



**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**

**Área Departamental de Engenharia Civil**



# **GESTÃO E MANUTENÇÃO DA INFRAESTRUTURA FERROVIÁRIA, OS VÁRIOS TIPOS DE AÇÕES DE MANUTENÇÃO**

**JORGE MIGUEL PESSOA MOURÃO**

Licenciado em Engenharia Civil

Trabalho de Relatório de Estágio para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil

Orientador (es):

Licenciado, António Sequeira da Cruz

Licenciado, Armando Martins

Mestre, João Alexandre

Júri:

Presidente:

Mestre, Luísa Teles Fortes

Vogais:

Licenciado, Aureliano Lemos

Licenciado, Armando Martins

**Janeiro 2017**









**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**

**Área Departamental de Engenharia Civil**



# **GESTÃO E MANUTENÇÃO DA INFRAESTRUTURA FERROVIÁRIA, OS VÁRIOS TIPOS DE AÇÕES DE MANUTENÇÃO**

**JORGE MIGUEL PESSOA MOURÃO**

Licenciado em Engenharia Civil

Trabalho de Relatório de Estágio para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil

Orientador (es):

Licenciado, António Sequeira da Cruz

Licenciado, Armando Martins

Mestre, João Alexandre

Júri:

Presidente:

Mestre, Luísa Teles Fortes

Vogais:

Licenciado, Aureliano Lemos

Licenciado, Armando Martins

**Janeiro 2017**







## Resumo

O caminho de ferro foi e continua a ser o método primordial para o transporte de mercadorias de médio e grande porte, servindo de complemento a outros meios mais limitados na área de abrangência geográfica.

Mas com esta procura cada vez mais acentuada deste meio de transporte para a mercadoria de médio e longo curso não foi refletida na evolução da manutenção própria infraestrutura, de que resultam reduções nas características funcionais, de entre as quais assume particular importância o aumento dos tempos de percurso.

De facto, a liberalização e queda, nos preços de certos meios de transporte foram decisivos para a queda acentuada na utilização do comboio, mas para essa ocorrência é também em parte culpa da aposta, cada vez mais fraca, na manutenção e melhoria das condições da infraestrutura existente que cada país tem a seu cargo.

A débil qualidade dos elementos constituintes da infraestrutura leva a uma velocidade de circulação menor e por sua vez um tempo de transporte superior, o que hoje em dia se torna um grande senão quando em comparação existem meios como o avião, (para o transporte de passageiros) e a rodovia (para o transporte de mercadorias) que asseguram um transporte rápido.

Estando já a própria rede ferroviária, regra geral, num estado de maturidade de expansão em que não se considera necessário um aumento significativo da mesma, é necessário perceber como é possível aumentar o tempo de vida útil da infraestrutura previamente construída, de forma a garantir o conforto e segurança desejáveis.

É com esse objetivo que no presente documento se pretende disponibilizar alguns conceitos e metodologias utilizadas no âmbito da manutenção, bem como proceder a alguma clarificação em certos aspetos relacionados com a degradação e a posterior manutenção da infraestrutura com vista à mitigação de possíveis falhas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Via Férrea, Manutenção, Renovação, Especialidade de via, Superestrutura, Infraestrutura ferroviária, Inspeção de Via



## **Abstract**

The railway has been and continues to be the primary method for the transport of medium and large cargo, complementing other more limited means in the area of geographical coverage.

But with this increasingly accentuated demand for this means of transport for medium and long haul cargo has not been reflected in the evolution of the infrastructure maintenance itself, which results in a significant increase in travel time.

In fact, liberalization and fall in prices of certain means of transport were decisive for the sharp drop in the use of the train, but for this occurrence is also partly the fault of the, increasingly weak, maintenance and improvement of the conditions of existing infrastructure that each country is responsible for.

The weak quality of the components of infrastructure leads to lower velocity and in turn a higher transport time, which today becomes a major problem when compared to existing means as the plane, which ensure quick transport.

Since the railway network itself is in a state of expansion maturity where it is not considered necessary to increase it, it is necessary to understand how it is possible to increase the useful life of the infrastructure previously built, in order to guarantee the desirable comfort and safety.

It is then for this purpose that this paper aims to provide some clarification on certain aspects related to the degradation and subsequent maintenance of the infrastructure for the mitigation of possible failures.

**KEYWORDS:** railway, maintenance, renovation, infrastructure specialty, superstructure, railway infrastructure, railway inspection.



## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar aos meus pais, pelo esforço, dedicação e apoio prestado durante todo o meu percurso académico e pelos valores que em mim me inculcaram. Vocês são os meus heróis.

