejuízos salariais, tiveram sim uma oportunidade de desenvolverem novas atividades em outros setores com outros equipamentos.

Além da redução do Hxh devido a menor quantidade de atividades realizadas, também houve uma transferência de parte das atividades preventivas para a equipe de corretiva, mas, em minha opinião, este custo pode ser bem assimilado por dois fatores:

1 – A consequência das falhas não trazia problemas para a operação, não havia custos operacionais com a parada destes equipamentos;

2 – A equipe de manutenção corretiva tinha “folga” para assimilar este trabalho quando fosse necessário, pois é uma equipe de prontidão constantemente;

Conforme Slack (2008) cita, o equilíbrio entre a manutenção preventiva e manutenção corretiva é estabelecido para minimizar o custo total das paradas.

O que podemos observar neste caso é a alteração do planejamento estratégico da manutenção, onde os custos de manutenção preventiva foram diminuídos e os custos de manutenção corretiva aparentemente subiriam eventualmente quando houvesse ocorrências de falhas nos equipamentos de criticidade 4, que não elevam os custos de parada. Mas no caso da atuação das equipes de manutenção corretivas nos equipamentos de criticidade 4, haverá somente o custo de deslocamento e peças, visto que a mão de obra está disponível 24 horas por dia para atendimentos de ocorrências emergenciais. Estas peças e este deslocamento seriam igualmente gastos caso uma equipe de manutenção preventiva tivesse que se deslocar para realizar a atividade.

Mais que isto, os números de falhas das CMV's atendidas pela equipe de corretiva foi decrescendo ano a ano após a implantação do novo plano de manutenções preventivas, ficando praticamente estabilizado em onze falhas por mês em média nos últimos três anos.

Juntando-se a isto, a minimização das atividades nos procedimentos da manutenção preventiva, o que se vê é uma redução no custo total mantendo-se o mesmo padrão de atendimento do equipamento.

O resultado alcançado demonstra quanto valioso pode ser um estudo baseado na metodologia RCM.

Embora neste caso o decréscimo de falhas denota o não aumento de custos de manutenção corretiva face a alteração do plano de manutenção preventiva, é muito provável que esta relação seja bastante complexa em vários outros casos que podem ser objeto de estudo em futuros trabalhos.

REFERÊNCIA

Bortolo, J. C. **Administração da manutenção produtiva: aplicação do método MCC para aumento de confiabilidade e disponibilidade de ponteadeiras.** Programa de Educação Continuada em Engenharia da escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2009, 94 p. (Monografia MBA).

Carazas, F. J. **Decisões baseadas em risco: método aplicado na indústria de geração de energia para a seleção de equipamentos críticos e políticas de manutenção.** Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos da escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2011, 225 p. (Dissertação de Mestrado).

Kardec, A., Nascif, J. **Manutenção Função Estratégica.** 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009. 361 p.

Moraes, C. C. e Castrucci, P. L. **Engenharia de Automação Industrial.** 2. ed. Rio de Janeiro: LTD, 2007. 347 p.

Moubray, J. **Manutenção Centrada em Confiabilidade.** 2. ed. Lutterworth – Inglaterra: Aladon, 2000. 426 p.

Nagao, S. K. **Manutenção Industrial: análise, diagnóstico e proposta de melhoria em indústria de processo.** Departamento de Engenharia de Produção da escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1998, 212 p. (Dissertação de Mestrado).

Siqueira, Iony Patriota de. **Manutenção Centrada na Confiabilidade.** 1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005. 408 p.

Slack, Nigel. **Administração da Produção.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 747 p.

Viana, Herbert Ricardo Garcia. **Planejamento e Controle de Manutenção.** 1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002. 167 p.

Xenos, Harilaus Georgius d' Philippos. **Gerenciando a Manutenção Produtiva.** 1. ed. Nova Lima: INDG, 2004. 302 p.

Brasil - Ministério dos Transportes - Concessões Ferroviárias - Agência Nacional de Transporte Terrestre, disponível em <http://www.antt.gov.br/concessaofer/apresentacaofer.asp> acesso em: 26 de junho de 2011.

Brasil - Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários, disponível em <http://www.antf.org.br/index.php/informacoes-do-setor/mapa-ferroviario-brasileiro> acesso em: 26 de junho de 2011.

Brasil - Empresa concessionária Trensurb - página de relatórios de Gestão e Auditoria, disponível em http://www.trensurb.gov.br/paginas/paginas_arquivos.php?codigo_sitemap=63 acesso em: 28 de junho de 2011.

Brasil - CBTU - Companhia Brasileira de Trens Urbanos - página de relatórios, gestão 2010, disponível em <http://www.cbtu.gov.br/acbtu/acbtu.htm> acesso em: 28 de junho de 2011.

Brasil - Empresa concessionária do Metrô do DF - Companhia do Metropolitano do Distrito Federal - Metrô - página da estrutura atual, disponível em <http://www.cbtu.gov.br/acbtu/acbtu.htm> acesso em: 28 de junho de 2011.

Brasil - Empresa concessionária de trens urbanos do Rio de Janeiro - Empresa Supervia, página sobre nós, quem somos, disponível em <http://www.supervia.com.br/quemsomos.php> acesso em: 28 de junho de 2011.

Brasil - Empresa concessionária do metrô do Rio de Janeiro - Empresa MetrôRio, página A empresa, relação com os investidores, relatório 2010, disponível em <http://www.metrorio.com.br/relacoesComInvestidores.htm> acesso em: 28 de junho de 2011.

Brasil - Empresa do metrô de São Paulo - Empresa do Metropolitano de São Paulo - Metrô, página Empresa, relatório da administração 2010, disponível em <http://www.metro.sp.gov.br/empresa/teempresa.shtml> acesso em: 02 de julho de 2011.

Brasil - Empresa dos trens urbanos de São Paulo - Companhia Paulista de Trens Metropolitanos, página A companhia, dados gerais, disponível em http://www.cptm.sp.gov.br/e_companhia/gerais.asp acesso em: 02 de julho de 2011.

Brasil – Via Quatro – Concessionária da Linha 4 do Metrô de São Paulo pertencente ao grupo CCR, página Empresas do grupo, via quatro, disponível em <http://www.grupoccr.com.br/empresas/empresa.aspx?id=431> acesso em: 29 de agosto de 2011.

ANEXO 1 – PLANILHA DE ANÁLISE – RCM

FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA		EFEITO DA FALHA	
1	Transmitir, a partir de sinais digitais codificados provenientes do MUX, uma corrente sintonizada para a via, com o código comandado, em FSK, e nível dentro de limites mínimo e máximo.	A	Não transmite corrente para a via.	1	Cartão Transmissor sem saída.	O cartão falha, não transmite corrente para a via, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:25 (restabelecimento) e 02:30 (oficina).
				2	Cartão Fonte sem saída.	O cartão falha, não transmite corrente para a via, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. Além disso, a receptora da própria CMV (quando houver) também gera ocupação em outro CDV. A partir das ocupações, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:25 (restabelecimento) e 02:30 (oficina).
				3	Cartão Gerador de Base de Tempo (459) sem o sinal "Frequência Básica".	O cartão falha, não transmite corrente para a via, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. Além disso, a receptora da própria CMV (quando houver) também gera ocupação em outro CDV. A partir das ocupações, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:25 (restabelecimento) e 02:30 (oficina).
				4	Cartão Divisor de Frequência e Dados de Ida (345) sem o sinal "Frequência com Mudança de Fase".	O cartão falha, não transmite corrente para a via, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:25 (restabelecimento) e 02:30 (oficina).
				5	Resistor de Ajuste de Corrente quebrado por trepidação.	O resistor quebra por trepidação, não transmite corrente para a via, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 01:00 (restabelecimento).

FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA	EFEITO DA FALHA
			6 Antena transmissora aberta por atuação em outros equipamentos da via ou defeito na mufia. Tx de Corrente e Tx de Intertravamento	A antena transmissora abre, não transmite corrente para a via, o trem não recebe código de velocidade e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 04:00 (restabelecimento) e 03:00 (corretiva).
			7 Guias de sustentação dos cartões quebradas ou desgastadas.	As guias com o tempo ressecam, desgastam e então quebram. Os cartões apresentam mau contato, não transmite corrente para a via, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 02:15 (restabelecimento).
			8 Segredo dos conectores do porta-cartões amassado ou solto.	Nas substituições de cartões o segredo solta e acaba por amassar. Com o segredo amassado o cartão não encaixa totalmente no conector, apresenta mau contato, não transmite corrente para a via, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 02:15 (restabelecimento).
			9 Parafusos de fixação dos terminais da placa de conexões ou TB de alimentação soltos.	Os parafusos soltam por trepidação, as conexões apresentam mau contato, não transmite corrente para a via, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV.. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:20 (restabelecimento).
			10 Terminais faston da placa de conexões ou TB de alimentação frouxo.	Os terminais afrouxam por trepidação, as conexões apresentam mau contato, não transmite corrente para a via, o trem não recebe código de velocidade e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:20 (restabelecimento).

FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL		MODO DE FALHA	EFEITO DA FALHA
				11 Terminais da borneira da caixa de junção ou suas porcas de fixação soltas.	As porcas ou os fios dos terminais afrouxam por trepidação, as conexões apresentam mau contato, não transmite corrente para a via, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:25 (restabelecimento).
				12 Terminais da borneira da caixa de junção quebrados .	Os terminais quebram por trepidação, não transmite corrente para a via, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:25 (restabelecimento).
				13 Borracha de vedação da tampa da caixa de junção deteriorada.	A borracha de vedação deteriora, ocorre presença de umidade e pó, os terminais oxidam, as conexões apresentam mau contato, ou entram em curto, não transmite corrente para a via, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:50 (restabelecimento) e 04:00 (corretiva).
				14 Via alagada.	Em um alagamento da via, como a caixa de junção não é totalmente vedada, ocorre entrada de água, os terminais oxidam, as conexões apresentam mau contato, não transmite corrente para a via, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 04:00 (restabelecimento) e 03:00 (corretiva).
				15 Parafusos da tampa ou rosca da caixa de junção quebrados ou espanados.	Os parafusos ou as rosas quebram ou espanam devido desgaste, ocorre presença de umidade, os terminais oxidam, as conexões apresentam mau contato, não transmite corrente para a via, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:50 (restabelecimento) e 04:00 (corretiva).

FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA	EFEITO DA FALHA
			16 Tubulação de proteção dos cabos quebrada.	A tubulação com o tempo resseca, fica mais sensível a danos, acaba quebrando. Ocorre infiltração de água, gerando baixa isolação no cabo e além disso a água acaba chegando a caixa de junção. Nesta situação não transmite corrente para a via, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:50 (restabelecimento) e 06:00(corretiva).
			17 Conectores "P1" ou "P2" com mau contato.	Durante a atuação, o conector é mau encaixado ou um dos seus pinos afunda. Nesta situação não transmite corrente para a via, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 03:00 (restabelecimento).
			18 Conjunto eletrônico com excesso de pó (circuito AF).	A CMV não é perfeitamente vedada, permitindo a entrada de pó. Este acúmulo de pó associado a trepidação ou umidade pode afetar o conjunto eletrônico, que não transmite corrente para a via, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:25 (restabelecimento).
			19 Caixa metálica oxidada (circuito AF).	A caixa metálica de proteção do conjunto eletrônico fica exposta a sujeira e umidade. Com o tempo a caixa oxida, permite a entrada de pó, o acúmulo de pó associado a trepidação ou umidade pode afetar o conjunto eletrônico, que não transmite corrente para a via, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:25 (restabelecimento) e 08:00 (corretiva).

FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA	EFEITO DA FALHA
			20 Capacitor de ajuste de sintonia em curto	O capacitor entra em curto e drena o sinal de transmissão. Nesta situação não transmite corrente para a via, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 01:00 (restabelecimento)
			21 Pino S8 solto. (Tx de região de Desvio e Tx de Fim de Via)	O pino S8 solta por trepidação, não transmite corrente para a via, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:50 (restabelecimento) e 03:00 (corretiva).
			22 Circuito de Isolação (sabonetinho) aberto. (Tx de tensão)	O circuito abre, não transmite corrente para a via, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 03:00 (restabelecimento) e 03:00 (corretiva).
			23 Cartão Transmissor TXR do ECV sem saída.	O cartão falha, não transmite corrente para a via, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade do CDV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:15 (restabelecimento) e 02:30 (oficina).
			24 Cartão Fonte 24 Vcc do ECV sem saída.	O cartão falha, não transmite corrente para a via, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada não recebe o sinal, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade do CDV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:15 (restabelecimento) e 02:30 (oficina).

FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL		MODO DE FALHA	EFEITO DA FALHA
				25	Cartões fonte dual de 12 Vcc do gabinete ECV sem saída. Um dos cartões falha, um alarme é gerado no PCL, caso este alarme não seja observado, não é aberta ocorrência. Caso a outra fonte falhar, não transmite corrente para nenhum CDV do domínio. Os trens não recebem código de velocidade e ocorre ocupação de todos os CDV's. A partir das ocupações, a movimentação dos trens é realizada em Manual assim como os alinhamentos de rota, gerando grandes transtornos operacionais. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:20 (restabelecimento) e 02:30 (oficina).
				26	Parafusos da borneira de conexões da caixa de interface do ECV soltos. Os parafusos soltam por trepidação, as conexões apresentam mau contato, não transmite corrente para a via, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada não recebe o sinal, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:20 (restabelecimento).
				27	Antena transmissora (exceto com Zbond) com baixa isolamento entre condutores e trilho. (Tx de Corrente e Tx de Intertravamento) Na troca de trilhos é deixada rebarba de solda por baixo da antena, com o tempo os condutores entram em curto com o trilho, não transmite corrente para a via, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada não recebe o sinal, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. Além disso, o retorno negativo pode fluir para a CMV danificando seus componentes. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 01:00 (restabelecimento) e 03:00 (corretiva).
				28	Circuito Interface de antenas aberto. (Tx Intertravamento e Tx de Tensão) O circuito abre, não transmite corrente para a via, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 01:30 (restabelecimento), 03:00 (corretiva) e 02:30 (oficina)
				29	TB, Fonte ou cabo de alimentação atenuando tensão de entrada da CMV. A alimentação de entrada da CMV cai, não transmite corrente para a via, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 04:00 (restabelecimento) e 02:30 (oficina)

FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA	EFEITO DA FALHA
			30	Cartões fonte dual de 12 Vcc do gabinete ECV com ripple alto ou não assume a carga. O arranjo das fontes não é o clássico "principal - reserva", pois as fontes operam simultaneamente fornecendo parte da corrente para o equipamento. O sistema de monitoramento é realizado por relés que detectam a presença da tensão de saída das fontes. Com o tempo o ripple vai aumentando, o monitoramento não detecta a falha, e os circuitos alimentados têm seu funcionamento afetado pelas variações da alimentação. Além disso, como as fontes operam juntas, no momento da falha de uma delas não se pode afirmar que a outra assumirá a carga. Nesta situação, ocorre ocupação de todos os CDV's. A partir das ocupações, a movimentação dos trens é realizada em modo Manual assim como os alinhamentos de rota, gerando grandes transtornos operacionais. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:20 (restabelecimento) e 02:30 (oficina).
			31	Parafusos de fixação da tampa do porta-cartões soltos, espanados ou faltando. Os parafusos afrouxam, os cartões deixam de ser pressionados contra os conectores, apresentam mau contato, não transmite corrente para a via, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 02:15 (restabelecimento).
			32	Borracha da tampa ou da barra do porta-cartões deteriorada. A borracha deteriora, os cartões deixam de ser pressionados contra os conectores, apresentam mau contato, não transmite corrente para a via, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 02:15 (restabelecimento).
	B	Transmite corrente para a via com frequência fixa ou código diferente do comandado.	1	Cartão Gerador de Base de Tempo (459) sem o sinal "pulso de palavra" O cartão falha, a CMV transmite uma corrente com frequência fixa ou com código diferente do comandado para a via, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. Além disso, a receptora da própria CMV (quando houver) também gera ocupação em outro CDV. A partir das ocupações, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:25 (restabelecimento) e 02:30 (oficina).

FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL		MODO DE FALHA	EFEITO DA FALHA
				2	Cartão Divisor de Frequência e Dados de Ida (345) sem saída do sinal "Linha de Controle". O cartão falha, a CMV transmite uma corrente com frequência fixa ou com código diferente do comandado para a via, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:25 (restabelecimento) e 02:30 (oficina).
				3	Cartão Seção de Tempo (346) sem saída. O cartão falha, a CMV transmite uma corrente com frequência fixa ou com código diferente do comandado para a via, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. Além disso, a receptora da própria CMV (quando houver) também gera ocupação em outro CDV. A partir das ocupações, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:25 (restabelecimento) e 02:30 (oficina).
				4	Placa de Conexões, cartões 459, P028/326, 345 ou cabo MUX atenuando sinais de entrada. A Placa de Conexões apresenta mau contato, ou cabo MUX apresenta baixa isolamento, ou qualquer um dos cartões falham atenuando os sinais provenientes do MUX, a CMV transmite uma corrente com frequência fixa ou com código diferente do comandado para a via, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. Este modo de falha pode afetar vários CDV's. A partir da(s) ocupação(ões), os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 04:00 (restabelecimento) e 02:30 (oficina).
				5	Cartões TxR, DMX, GSM ou IMX sem saída. O cartão falha, o ECV transmite uma corrente com frequência fixa ou com código diferente do comandado para a via, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada não recebe o sinal, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação em um ou mais CDV's. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade do CDV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:25 (restabelecimento) e 02:30 (oficina).
				6	Cartão Divisor de Frequência e Dados de Ida (345) não reconhece o sinal "Pulso de Palavra". O cartão falha, a CMV transmite código sem inversão de fase, não ocorre falsa ocupação do CDV. Quando o trem ocupa o CDV, ocorre ocupação e os trens perdem os códigos "0" e "100Kph". Nesta situação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:25 (restabelecimento) e 02:30 (oficina).

FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA		EFEITO DA FALHA
		C Transmite corrente para a via abaixo do limite mínimo.	1	Capacitor de Ajuste de Sintonia quebrado por trepidação.	O capacitor quebra, há perda de potência de transferência do cartão transmissor para a via, o nível da corrente na via diminui, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal de forma intermitente ou de forma fixa, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 01:00 (restabelecimento).
			2	Capacitor de Ajuste de Sintonia com valor de capacitância alterado.	O capacitor com o tempo altera o valor da capacitância, há perda de potência de transferência do cartão transmissor para a via, o nível da corrente na via diminui, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal de forma intermitente ou de forma fixa, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 01:00 (restabelecimento).
			3	Antena transmissora (exceto com Zbond) com baixa isolamento ou mau contato entre condutores. (Tx de Corrente e Tx de Intertravamento)	A antena apresenta baixa isolamento por umidade ou choque mecânico, há perda de potência de transferência do cartão transmissor para a via, o nível da corrente na via diminui, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal de forma intermitente ou de forma fixa, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 04:00 (restabelecimento) e 03:00 (corretiva).
			4	Parafusos de fixação dos terminais da placa de conexões soltos.	Os parafusos soltam por trepidação, a conexão apresenta mau contato, há perda de potência de transferência do cartão transmissor para a via, o nível da corrente na via diminui, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal de forma intermitente ou de forma fixa, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:20 (restabelecimento).

FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL		MODO DE FALHA	EFEITO DA FALHA
				5	Terminais faston da placa de conexões frouxo Os terminais afrouxam por trepidação ou excesso de manuseio, a conexão apresenta mau contato, há perda de potência de transferência do cartão transmissor para a via, o nível da corrente na via diminui, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal de forma intermitente ou de forma fixa, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:20 (restabelecimento).
				6	Terminais da borneira da caixa de junção ou suas porcas de fixação soltas. As porcas soltam por trepidação, a conexão apresenta mau contato, há perda de potência de transferência do cartão transmissor para a via, o nível da corrente na via diminui, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal de forma intermitente ou de forma fixa, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:25 (restabelecimento).
				7	Borracha de vedação da tampa da caixa de junção deteriorada. A borracha deteriora, ocorre presença de umidade, os terminais oxidam, a conexão apresenta mau contato, há perda de potência de transferência do cartão transmissor para a via, o nível da corrente na via diminui, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal de forma intermitente ou de forma fixa, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:50 (restabelecimento) e 04:00 (corretiva).
				8	Parafusos da tampa ou rosca da caixa de junção quebrados ou espanados. Os parafusos ou as roscas quebram ou espanam, ocorre presença de umidade, os terminais oxidam, a conexão apresenta mau contato, há perda de potência de transferência do cartão transmissor para a via, o nível da corrente na via diminui, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal de forma intermitente ou de forma fixa, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:50 (restabelecimento) e 04:00 (corretiva).

FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA	EFEITO DA FALHA
			9	Tubulação de proteção dos cabos quebrada A tubulação com o tempo resseca, fica mais sensível a danos, acaba quebrando. Ocorre infiltração de água, gerando baixa isolamento no cabo e além disso a água acaba chegando a caixa de junção. Nesta situação há perda de potência de transferência do cartão transmissor para a via, o nível da corrente na via diminui, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal de forma intermitente ou de forma fixa, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h. Tempo de Reparo : 00:50 (restabelecimento) e 06:00 (corretiva).
			10	Pino S8 solto. (Tx de região de Desvio e Tx de Fim de Via) O pino S8 solto, a conexão apresenta mau contato, há perda de potência de transferência do cartão transmissor para a via, o nível da corrente na via diminui, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal de forma intermitente ou de forma fixa, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h. Tempo de Reparo : 00:50 (restabelecimento) e 03:00 (corretiva).
			11	CMV deixada com ajuste abaixo do mínimo. A CMV é deixada desajustada, o nível da corrente na via é menor que o especificado, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal de forma intermitente ou de forma fixa, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h. Tempo de Reparo : 01:30 (restabelecimento).
			12	Cartão Transmissor em falha. O cartão falha, há perda de potência de transferência do cartão transmissor para a via, o nível da corrente na via diminui, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal de forma intermitente ou de forma fixa, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h. Tempo de Reparo : 00:25 (restabelecimento) e 02:30 (oficina).

FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL		MODO DE FALHA	EFEITO DA FALHA
				13 Cartão TxR sem o sinal "SIN SCR".	O cartão perde o sinal "SIN SCR", os capacitores de sintonia não são comutados, há perda de potência de transferência do cartão transmissor para a via, o nível da corrente na via diminui, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal de forma intermitente ou de forma fixa, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação no CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:25 (restabelecimento) e 02:30 (oficina).
				14 Instrumento com erro na medição.	O instrumento não mede corretamente e o ajuste é feito abaixo do mínimo, deixando o circuito mais suscetível a falsa ocupação, intermitente ou não. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 01:30 (restabelecimento).
				15 Cartão Fonte com tensão de saída baixa.	A fonte falha, a tensão de saída diminui, o nível de corrente na saída do cartão transmissor diminui, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal de forma intermitente ou de forma fixa, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. Além disso, a receptora da própria CMV (quando houver) também gera ocupação em outro CDV. A partir das ocupações, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:25 (restabelecimento) e 02:30 (oficina).
				16 Presilhas de fixação de antenas soltas.	As presilhas soltam por trepidação ou são deixadas soltas, a antena se desloca, o nível da corrente na via diminui, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada (onde houver) não recebe o sinal de forma intermitente ou de forma fixa, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h. Tempo de Reparo : 00:50 (restabelecimento) e 01:00 (corretiva).
				17 Parafusos da borneira de conexões da caixa de interface do ECV soltos.	Os parafusos soltam por trepidação, a conexão apresenta mau contato, há perda de potência de transferência do cartão transmissor para a via, o nível da corrente na via diminui, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada não recebe o sinal de forma intermitente ou de forma fixa, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:20 (restabelecimento).

FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL		MODO DE FALHA	EFEITO DA FALHA
				18 Cartão TXR do ECV em falha.	O cartão falha, há perda de potência de transferência do cartão transmissor para a via, o nível da corrente na via diminui, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada não recebe o sinal de forma intermitente ou de forma fixa, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h. Tempo de Reparo : 00:15 (restabelecimento) e 02:30 (oficina).
				19 Cartão Fonte de 24 Vcc com tensão de saída baixa.	A fonte falha, a tensão de saída diminui, o nível de corrente na saída do cartão transmissor diminui, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada não recebe o sinal de forma intermitente ou de forma fixa, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h. Tempo de Reparo : 00:15 (restabelecimento) e 02:30 (oficina).
				20 Capacitor do Circuito de Interface de Antenas (VTC) defeituoso. (Tx Intertravament o e Tx de Tensão)	O capacitor falha, no ajuste de sintonia coloca-se o resistor de limitação de corrente em curto, o nível de corrente aumenta, ao se retirar o curto a corrente fica acima do máximo, a corrente é ajustada e devido a falha do capacitor, com o tempo, a corrente diminui ficando abaixo do mínimo. Nesta situação, o trem não recebe código de velocidade (exceto Transmissora da Região de Desvio, que apenas detecta ocupação) e a receptora associada não recebe o sinal de forma intermitente ou de forma fixa, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h. Tempo de Reparo : 01:30 (restabelecimento), 03:00 (corretiva) e 02:30 (oficina).
		D	Transmite corrente para a via acima do limite máximo.	1 Ver função 5 (Segurança)	
2	Fornecer um sinal ao cartão receptor dentro de parâmetros especificados de acordo com o tipo de CMV.	A	Não fornece sinal ao cartão receptor.	1 Antena receptora aberta por atuação em outros equipamentos da via.	A antena abre, a CMV deixa de receber o sinal da via, para de transmitir o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h. Tempo de Reparo : 04:10 (restabelecimento) e 03:00 (corretiva).
				2 Porcas de fixação dos terminais da borneira da caixa de junção soltas.	As porcas afrouxam por trepidação, as conexões apresentam mau contato, a CMV deixa de receber o sinal da via, para de transmitir o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h. Tempo de Reparo : 00:35 (restabelecimento).

FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA	EFEITO DA FALHA
			3 Borracha de vedação da tampa da caixa de junção deteriorada.	A borracha de vedação deteriora, ocorre presença de umidade, os terminais oxidam, as conexões apresentam mau contato, a CMV deixa de receber o sinal da via, para de transmitir o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 01:00 (restabelecimento) e 04:00 (corretiva).
			4 Via alagada.	Em um alagamento da via, como a caixa de junção não é totalmente vedada, ocorre entrada de água, os terminais oxidam, as conexões apresentam mau contato, a CMV deixa de receber o sinal da via, para de transmitir o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 04:00 (restabelecimento) e 03:00 (corretiva).
			5 Parafusos da tampa ou rosca da caixa de junção quebrados ou espanados.	Os parafusos ou as roscas quebram ou espanam devido desgaste, ocorre presença de umidade, os terminais oxidam, as conexões apresentam mau contato, a CMV deixa de receber o sinal da via, para de transmitir o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 01:00 (restabelecimento) e 04:00 (corretiva).
			6 Tubulação de proteção dos cabos quebrada.	A tubulação com o tempo resseca, fica mais sensível a danos, acaba quebrando. Ocorre infiltração de água, gerando baixa isolamento no cabo e além disso a água acaba chegando a caixa de junção. Nesta situação a CMV deixa de receber o sinal da via, para de transmitir o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 01:00 (restabelecimento) e 06:00 (corretiva).
			7 Circuito Interface de antenas aberto. CMV	O circuito abre, a CMV deixa de receber o sinal da via, para de transmitir o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 01:30 (restabelecimento) e 02:30 (oficina).
			8 Parafusos de fixação dos terminais da placa de conexões ou TB de alimentação soltos.	Os parafusos soltam por trepidação, as conexões apresentam mau contato, a CMV deixa de receber o sinal da via, para de transmitir o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:20 (restabelecimento).
			9 Terminais faston da placa de conexões ou TB de alimentação frouxo.	Os terminais afrouxam por trepidação, as conexões apresentam mau contato, a CMV deixa de receber o sinal da via, para de transmitir o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:20 (restabelecimento).

FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA	EFEITO DA FALHA
			10 Conector "P1" com mau contato.	Durante a atuação, o conector é mau encaixado ou um dos seus pinos afunda. Nesta situação, a CMV deixa de receber o sinal da via, para de transmitir o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 03:45 (restabelecimento) e 03:00 (corretiva).
			11 Pino S8 solto. (Rx de região de Desvio, Rx de Fim de Via e Bpoint de Tensão)	O pino S8 solta por trepidação, a CMV não recebe o sinal, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:50 (restabelecimento) e 03:00 (corretiva).
			12 Circuito de Isolação (sabonetinho) aberto. (Rx de tensão)	O circuito abre, a CMV não recebe o sinal, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:50 (restabelecimento) e 03:00 (corretiva).
			13 Parafusos da borneira de conexões da caixa de interface do ECV soltos.	Os parafusos soltam, o circuito abre, o ECV não recebe o sinal, deixando de enviar o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:20 (restabelecimento).
			14 Conexões dos cabos de bondeamento ou barra shunt frouxas.	As conexões dos cabos de bondeamento afrouxam, a corrente de propulsão no circuito fica desbalanceada, com a circulação de trens o sinal na entrada do receptor fica ruidoso, ou a barra shunt apresenta mau contato, a CMV deixa de receber o sinal da via, para de transmitir o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade do CDV. O Bondeamento não faz parte deste estudo devendo ser analisada separadamente. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 04:00 (restabelecimento) e 03:00 (corretiva).
			15 Trilho partido.	O trilho parte, a transmissão do código é interrompida de forma intermitente ou de forma fixa para o MUX, que detecta ocupação de um ou mais CDV's. A partir das ocupações, os efeitos dependem da criticidade dos CDV's. A equipe de restabelecimento instala o kit trinca, para aguardar a troca do trilho. Os trilhos não fazem parte deste estudo devendo ser analisados separadamente. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 02:30 (restabelecimento) e 03:00 (corretiva).
			16 Fusível da borneira de recepção do ECV aberto.	O fusível abre indevidamente, o cartão RXR do ECV deixa de receber o sinal da via, para de transmitir o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:20 (restabelecimento).

FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA	EFEITO DA FALHA
			17 Cabos de alimentação de 24Vcc e sinal Rx para as CIA's com baixa isolamento.	O cabo apresenta baixa isolamento, a tensão de alimentação dos pré-amplificadores e o nível do sinal Rx diminuem, o cartão RXR do ECV deixa de receber o sinal da via, para de transmitir o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 06:00 h . Tempo de Reparo : 06:00 (restabelecimento) e 28:00 (corretiva).
		B Fornece um sinal ao cartão receptor abaixo do valor mínimo especificado.	1 Antena receptora com baixa isolamento. (Rx de corrente)	A antena apresenta baixa isolamento por umidade ou choque mecânico, o nível do sinal na entrada do receptor é menor que o mínimo, a CMV deixa de receber o sinal da via de forma intermitente ou de forma fixa, para de transmitir o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 04:00 (restabelecimento) e 03:00 (corretiva).
			2 Porcas de fixação dos terminais da borneira da caixa de junção soltas.	As porcas soltam por trepidação, a conexão apresenta mau contato, o nível do sinal na entrada do receptor é menor que o mínimo, a CMV deixa de receber o sinal da via de forma intermitente ou de forma fixa, para de transmitir o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:35 (restabelecimento).
			3 Borracha de vedação da tampa da caixa de junção deteriorada.	A borracha deteriora, ocorre presença de umidade, os terminais oxidam, a conexão apresenta mau contato, o nível do sinal na entrada do receptor é menor que o mínimo, a CMV deixa de receber o sinal da via de forma intermitente ou de forma fixa, para de transmitir o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 01:00 (restabelecimento) e 04:00 (corretiva).
			4 Parafusos da tampa da caixa de junção quebrados ou espanados.	Os parafusos ou as roscas quebram ou espanam, ocorre presença de umidade, os terminais oxidam, a conexão apresenta mau contato, o nível do sinal na entrada do receptor é menor que o mínimo, a CMV deixa de receber o sinal da via de forma intermitente ou de forma fixa, para de transmitir o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 01:00 (restabelecimento) e 04:00 (corretiva).

FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA	EFEITO DA FALHA
			5 Tubulação de proteção dos cabos quebrada.	A tubulação com o tempo resseca, fica mais sensível a danos, acaba quebrando. Ocorre infiltração de água, gerando baixa isolamento no cabo e além disso a água acaba chegando a caixa de junção. Nesta situação o nível do sinal na entrada do receptor é menor que o mínimo, a CMV deixa de receber o sinal da via de forma intermitente ou de forma fixa, para de transmitir o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 01:00 (restabelecimento) e 06:00 (corretiva).
			6 Circuito Interface de antenas com mau contato.	O circuito de Interface apresenta mau contato por trepidação, o nível do sinal na entrada do receptor é menor que o mínimo, a CMV deixa de receber o sinal da via de forma intermitente ou de forma fixa, para de transmitir o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 01:30 (restabelecimento) e 02:30 (oficina).
			7 Parafusos de fixação dos terminais da placa de conexões soltos.	Os parafusos soltam por trepidação, a conexão apresenta mau contato, o nível do sinal na entrada do receptor é menor que o mínimo, a CMV deixa de receber o sinal da via de forma intermitente ou de forma fixa, para de transmitir o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:20 (restabelecimento).
			8 Terminais faston da placa de conexões frouxo.	Os terminais afrouxam por trepidação ou excesso de manuseio, a conexão apresenta mau contato, o nível do sinal na entrada do receptor é menor que o mínimo, a CMV deixa de receber o sinal da via de forma intermitente ou de forma fixa, para de transmitir o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:20 (restabelecimento).
			9 Conector "P1" com mau contato.	Durante a atuação, o conector é mau encaixado ou um dos seus pinos afunda. Nesta situação, o nível do sinal na entrada do receptor é menor que o mínimo, a CMV deixa de receber o sinal da via de forma intermitente ou de forma fixa, para de transmitir o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 03:00 (restabelecimento).
			10 Pino S8 solto. (Tx de região de Desvio ou Tx de Fim de Via com receptora associada)	O pino S8 solta, a conexão apresenta mau contato, o nível do sinal na entrada do receptor é menor que o mínimo, a CMV deixa de receber o sinal da via de forma intermitente ou de forma fixa, para de transmitir o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 01:00 (restabelecimento) e 03:00 (corretiva).

FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA	EFEITO DA FALHA
			11 Circuito de Isolação (sabonetinho) defeituoso.	Após ocorrência de descargas atmosféricas o Circuito de isolamento falha, apresentando um nível de sinal na entrada do receptor menor que o mínimo, a CMV deixa de receber o sinal da via de forma intermitente ou de forma fixa, para de transmitir o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 03:00 (restabelecimento) e 03:00 (corretiva).
			12 Parafusos da borneira de conexões da caixa de interface do ECV soltos.	Os parafusos soltam, a conexão apresenta mau contato, o nível do sinal na entrada do receptor é menor que o mínimo, o ECV deixa de receber o sinal da via de forma intermitente ou de forma fixa, para de transmitir o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade do CDV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:30 (restabelecimento).
			13 Conexões dos cabos de bondeamento ou barra shunt frouxas.	As conexões dos cabos de bondeamento afrouxam, a corrente de propulsão no circuito fica desbalanceada, com a circulação de trens o sinal na entrada do receptor fica ruidoso, ou a barra shunt apresenta mau contato e o sinal fica menor que o mínimo, a CMV deixa de receber o sinal da via de forma intermitente ou de forma fixa, para de transmitir o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade do CDV. O Bondeamento não faz parte deste estudo devendo ser analisada separadamente. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 04:00 (restabelecimento) e 03:00 (corretiva).
			14 Junta Isolante em curto.	A junta isolante entra em curto, o nível do sinal na entrada do receptor é menor que o mínimo, o ECV deixa de receber o sinal da via de forma intermitente ou de forma fixa, para de transmitir o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade do CDV. Os trilhos não fazem parte deste estudo devendo ser analisados separadamente.
			15 Impedance Bond defeituosa.	A Impedance bond falha, a corrente no circuito fica desbalanceada, o nível do sinal na entrada do receptor é menor que o mínimo, o ECV deixa de receber o sinal da via de forma intermitente ou de forma fixa, para de transmitir o código ao MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade do CDV. Os trilhos não fazem parte deste estudo devendo ser analisados separadamente.
	C	Fornecer um sinal ao cartão receptor acima do valor máximo especificado.	1 Ver função 5 (Segurança)	

FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL		MODO DE FALHA	EFEITO DA FALHA
3	Enviar ao MUX, um sinal digital contendo o código recebido da via, em FSK, frequência F1 e F0, num nível de tensão no TPM do cartão receptor, acima do limiar.	A	Não envia sinal ao MUX.	1 Cartão Receptor (P028/326) sem o sinal "Pulso de Dado de Retorno" ou "Dados 155KHz".	O cartão falha, a CMV deixa de enviar o código para o MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:25 (restabelecimento), 01:30 (corretiva) e 02:30 (oficina).
				2 Cartão Gerador Base de Tempo (459) sem o sinal "Pulso de Palavra".	O cartão falha, a CMV deixa de enviar o código para o MUX, que detecta ocupação do CDV. Além disso, a transmissora da própria CMV (quando houver) também gera ocupação em outro CDV. A partir das ocupações, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:25 (restabelecimento) e 02:30 (oficina).
				3 Cartão Seção de Tempo (346) sem saída.	O cartão falha, a CMV deixa de enviar o código para o MUX, que detecta ocupação do CDV. Além disso, a transmissora da própria CMV (quando houver) também gera ocupação em outro CDV. A partir das ocupações, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:25 (restabelecimento) e 02:30 (oficina).
				4 Cartão Fonte sem saída.	O cartão falha, a CMV deixa de enviar o código para o MUX, que detecta ocupação do CDV. Além disso, a transmissora da própria CMV (quando houver) também gera ocupação em outro CDV. A partir das ocupações, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:25 (restabelecimento) e 02:30 (oficina).
				5 Conectores "P1" ou "P2" com mau contato.	Durante a atuação, o conector é mau encaixado ou um dos seus pinos afunda. Nesta situação, a transmissão do código é interrompida de forma intermitente ou de forma fixa, para o MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 03:00 (restabelecimento).
				6 Guias de sustentação dos cartões quebradas ou desgastadas.	As guias com o tempo ressecam, desgastam e então quebram. Os cartões apresentam mau contato. Nesta situação, a transmissão do código é interrompida de forma intermitente ou de forma fixa, para o MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 02:25 (restabelecimento).
				7 Segredo dos conectores do porta-cartões amassado ou solto.	Nas substituições de cartões o segredo solta e acaba por amassar. Com o segredo amassado o cartão não encaixa totalmente no conector, apresenta mau contato. Nesta situação, a transmissão do código é interrompida de forma intermitente ou de forma fixa, para o MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 02:25 (restabelecimento).

FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL		MODO DE FALHA	EFEITO DA FALHA
				8 Parafusos de fixação dos terminais da placa de conexões soltos.	Os parafusos soltam por trepidação, as conexões apresentam mau contato. Nesta situação, a transmissão do código é interrompida de forma intermitente ou de forma fixa, para o MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:30 (restabelecimento).
				9 Terminais faston da placa de conexões frouxo.	Os terminais afrouxam por trepidação, as conexões apresentam mau contato. Nesta situação, a transmissão do código é interrompida de forma intermitente ou de forma fixa, para o MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:30 (restabelecimento).
				10 Conjunto eletrônico com excesso de pó (circuito AF).	A CMV não é perfeitamente vedada, permitindo a entrada de pó. Este acúmulo de pó associado a trepidação ou umidade pode afetar o conjunto eletrônico, causando falsa ocupação no CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:35 (restabelecimento).
				11 Caixa metálica oxidada (circuito AF).	A caixa metálica de proteção do conjunto eletrônico fica exposta a sujeira e umidade. Com o tempo a caixa oxida, permite a entrada de pó, o acúmulo de pó associado a trepidação ou umidade pode afetar o conjunto eletrônico, causando falsa ocupação no CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:35 (restabelecimento) e 08:00 (corretiva).
				12 Cartão RxR sem saída.	O cartão falha, o ECV deixa de enviar o código para o MUX, que detecta ocupação do CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade do CDV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:15 (restabelecimento) e 02:30 (oficina).
				13 Cartões Fonte dual de 24 Vcc do ECV sem saída	Um dos cartões falha, um alarme é gerado no PCL, caso este alarme não seja observado, não é aberta ocorrência. Caso a outra fonte falhar, o ECV deixa de enviar o código para o MUX, que detecta ocupação de todos os CDV's do domínio do armário ECV. A partir das ocupações, os efeitos dependem da criticidade dos CDV's. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:15 (restabelecimento) e 02:30 (oficina).
				14 Cartões MPX, GSM ou IMX sem saída.	O cartão falha, o ECV deixa de enviar o código para o MUX, que detecta ocupação de um ou mais CDV's. A partir das ocupações, os efeitos dependem da criticidade dos CDV's. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:15 (restabelecimento) e 02:30 (oficina).
				15 Capacitor Vital do cabo MUX do ECV aberto.	O capacitor abre, o ECV deixa de enviar o código para o MUX, que detecta ocupação de um ou mais CDV's. A partir das ocupações, os efeitos dependem da criticidade dos CDV's. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:30 (restabelecimento).

FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA	EFEITO DA FALHA
			16	Cartão Gerador Base de Tempo (459) gerando ruído na linha de "Dados de Retorno". O cartão falha, o ruído é propagado para todas as CMV's do domínio, as janelas de tempo são invadidas pelo ruído, fazendo o MUX detectar ocupação de forma aleatória e intermitente. A partir das ocupações, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 02:00 (restabelecimento), 09:00 (corretiva) e 02:30 (oficina).
			17	TB, Fonte ou cabo de alimentação atenuando tensão de entrada da CMV. A alimentação de entrada cai, a CMV deixa de enviar o código para o MUX, que detecta ocupação de um ou mais CDV's. A partir das ocupações, os efeitos dependem da criticidade dos CDV's. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 04:00 (restabelecimento) e 02:30 (oficina).
			18	Placa de Conexões, cartões 459, P028/326, 345 ou cabo MUX atenuando sinais de entrada. A Placa de Conexões apresenta mau contato, ou cabo MUX apresenta baixa isolamento, ou qualquer um dos cartões falham atenuando os sinais provenientes do MUX, a CMV deixa de enviar o código para o MUX, que detecta ocupação de um ou mais CDV's. A partir das ocupações, os efeitos dependem da criticidade dos CDV's. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 04:00 (restabelecimento) e 02:30 (oficina).
			19	Cartões Fonte dual de 24 Vcc do ECV com ripple alto ou não assume a carga. O arranjo das fontes não é o clássico "principal - reserva", pois as fontes operam simultaneamente fornecendo parte da corrente para o equipamento. O sistema de monitoramento é realizado por relés que detectam a presença da tensão de saída das fontes. Com o tempo o ripple vai aumentando, o monitoramento não detecta a falha, e os circuitos alimentados têm seu funcionamento afetado pelas variações da alimentação. Além disso, como as fontes operam juntas, no momento da falha de uma delas não se pode afirmar que a outra assumirá a carga. Nesta situação, o ECV deixa de enviar o código para o MUX, que detecta ocupação de todos os CDV's do domínio do armário ECV. A partir das ocupações, os efeitos dependem da criticidade dos CDV's. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:15 (restabelecimento) e 02:30 (oficina).
4	Permitir o ajuste do sinal de recepção para o cartão receptor.	A Não permite ajuste do sinal de recepção para o cartão receptor.	1	Terminal do Transformador do Circuito de Interface de Antenas quebrado. O terminal quebra pelo manuseio, impedindo a sua utilização para ajuste do nível de recepção da CMV. Nesta situação é necessária a substituição do Circuito de Interface de Antenas. No atendimento as ocorrências, caso a substituição imediata não seja possível, o sinal é deixado em um nível mais próximo do especificado, e a troca é programada. Não afeta a operação. Tempo de Reparo : 01:30 (restabelecimento) e 02:30 (oficina).
			2	Relações de ajuste do circuito eletrônico insuficiente. Com a falta de relações de ajuste, os níveis são deixados fora do limite mínimo, o que pode ocasionar falsa ocupação.
5	Garantir que qualquer falha na CMV leva o sistema para uma condição mais restritiva.	A Transmite corrente para a via com código de velocidade maior que o comandado.	1	Sem modos de falha. (Não é possível que ocorram)

FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA	EFEITO DA FALHA
		B Transmite sinal válido para o MUX com CDV ocupado.	1 Antena transmissora (exceto Zbond) com baixa isolamento. (Tx de Corrente ou Tx de Intertravament o com receptora associada)	A antena apresenta baixa isolamento por umidade ou choque mecânico, há perda de potência de transferência do cartão transmissor para a via, o nível da corrente na via diminui. Na atuação é feito o ajuste da transmissão e consequentemente da recepção sem reparar o modo de falha, que ao desaparecer faz o nível ficar acima do máximo. Se o nível estiver muito acima do máximo, pode ocorrer a desocupação indevida do CDV. Afeta a segurança caso o técnico atue de modo incorreto. Os tempos de Interferência e de Reparo são normalmente elevados e podem variar muito devido a complexidade das pesquisas realizadas.
			2 Antena receptora com baixa isolamento.	A antena receptora apresenta baixa isolamento por umidade ou choque mecânico, nível de recepção diminui. Na atuação é feito ajuste de recepção sem reparar o modo de falha, que ao desaparecer faz o nível ficar acima do máximo. Se o nível estiver muito acima do máximo, pode ocorrer a desocupação indevida do CDV. Afeta a segurança caso o técnico atue de modo incorreto. Os tempos de Interferência e de Reparo são normalmente elevados e podem variar muito devido a complexidade das pesquisas realizadas.
			3 Parafusos de fixação dos terminais da placa de conexões soltos	Os parafusos soltam por trepidação, a conexão apresenta mau contato, há perda de potência de transferência do cartão transmissor para a via, o nível da corrente na via ou o nível de recepção diminui. Na atuação são feitos os ajustes de transmissão e recepção sem reparar o modo de falha, que ao desaparecer faz o nível ficar acima do máximo. Se o nível estiver muito acima do máximo, pode ocorrer a desocupação indevida do CDV. Afeta a segurança caso o técnico atue de modo incorreto. Os tempos de Interferência e de Reparo são normalmente elevados e podem variar muito devido a complexidade das pesquisas realizadas.
			4 Terminais faston da placa de conexões frouxo.	Os terminais afrouxam por trepidação ou excesso de manuseio, a conexão apresenta mau contato, há perda de potência de transferência do cartão transmissor para a via, o nível da corrente na via ou o nível de recepção diminui. Na atuação são feitos ajustes da transmissão e da recepção sem reparar o modo de falha, que ao desaparecer faz o nível ficar acima do máximo. Se o nível estiver muito acima do máximo, pode ocorrer a desocupação indevida do CDV. Afeta a segurança caso o técnico atue de modo incorreto. Os tempos de Interferência e de Reparo são normalmente elevados e podem variar muito devido a complexidade das pesquisas realizadas.

FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL		MODO DE FALHA	EFEITO DA FALHA
				5 Porcas de fixação dos terminais da borneira da caixa de junção soltas	As porcas soltam por trepidação, a conexão apresenta mau contato, há perda de potência de transferência do cartão transmissor para a via, o nível da corrente na via ou o nível de recepção diminui. Na atuação são feitos ajustes da transmissão e da recepção sem reparar o modo de falha, que ao desaparecer faz o nível ficar acima do máximo. Se o nível estiver muito acima do máximo, pode ocorrer a desocupação indevida do CDV. Afeta a segurança caso o técnico atue de modo incorreto. Os tempos de Interferência e de Reparo são normalmente elevados e podem variar muito devido a complexidade das pesquisas realizadas.
				6 Borracha de vedação da tampa da caixa de junção deteriorada.	A borracha deteriora, ocorre presença de umidade, os terminais oxidam, a conexão apresenta mau contato, há perda de potência de transferência do cartão transmissor para a via, o nível da corrente na via ou o nível de recepção diminui. Na atuação são feitos ajustes da transmissão e da recepção sem reparar o modo de falha, que ao desaparecer faz o nível ficar acima do máximo. Se o nível estiver muito acima do máximo, pode ocorrer a desocupação indevida do CDV. Afeta a segurança caso o técnico atue de modo incorreto. Os tempos de Interferência e de Reparo são normalmente elevados e podem variar muito devido a complexidade das pesquisas realizadas.
				7 Parafusos da tampa ou rosca da caixa de junção quebrados ou espanados.	Os parafusos ou as roscas quebram ou espanam, ocorre presença de umidade, os terminais oxidam, a conexão apresenta mau contato, há perda de potência de transferência do cartão transmissor para a via, o nível da corrente na via ou o nível de recepção diminui. Na atuação são feitos ajustes da transmissão e da recepção sem reparar o modo de falha, que ao desaparecer faz o nível ficar acima do máximo. Se o nível estiver muito acima do máximo, pode ocorrer a desocupação indevida do CDV. Afeta a segurança caso o técnico atue de modo incorreto. Os tempos de Interferência e de Reparo são normalmente elevados e podem variar muito devido a complexidade das pesquisas realizadas.
				8 Tubulação de proteção dos cabos quebrada.	A tubulação com o tempo resseca, fica mais sensível a danos, acaba quebrando. Ocorre infiltração de água, gerando baixa isolamento no cabo e além disso a água acaba chegando a caixa de junção. Nesta situação há perda de potência de transferência do cartão transmissor para a via, o nível da corrente na via ou o nível de recepção diminui. Na atuação são feitos ajustes da transmissão e da recepção sem reparar o modo de falha, que ao desaparecer faz o nível ficar acima do máximo. Se o nível estiver muito acima do máximo, pode ocorrer a desocupação indevida do CDV. Afeta a segurança caso o técnico atue de modo incorreto. Os tempos de Interferência e de Reparo são normalmente elevados e podem variar muito devido a complexidade das pesquisas realizadas.

FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA	EFEITO DA FALHA
			9 Instrumento com erro na medição.	O instrumento não mede corretamente e o ajuste é feito acima do máximo. Se o nível estiver muito acima do máximo, pode ocorrer a desocupação indevida do CDV. Afeta a segurança caso o técnico atue de modo incorreto. Além disso erros de medição geram retrabalhos desperdiçando mão de obra. Os tempos de Interferência e de Reparo são normalmente elevados e podem variar muito devido a complexidade das pesquisas realizadas.
			10 CMV deixada com ajuste acima do máximo.	A CMV é deixada desajustada, o nível da corrente na via é maior que o especificado. Além disso, se o nível estiver muito acima do máximo, pode ocorrer a desocupação indevida do CDV. Afeta a segurança caso o técnico atue de modo incorreto. Os tempos de Interferência e de Reparo são normalmente elevados e podem variar muito devido a complexidade das pesquisas realizadas.
			11 Pino S8 solto. (Tx de região de Desvio ou Tx de Fim de Via)	O pino S8 solto, a conexão apresenta mau contato, há perda de potência de transferência do cartão transmissor para a via, o nível da corrente na via ou o nível de recepção diminui. Na atuação são feitos ajustes da transmissão e da recepção sem reparar o modo de falha, que ao desaparecer faz o nível ficar acima do máximo. Se o nível estiver muito acima do máximo, pode ocorrer a desocupação indevida do CDV. Afeta a segurança caso o técnico atue de modo incorreto. Os tempos de Interferência e de Reparo são normalmente elevados e podem variar muito devido a complexidade das pesquisas realizadas.
			12 Parafusos da borneira de conexões da caixa de interface do ECV soltos.	Os parafusos soltam, a conexão apresenta mau contato, há perda de potência de transferência do cartão transmissor para a via, o nível da corrente na via ou o nível de recepção diminui. Na atuação são feitos ajustes da transmissão e da recepção sem reparar o modo de falha, que ao desaparecer faz o nível ficar acima do máximo. Se o nível estiver muito acima do máximo, pode ocorrer a desocupação indevida do CDV. Afeta a segurança caso o técnico atue de modo incorreto. Os tempos de Interferência e de Reparo são normalmente elevados e podem variar muito devido a complexidade das pesquisas realizadas.
			13 CMV deixada com ajuste acima do máximo.	A CMV é deixada desajustada, o nível de recepção é maior que o especificado. Se o nível estiver muito acima do máximo, pode ocorrer a desocupação indevida do CDV. Afeta a segurança caso o técnico atue de modo incorreto. Os tempos de Interferência e de Reparo são normalmente elevados e podem variar muito devido a complexidade das pesquisas realizadas.
	C	Não detecta ocupação com trem no CDV tipo AC	1 CDV's adjacentes do tipo trilho simples sem inversão de fase e com junta Isolante em curto.	Alguns CDV's do tipo trilho simples podem estar sem inversão de fase por problemas de montagem. Caso a junta isolante que separa estes CDV's entre em curto, os CDV's podem não detectar ocupação na presença de trens. Afeta a segurança caso os procedimentos não tenham sido seguidos.

FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA		EFEITO DA FALHA
6	Proteger o conjunto eletrônico de agentes externos.	A Não protege o conjunto eletrônico contra vandalismo.	1	CMV sem cadeado.	O cadeado da caixa é furtado, sendo possível abertura da CMV e expondo o conjunto eletrônico a atos de vandalismo. Caso o conjunto eletrônico seja destruído ou furtado com frequência, há risco de comprometer o estoque de sobressalentes, devido a dificuldade de reposição destes módulos, que são fornecidos apenas por encomenda. Não afeta a operação. Tempo de Reparo : 00:30 (corretiva).
			1	Borracha de vedação da CMV deteriorada.	A borracha com o tempo deteriora, permite a entrada de pó e umidade, afetando a conservação do equipamento. Não afeta a operação. Tempo de Reparo : 01:30 (corretiva).
			2	Caixa metálica oxidada.	A caixa metálica de proteção do conjunto eletrônico fica exposta a sujeira e umidade. Com o tempo a caixa oxida, permite a entrada de pó e umidade, afetando a conservação do equipamento. Não afeta a operação. Tempo de Reparo : 08:00 (corretiva).
			3	Molas ou grampos das portas da caixa quebrados ou faltado.	A caixa metálica de proteção do conjunto eletrônico fica exposta a sujeira e umidade. Com o tempo as molas e grampos oxidam, quebram e/ou caem, deixam a caixa ligeiramente aberta, permitem a entrada de pó e umidade, afetando a conservação do equipamento. Não afeta a operação. Tempo de Reparo : 08:00 (corretiva).
		C Não protege o conjunto eletrônico contra sobretensões.	1	Centelhador ou Varistor aberto.	O centelhador ou varistor vai perdendo a capacidade de proteção até abrir. Caso ocorra uma sobretensão, o conjunto eletrônico é danificado, causando falsa ocupação no CDV. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:15 para troca do componente mais o tempo para restabelecer a CMV devido a sobretensão (restabelecimento).
			2	Disjuntor ou fusível não abre.	Na ocorrência de curto-circuito na CMV ou ECV, o disjuntor ou fusível não abre, a corrente excessiva danifica a fiação da CMV, causando falsa ocupação do CDV. Neste modo de falha o tempo de reparo é consideravelmente grande. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade do CDV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 03:00 (restabelecimento) e 06:00 (corretiva).
			3	Cabo de aterramento da CMV solto.	O cabo solta na sua conexão com a CMV ou nas conexões internas, deixando-a sem aterramento. Nesta situação variações de tensão no terra podem danificar o circuito eletrônico causando falsa ocupação no CDV.
		D Atua proteção indevidamente	1	Disjuntor ou fusível abertos indevidamente.	Sem motivo aparente o disjuntor ou fusível abrem, desligam a CMV, causando falsa ocupação de um ou mais CDV's. A partir das ocupações, os efeitos dependem da criticidade das CMV's. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 03:00 (restabelecimento) e 02:30 (oficina) caso seja necessário substituir a placa de conexões.

FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL		MODO DE FALHA		EFEITO DA FALHA
				2	Centelhador ou Varistor em curto indevidamente.	Sem motivo aparente o centelhador ou varistor entram em curto, causando falsa ocupação de um ou mais CDV's. A partir das ocupações, os efeitos dependem da criticidade dos CDV's. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 04:00 (restabelecimento) devido a pesquisa complexa.
7	Proteger o empregado contra choques elétricos.	A	Não protege o empregado contra choques elétricos.	1	Cabo de aterramento solto.	O cabo solta na sua conexão com a CMV, deixando-a sem aterramento. Nesta situação o empregado perde a proteção contra choques elétricos. Afeta a segurança do empregado. Além disso a falta de aterramento pode causar falsa ocupação no CDV.
				2	Sistema de aterramento ineficiente.	O sistema de aterramento não fornece um terra adequado. Nesta situação o empregado perde a proteção contra choques elétricos. Afeta a segurança do empregado. Além disso a falta de aterramento pode causar falsa ocupação no CDV. O sistema de aterramento não faz parte deste estudo devendo ser analisado separadamente.
8	Permitir atuação na CMV com rapidez.	A	Não permite atuação na CMV com rapidez.	1	Corrimão quebrado ou inexistente (CMV de instalação alta).	Nas CMV's de instalação alta, para acessar a caixa, a manutenção sobe no corrimão. Nos casos onde o corrimão nas proximidades da CMV quebra ou não existe, é necessário providenciar escada, aumentando o tempo de reparo. O corrimão não faz parte do escopo devendo ser tratado em estudo específico.
				2	Identificação da CMV ilegível.	Com a ação do tempo a identificação fica ilegível ou por vandalismo é pichada, a Manutenção tem dificuldade em identificar a CMV em falha, aumentando o tempo de reparo. Tempo de Reparo : 03:00 (corretiva).
				3	Tampão de acesso a plataforma emperrado (plataforma).	O tampão emperra, dificulta o acesso a CMV, aumentando o tempo de reparo. O tampão não faz parte do escopo devendo ser tratado em estudo específico.
				4	Parafusos da caixa de junção emperrados.	Com o tempo os parafusos oxidam, emperram, e no momento da abertura da caixa espanam as fendas. O acesso às conexões é dificultado, aumentando o tempo de reparo. Tempo de Reparo : 04:00 (corretiva).
				5	Porca de fixação da tampa do VTC com solda quebrada.	A solda da porca quebra, na atuação de restabelecimento a remoção da tampa é dificultada, impedindo o acesso rápido aos componentes do VTC.
				6	Anilhamento da fiação ilegível, incorreta ou faltando.	O anilhamento cai ou apaga, na atuação do restabelecimento a identificação dos sinais é dificultada, aumentando o tempo de atuação.
				7	Fechadura quebrada.	A fechadura quebra, a porta não abre, o acesso ao equipamento é dificultado, aumentando o tempo de atuação.
9	Detectar trilho partido.	A	Não detecta trilho partido	1	CMV deixado com ajuste acima do máximo. (para CMV's com receptora associada)	A CMV é deixada desajustada, o trilho parte, porém não é detectado, fazendo com que os trens circulem no CDV em condições inseguras. Afeta a segurança caso o técnico atue de modo incorreto. Os tempos de Interferência e de Reparo são normalmente elevados e podem variar muito devido a complexidade das pesquisas realizadas.

FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA		EFEITO DA FALHA	
10	Transmitir um sinal AC 60Hz proveniente da sala técnica para os trilhos e enviar o retorno deste sinal, com amplitude e defasagem dentro de limites mínimo e máximo, a um relé AC, para detectar a ocupação do CDV.	A	Transmite sinal abaixo do limite mínimo necessário à desocupação do CDV.	1	Porcas de fixação das conexões de entrada, saída e entre componentes soltas.	As porcas de fixação das conexões soltam por trepidação, a conexão apresenta mau contato, a corrente para o relé AC é interrompida ou é enviada com nível menor que o mínimo, fazendo com que o circuito ocupe indevidamente, de forma intermitente ou de forma fixa. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:20 (restabelecimento).
				2	Terminais faston das conexões soltos.	Os terminais afrouxam, a conexão apresenta mau contato, a corrente para o relé AC é interrompida ou é enviada com nível menor que o mínimo, fazendo com que o circuito ocupe indevidamente, de forma intermitente ou de forma fixa. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:20 (restabelecimento).
				3	Porta-fusível oxidado. (circuito AC trilho simples)	O porta-fusível oxida, a conexão apresenta mau contato, a corrente para o relé AC é interrompida ou é enviada com nível menor que o mínimo, fazendo com que o circuito ocupe indevidamente, de forma intermitente ou de forma fixa. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:30 (restabelecimento).
				4	Cursor e pista do Resistor variável oxidados.	O cursor e a pista do resistor variável oxidam, a conexão apresenta mau contato, a corrente para o relé AC é interrompida ou é enviada com nível menor que o mínimo, fazendo com que o circuito ocupe indevidamente, de forma intermitente ou de forma fixa. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:30 (restabelecimento).
				5	Resistor Auxiliar de Ajuste de Fase quebrado por trepidação (exceto pátiós).	O resistor quebra, a corrente para o relé AC é interrompida, fazendo com que o circuito ocupe indevidamente. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:20 (restabelecimento).
				6	Terminais da borneira da caixa de junção ou suas porcas de fixação soltas.	Os terminais soltam, a conexão apresenta mau contato, a corrente para o relé AC é interrompida ou é enviada com nível menor que o mínimo, fazendo com que o circuito ocupe indevidamente, de forma intermitente ou de forma fixa. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:25 (restabelecimento).
				7	Terminais da borneira da caixa de junção quebrados .	Os terminais quebram por trepidação, a corrente para o relé AC é interrompida, fazendo com que o circuito ocupe indevidamente. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:25 (restabelecimento).

FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL		MODO DE FALHA	EFEITO DA FALHA
				8 Borracha de vedação da tampa da caixa de junção deteriorada.	A borracha de vedação deteriora, ocorre presença de umidade, os terminais oxidam, a conexão apresenta mau contato, a corrente para o relé AC é interrompida ou é enviada com nível menor que o mínimo, fazendo com que o circuito ocupe indevidamente, de forma intermitente ou de forma fixa. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:50 (restabelecimento) e 04:00 (corretiva).
				9 Via alagada.	Em um alagamento da via, como a caixa de junção não é totalmente vedada, ocorre entrada de água, os terminais oxidam, a conexão apresenta mau contato, a corrente para o relé AC é interrompida ou é enviada com nível menor que o mínimo, fazendo com que o circuito ocupe indevidamente, de forma intermitente ou de forma fixa. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 04:00 (restabelecimento) e 03:00 (corretiva).
				10 Parafusos da tampa ou rosca da caixa de junção quebrados ou espanados.	Os parafusos ou as roscas quebram ou espanam devido desgaste, ocorre presença de umidade, os terminais oxidam, a conexão apresenta mau contato, a corrente para o relé AC é interrompida ou é enviada com nível menor que o mínimo, fazendo com que o circuito ocupe indevidamente, de forma intermitente ou de forma fixa. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:50 (restabelecimento) e 04:00 (corretiva).
				11 Tubulação de proteção dos cabos quebrada.	A tubulação com o tempo resseca, fica mais sensível a danos, acaba quebrando. Ocorre infiltração de água, gerando baixa isolamento no cabo e além disso a água acaba chegando a caixa de junção. Nesta situação a corrente para o relé AC é interrompida ou é enviada com nível menor que o mínimo, fazendo com que o circuito ocupe indevidamente, de forma intermitente ou de forma fixa. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:50 (restabelecimento) e 06:00 (corretiva).
				12 Trilho partido	O trilho parte, a corrente para o relé AC é interrompida ou é enviada com nível menor que o mínimo, fazendo com que o circuito ocupe indevidamente, de forma intermitente ou de forma fixa. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. A equipe de restabelecimento instala o kit trinca, para aguardar a troca do trilho. Os trilhos não fazem parte deste estudo devendo ser analisados separadamente.
				13 Junta Isolante em curto.	A junta isolante entra em curto, a corrente para o relé AC é enviada com nível menor que o mínimo, fazendo com que o circuito ocupe indevidamente, de forma intermitente ou de forma fixa. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Os trilhos não fazem parte deste estudo devendo ser analisados separadamente.

FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL		MODO DE FALHA	EFEITO DA FALHA
				14 Impedance Bond defeituosa.	A Impedance bond falha, a corrente no circuito fica desbalanceada, com a circulação de trens a corrente para o relé AC varia, fazendo com que o circuito ocupe indevidamente, de forma intermitente ou de forma fixa. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. A Impedance Bond não faz parte deste estudo devendo ser analisada separadamente.
				15 Conexões dos cabos de bondeamento frouxas.	As conexões dos cabos afrouxam, a corrente no circuito fica desbalanceada, com a circulação de trens a corrente para o relé AC varia, fazendo com que o circuito ocupe indevidamente, de forma intermitente ou de forma fixa. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade do CDV. O Bondeamento não faz parte deste estudo devendo ser analisada separadamente.
				16 CMV deixada com ajuste abaixo do mínimo.	A CMV é deixada desajustada, a corrente para o relé AC é enviada com nível menor que o mínimo, fazendo com que o circuito ocupe indevidamente, de forma intermitente ou de forma fixa. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 01:30 (restabelecimento).
				17 Tensão de alimentação dos circuitos AC baixa	O inversor é ajustado no limite máximo, os circuitos AC são ajustados de acordo com essa tensão, em outra atuação o inversor é deixado no ajuste mínimo ou ocorre a transferência para a rede, a corrente para o relé AC é enviada com nível menor que o mínimo, fazendo com que o circuito ocupe indevidamente, de forma intermitente ou de forma fixa. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. O inversor não faz parte deste estudo devendo ser analisado separadamente.
				18 Capacitor de ajuste de fase aberto.	O capacitor abre, a corrente para o relé AC é interrompida, fazendo com que o circuito ocupe indevidamente. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:20 (restabelecimento).
				19 Indutor L3 aberto. (Circuito AC Eletrônico Trilho Duplo)	O indutor abre, a corrente para o relé AC é interrompida, fazendo com que o circuito ocupe indevidamente. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:20 (restabelecimento).
				20 Pino S8 solto.	O pino S8 solta por trepidação, a corrente para o relé AC é enviada com nível menor que o mínimo, fazendo com que o circuito ocupe indevidamente, de forma intermitente ou de forma fixa. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:50 (restabelecimento) e 03:00 (corretiva).
				21 Capacitor de ajuste de fase com valor de capacitância alterado.	O capacitor com o tempo altera o valor da capacitância, a corrente para o relé AC é enviada com defasagem fora do especificado, fazendo com que o circuito ocupe indevidamente. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:20 (restabelecimento).

FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL		MODO DE FALHA		EFEITO DA FALHA
				22	Caixa metálica oxidada.	A caixa metálica de proteção do conjunto eletrônico fica exposta a sujeira e umidade. Com o tempo a caixa oxida, permite a entrada de pó e umidade, os componentes internos se deterioram, fazendo com que o circuito ocupe indevidamente. A partir da ocupação, os efeitos dependem da criticidade da CMV. Tempo de Interferência : 03:35 h . Tempo de Reparo : 00:25 (restabelecimento), 08:00 (corretiva-CMV).
		B	Transmite sinal acima do limite máximo do ajuste.	1	Tensão de alimentação dos circuitos AC alta.	O inversor é ajustado no limite mínimo, os circuitos AC são ajustados de acordo com essa tensão, em outra atuação o inversor é deixado no ajuste máximo ou ocorre a transferência para a rede, a corrente para o relé AC é enviada com nível maior que o máximo. Pode afetar a segurança caso a corrente de desenergização esteja acima do máximo com presença de trem no CDV. O inversor não faz parte deste estudo devendo ser analisado separadamente, apesar disto a equipe de manutenção deverá atuar em conjunto sempre que houver ajustes no inversor.
				2	CMV deixada com ajuste acima do máximo.	A CMV é deixada desajustada, a corrente para o relé AC é enviada com nível maior que o máximo. Pode afetar a segurança caso a corrente de desenergização esteja muito acima do máximo com presença de trem no CDV. Todavia, na atuação o ajuste prevê teste de ocupação, evitando que o CDV seja deixado em uma condição insegura, mesmo com a corrente muito acima do máximo. Os tempos de Interferência e de Reparo são normalmente elevados e podem variar muito devido a complexidade das pesquisas realizadas.
11	Manter a conservação e a boa aparência dos armários.	A	Não mantém a conservação e a boa aparência dos armários.	1	Chaparias riscadas ou oxidadas.	As chaparias oxidam ou apresentam riscos, comprometendo a integridade física dos armários e a aparência para os operadores (cliente).
				2	Armário com excesso de pó.	Com o tempo ocorre acúmulo de pó nos armários, comprometendo a aparência para os operadores (cliente).
				3	Borracha de vedação deteriorada.	A borracha deteriora, favorece a entrada de pó nos armários, comprometendo a aparência para os operadores (cliente).
				4	Fechadura quebrada.	A fechadura quebra, a porta não fecha adequadamente, favorece a entrada de pó nos armários, comprometendo a aparência para os operadores (cliente).

ANEXO 2 – PLANILHA DE TAREFAS

MODOS DE FALHA	TIPO DE TAREFA	DESCRIÇÃO	PERIODICIDADE:	COM EQUIPAMENTO.:
1 A1, 1 A3, 1 A4, 1 A5, 1 A6, 1 A20, 1 A22, 1 A23, 1 A25, 1 A28, 1 B1, 1 B2, 1 B3, 1 B5, 1 B6, 1 C1, 1 C3, 1 C11, 1 C12, 1 C13, 1 C18, 1 D1, 2 A1, 2 A7, 2 A10, 2 A12, 2 A15, 2 A16, 2 B1, 2 B9, 2 B11, 2 B14, 2 B15, 3 A2, 3 A3, 3 A5, 3 A12, 3 A13, 3 A14, 3 A15, 3 A16, 4 A1, 6 C2, 6 D1, 6 D2, 7 A2, 8 A3, 10 A4, 10 A5, 10 A12, 10 A13, 10 A14, 10 A16, 10 A18, 10 A19, 10 B2	NMP Nenhuma Manutenção Programada			
1 A2, 1 A24, 1 C15, 1 C19, 3 A4	Tarefa sob Condição	Medir o ripple e a tensão de saída do Cartão fonte da CMV.	2 anos	Funcionando
1 A7, 3 A6	Tarefa sob Condição	Verificar se as guias de sustentação dos cartões estão quebradas ou desgastadas.	2 anos	Parada Programada
1 A8, 3 A7	Tarefa sob Condição	Verificar que os segredos dos conectores do porta-cartões não estão amassados e estão em suas corretas posições. Substituir ou reposicionar os segredos se necessário.	Na remoção de cartões.	Parado
1 A9, 1 C4, 2 A8, 2 B7, 3 A8, 5 B3	Tarefa de Recuperação	Reapertar os parafusos de fixação dos terminais da placa de conexões e Borneira de alimentação.	2 anos	Funcionando
1 A10, 1 C5, 2 A9, 2 B8, 3 A9, 5 B4	Tarefa sob Condição	Verificar se os fios estão presos nos terminais faston, se o encaixe dos terminais na placa de conexões está sem folga, e se as conexões não apresentam sujeira ou oxidação. Limpar, apertar ou substituir os terminais se necessário.	2 anos	Funcionando
1 A11, 1 C6, 2 A2, 2 B2, 5 B5, 10 A6	Tarefa sob Condição	Verificar na caixa de junção, se os fios estão presos em seus terminais, e se as porcas de fixação estão apertadas. Verificar se os fios estão ressecados ou apresentam sinais de aquecimento. Reapertar ou substituir os terminais se necessário.	2 anos	Funcionando
1 A12, 10 A7	Tarefa sob Condição	Verificar na caixa de junção, que os terminais não apresentam trincas ou oxidação. Substituir os terminais se necessário.	2 anos	Funcionando
1 A13, 1 C7, 2 A3, 2 B3, 5 B6, 10 A8	Tarefa sob Condição	Verificar que a borracha de vedação da tampa da caixa de junção está íntegra e sem ressecamento. Verificar se a Barra de Terminais apresenta sinais de oxidação. Substituir a borracha, e/ou secar, e/ou limpar a caixa de junção se necessário.	2 anos	Funcionando
1 A14, 2 A4, 10 A9	NMP Porém com recomenda- ção	Identificar locais críticos e promover modificações, tais como, vedação da entrada de cabos, elevação da caixa de junção, construção de caminho para escoamento da água, etc.		
1 A15, 1 C8, 2 A5, 2 B4, 5 B7, 8 A4, 10 A10	Tarefa sob Condição	Verificar se os parafusos da tampa da caixa de junção estão quebrados ou espanados. Substituir a caixa se houver mais que um parafuso defeituoso. Secar e/ou limpar a caixa de junção se necessário.	2 anos	Funcionando