A toda a minha família, e em especial ao meu avô Joaquim que tanta falta faz e que não me viu terminar o curso, mas que estará certamente a olhar por mim neste momento. Foi graças a ti que eu segui esta área, obrigado.

Aos meus amigos, que de alguma forma me acompanharam em todo este percurso, obrigado ao Rodolfo Carvalho, Cláudia Ferreira, João Vaz, João Faria, Pedro Antunes, Inês Antunes e João Vasconcelos. Vocês são a minha segunda família.

Um especial obrigado ao Engenheiro António Sequeira da Cruz, por tudo o que me ensinou durante as aulas de caminhos de ferro e também porque foi devido a ele que decidi tirar o mestrado nesta instituição, e tive a oportunidade de obter este estágio e de aprender tanto sobre o ramo ferroviário.

Um obrigado ao Engenheiro Armando Martins pelos ensinamentos prestados e a paciência em me ouvir.

Um especial obrigado ao Engenheiro João Alexandre, pela sua paciência e vontade de ensinar mesmo tendo, por vezes, pouco tempo para o fazer. De alguma forma, e mesmo sem o querer, tornou-se um modelo a seguir na capacidade de gestão e no profissionalismo.

A toda a equipa da Mota-Engil – Ferrovias dos Centros de Manutenção Norte e Sintra - Cascais, tanto aos engenheiros como encarregados, apontadores, técnicos e em especial aos operários, pelas noites mal dormidas, vontade de ensinar e bom acolhimento que me foi feito nesta família que é a Ferrovias.



## **Lista de Siglas e Abreviaturas**

AMV – Aparelho de Mudança de Via

BLS – Barra Longa Soldada

GPS – Sistema de Posicionamento Global (Global Positioning System)

I.E.T. 77 – Instrução de Exploração Técnica Nº 77

IP, S.A. – Infraestruturas de Portugal

ISO – Organização Internacional de Normalização

JIC – Junta Isolante Colada

JIN – Junta Isolante Normal

LIDAR – Light Detection and Ranging

MC – Manutenção Corretiva

MPC – Manutenção Preventiva Condicionada

MPS – Manutenção Preventiva Sistemática

NTV – Nota Técnica de Via

RDA – Relatório da Definição do Âmbito

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SMIF – Sistema de Manutenção da Infraestrutura Ferroviária

TCO – Total Cost of Owner-ship

UIC – União Internacional de Caminhos de Ferro

VA – Via Ascendente

VD – Via Descendente

VIV – Veículo de Inspeção de Via

VUP – Via única permanente

VUT – Via única temporária



# Índice

1.	INTRODUÇÃO.....	1
1.1.	Enquadramento .....	1
1.2.	Motivação da Escolha .....	1
1.3.	Objetivo .....	2
1.4.	Estrutura do Documento .....	3
1.5.	Apresentação da Empresa .....	4
2.	ENQUADRAMENTO GERAL E LEGISLAÇÃO.....	7
2.1.	Evolução Histórica e Caracterização da Rede Ferroviária Nacional .....	7
2.2.	A Expansão da Rede Ferroviária Nacional .....	8
2.3.	Conceitos da Manutenção .....	9
2.4.	Tipos de Manutenção .....	10
2.4.1.	Manutenção Preventiva Sistemática.....	10
2.4.2.	Manutenção Preventiva Condicionada .....	11
2.4.3.	Manutenção Corretiva .....	11
2.5.	Legislação e Instruções Técnicas.....	11
2.5.1.	Segurança.....	12
2.5.2.	Qualidade e Ambiente .....	14
2.5.3.	Instruções Técnicas.....	14
3.	INSPEÇÃO DA VIA.....	17
3.1.	As principais metodologias de inspeção .....	17
3.2.	Veículo de Inspeção de Via e Catenária MVVM02 .....	18
3.2.1.	Rail Vision.....	19
3.2.2.	Rail Management.....	23
3.3.	Considerações Finais .....	25
4.	EFEITOS DA DEGRADAÇÃO DA INFRAESTRUTURA .....	27