MODOS DE FALHA	TIPO DE TAREFA	DESCRIÇÃO	PERIODICIDADE:	COM EQUIPAMENTO.:
1 A16, 1 C9, 2 A6, 2 B5, 5 B8, 10 A11	Tarefa sob Condição	1-Verificar se a tubulação de proteção dos cabos de interligação da CMV com a caixa de junção está quebrada, trincada ou ressecada. Substituir a tubulação se necessário. 2-Verificar, quando o acesso visual permitir, se há presença de água nas tubulações. Remover o acúmulo de água.	2 anos	Funcionando
1 A17	Tarefa de Recuperação	Verificar se o conector P1/P2 está completamente rosqueado. Reapertar se necessário.	2 anos	Funcionando
1 A18, 3 A10	Tarefa de Recuperação	Remover o acúmulo de sujeira da CMV. Efetuar teste padrão completo.	2 ou 6 anos	Parada Programada
1 A19, 3 A11, 6 B2, 10 A22	Tarefa sob Condição	Verificar se a caixa apresenta pontos de oxidação. Reparar ou substituir a caixa metálica se necessário.	2 anos	Funcionando
1 A21, 1 C10, 2 A11, 2 B10, 5 B11, 10 A20	Tarefa sob Condição	1 - Verificar que a conexão do cabo no terminal S8 e o encaixe do terminal no trilho estão firmemente presos. Substituir o terminal S8 se necessário. 2- Verificar que o cabo não apresenta fios partidos na conexão com o terminal. Substituir o terminal S8 se necessário.	2 anos	Funcionando
1 A26, 1 C17, 2 A13, 2 B12, 5 B12	Tarefa sob Condição	Verificar se os fios da borneira de conexões da caixa de interface do ECV estão firmemente presos. Reapertar os parafusos da borneira se necessário.	2 anos	Funcionando
1 A27	NMP Porém com recomendação	Toda atuação na via permanente que interfira nos equipamentos de sinalização deve ser informada para acompanhamento da equipe preventiva.		
1 A29, 3 A17	Tarefa sob Condição	Medir e registrar a tensão de alimentação da caixa que deve ser até 5 Vac abaixo do valor registrado na medição anterior. Caso necessário abrir nova ordem de serviço para pesquisar defeito.	2 anos	Funcionando
1 A30, 3 A19	Falha oculta. Tarefa sob condição	Medir o ripple e a tensão de saída das fontes dualizadas de 12 Vcc e 24 Vcc, individualmente, verificando se cada fonte assume a carga.	2 anos	Parada Programada
1 A31	Tarefa sob Condição	Verificar se os parafusos da tampa do porta-cartões estão soltos ou espanados. Reapertar ou substituir os parafusos se necessário.	2 anos	Funcionando
1 A32	Tarefa sob Condição	Verificar se a borracha da tampa ou da barra do porta-cartões está deteriorada. Substituir se necessário.	2 anos	Funcionando
1 B4, 3 A18	Tarefa sob Condição	1-Medir e registrar o nível do sinal "Dados de Ida" que deve ser até 0,5 Vpp abaixo do valor registrado na medição anterior. 2-Medir e registrar o nível do sinal "Sincronismo de Via" que deve ser até 1 Vpp abaixo do valor registrado na medição anterior. 3-Medir e registrar o nível do sinal "Dados de Retorno", no ATC, que deve ser até 1 Vpp abaixo do valor registrado na medição anterior. Desconsiderar os picos dos sinais. Caso necessário abrir nova ordem de serviço para pesquisar defeito.	2 anos	Funcionando
1 C2, 1 C20	Tarefa sob Condição	Verificar a sintonia do sinal de transmissão. Efetuar o teste padrão completo se necessário.	2 anos	Parada Programada
1 C14, 5 B9	NMP Porém com reprojeito	Analisar alterações no processo de calibração do voltímetro seletivo tipo D. Aumentar a precisão da calibração das linhas teste através da utilização de voltímetro True RMS, modificação das tolerâncias envolvidas na calibração etc.		

MODOS DE FALHA	TIPO DE TAREFA	DESCRIÇÃO	PERIODICIDADE:	COM EQUIPAMENTO.:
1 C16	Tarefa sob condição	Verificar que as antenas estão fixadas em sua posição correta, e que as todas as presilhas estão presentes e íntegras.	2 anos	Funcionando
2 A14, 10 A15	NMP Porém com recomendação	Efetuar estudo para validação da medida de resistência das conexões dos cabos da via como modo de medida de condição potencial de falha.		
2 A17	Tarefa sob Condição.	Como a consequência da falha é grave, estudar medida de contingência. Medir a tensão de alimentação do pré-amplificador na caixa de interface de antenas que deve ser no mínimo 20Vcc.	2 anos	Funcionando
2 B6	Tarefa sob Condição	Reapertar os parafusos de fixação dos terminais do circuito interface de antenas. Verificar se os fios estão presos nos terminais faston, se o encaixe dos terminais no circuito interface de antenas está sem folga, e se as conexões não apresentam sujeira ou oxidação. Limpar, apertar ou substituir os terminais se necessário.	2 anos	Funcionando
2 B13	NMP Porém com recomendação	Efetuar estudo para validação da medida de resistência das conexões dos cabos da via como modo de medida de condição potencial de falha.		
3 A1	NMP Porém com recomendação	Estudar a viabilidade de alterar a sinalização dos Bpoint's inativos para que fiquem evidentes as falhas nos Bpoint's ativos.		
4 A2	NMP Porém com reprojeção	Estudar a viabilidade aumentar o número de relações para ajuste adequado.		
5 B1, 5 B2, 5 B3, 5 B4, 5 B5, 5 B6, 5 B7, 5 B8, 5 B10, 5 B11, 5 B12, 9 A1	Tarefa sob Condição	Efetuar o mapeamento do nível dos sinais das CMV's. (CMV's da via principal).	A cada 6 meses trafegando em sentido normal e a cada 2 anos trafegando em sentido reverso	Parada Programada
5 B2, 5 B3, 5 B4, 5 B5, 5 B6, 5 B7, 5 B8, 5 B11, 5 B12, 5 B13, 9 A1	Tarefa sob Condição	Verificar o nível de recepção do CDV ou Bpoint	2 anos	Funcionando
5 C1	NMP Porém com reprojeção	Verificar em campo a existência de inversão de fase para estes CDV's. Corrigir as ligações e se necessário a documentação.		
6 A1	Tarefa sob Condição	Verificar a presença do cadeado e seu perfeito funcionamento. Em caso de necessidade providenciar a instalação do mesmo.	2 anos	Funcionando
6 B1	Tarefa sob Condição	Verificar a integridade da borracha de vedação. Em caso de necessidade providenciar a substituição da mesma.	2 anos	Funcionando
6 B3	Tarefa sob Condição	Verificar se as molas e os grampos das portas da caixa estão quebrados ou faltando.	2 anos	Funcionando
6 C1	Tarefa sob Condição - Falha oculta	Verificar os centelhadores e varistores quanto a sinais de sobreaquecimento. Substituir se necessário.	2 anos	Funcionando
6 C3, 7 A1	Falha oculta - Tarefa de localização de falha.	Estudar a viabilidade da utilização do Medidor de Resistência de Terra. Verificar a integridade da conexão do cabo de aterramento na caixa e da conexão da caixa com os componentes internos. Reapertar os parafusos se necessário.	2 anos	Funcionando

MODOS DE FALHA	TIPO DE TAREFA	DESCRIÇÃO	PERIODICIDADE:	COM EQUIPAMENTO.:
8 A1	Tarefa sob Condição	Verificar, nas caixas de instalação alta, o corrimão quanto às condições de integridade, fixação e presença. Abrir nova ordem de serviço caso necessário.	2 anos	Funcionando
8 A2	Tarefa sob Condição	Verificar se a identificação da caixa está legível e se corresponde a existente na documentação. Corrigir se necessário.	2 anos	Funcionando
8 A5	Tarefa sob Condição	Verificar se as porcas da tampa do VTC estão devidamente soldadas.	2 anos	Funcionando
8 A6	Tarefa sob Condição	Verificar o correto anilhamento da fiação. Substituir se necessário.	2 anos	Funcionando
8 A7, 11 A4	Tarefa sob Condição	Verificar se as fechaduras das portas dos armários do ECV estão funcionando corretamente. Lubrificar ou reparar se necessário.	1 ano	Funcionando
10 A1	Tarefa de Recuperação	Reapertar as porcas de fixação dos terminais das conexões.	2 anos	Funcionando
10 A2	Tarefa sob Condição	Verificar se os fios estão presos nos terminais faston, se o encaixe dos terminais está sem folga, e se as conexões não apresentam sujeira ou oxidação. Limpar, apertar ou substituir os terminais se necessário.	2 anos	Funcionando
10 A3	Tarefa sob Condição	Verificar se o porta-fusível apresenta sinais de oxidação. Limpar ou substituir o porta-fusível se necessário.	2 anos	Parada Programada
10 A17, 10B1	NMP Porém com recomendação	Verificar a possibilidade de diminuição da tolerância de ajuste da tensão de saída do Inversor.		
10 A21	Tarefa sob Condição	Verificar a tensão e defasagem da recepção dos CDV's.	2 anos	Funcionando
11 A1	Tarefa sob Condição	Verificar se as chaparias dos armários do ECV apresentam riscos ou sinais de oxidação. Reparar se necessário.	2 anos	Funcionando
11 A2	Tarefa de Recuperação	1-Insuflar o interior e o teto dos armários do ECV. 2-Limpar o teto, o interior e exterior dos armários do ECV.	1 ano	Funcionando
11 A3	Tarefa sob Condição	Verificar se as borrachas de vedação dos armários do ECV estão deterioradas. Substituir as borrachas se necessário.	1 ano	Funcionando