4.1.	Forças Exercidas na Via .....	27
4.1.1.	Forças Verticais .....	29
4.1.2.	Forças Longitudinais .....	33
4.1.3.	Forças Transversais .....	37
4.2.	Degradação a Nível da Geometria da Via .....	37
4.2.1.	Nivelamento longitudinal .....	38
4.2.2.	Nivelamento transversal (Escala) .....	39
4.2.3.	Bitola .....	39
4.2.4.	Alinhamento .....	40
4.2.5.	Empeno .....	41
4.3.	Degradação a Nível do Material da Via.....	41
4.3.1.	Carris .....	41
4.3.2.	Travessas .....	47
4.3.3.	Fixações .....	52
4.3.4.	Balastro .....	54
4.4.	Considerações Finais .....	58
5.	AÇÕES DE MANUTENÇÃO DA INFRAESTRUTURA FERROVIÁRIA .....	59
5.1.	Ataque Mecânico Pesado e Regularização de Via.....	59
5.2.	Estabilização Dinâmica de Via .....	62
5.3.	Soldadura de Carril .....	64
5.4.	Esmerilagem de Carril .....	68
5.5.	Substituição de Carril.....	69
5.5.1.	Substituição de um troço curto de carril .....	70
5.5.2.	Substituição de um troço comprido de carril.....	71
5.6.	Execução de Juntas Isolantes .....	74
5.7.	Corrimento de Carril .....	78

5.8.	Regularização de Barra Longa Soldada (BLS).....	81
5.9.	Substituição de Travessas .....	85
5.9.1.	Substituição em via corrente.....	87
5.9.2.	Substituição em pontes e pontões.....	89
5.10.	Desguarnecimento pontual de Via .....	91
5.11.	Descarga de Balastro.....	93
5.12.	Substituição de Aparelhos de Via .....	95
5.13.	Considerações Finais.....	96
6.	CASO DE ESTUDO .....	97
6.1.	Introdução ao problema .....	97
6.2.	Materiais a aplicar.....	98
6.3.	Planeamento e Execução dos trabalhos .....	99
6.3.1.	Dia 1 – Preparação do local.....	99
6.3.2.	Dia 2 – Substituição do Carril .....	100
6.3.3.	Dia 3 – Betonagem e selagem do carril.....	104
6.3.4.	Razão para o Problema.....	107
7.	CONCLUSÕES .....	109
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	111
	ANEXOS.....	113
	Ficha Técnica dos Equipamentos Ferroviários.....	113
	Veículo de medição de via e catenária .....	113
	Atacadeiras .....	114
	Reguladora.....	116
	Estabilizadora .....	117



## Índice de Figuras

Figura 1.1 - Área de ação do Lote 1 (autor: Mota-Engil).....	5
Figura 1.2 - Organigrama da Unidade de Manutenção (Mota-Engil) .....	6
Figura 2.1 - Diagrama de zonas de segurança (Fonte: I.E.T. 77).....	13
Figura 3.1 - Veículo de inspeção de via (Fonte: Mota-Engil).....	18
Figura 3.2 - Sistema de videografia de via (Fonte: Mota-Engil).....	19
Figura 3.3 - Sistema de digitalização de via (Fonte: Mota-Engil).....	20
Figura 3.4 - Gráfico de medição do gabarito (Fonte: Mota-Engil) .....	20
Figura 3.5 - Gráfico de medição da catenária (Fonte: Mota-Engil) .....	21
Figura 3.6 - Mapa de desgaste do carril (Fonte: Mota-Engil) .....	22
Figura 3.7 - Gráfico dos parâmetros geométricos da via (Fonte: Mota-Engil) .....	22
Figura 3.8 - Apresentação das ocorrências (Fonte: Mota-Engil).....	24
Figura 4.1 – Eixos principais de forças (Fonte: Christos N. Pyrgidis).....	28
Figura 4.2 - Caminhamento da palmilha .....	36
Figura 4.3 - Assentamento da via (Fonte: Eng. <sup>a</sup> Maria Peneda).....	38
Figura 4.4 - Fissuração horizontal na mesa de rolamento (Fonte: V. A. Profillidis) .....	43
Figura 4.5 - Desgaste da superfície de rolamento .....	44
Figura 4.6 - Desgaste lateral do carril (Fonte: V. A. Profillidis).....	44
Figura 4.7 - Desgaste da superfície de rolamento (Fonte: Eng. <sup>a</sup> Maria Peneda).....	45
Figura 4.8 - Deformação da face interna do carril devido a esmagamento .....	45
Figura 4.9 - Defeito visível na execução da soldadura (Fonte: Eng. <sup>a</sup> Maria Peneda) .....	46
Figura 4.10 - Pregação próxima à zona de soldadura (Fonte: Eng. <sup>a</sup> Maria Peneda) .....	47
Figura 4.11 - Degradação da travessa de madeira .....	49
Figura 4.12 - Degradação em travessa bi-bloco .....	51
Figura 4.13 - Quebra da travessa na sua extremidade (Fonte: Eng. <sup>a</sup> Maria Peneda).....	52
Figura 4.14 - Quebra da fixação (Fonte: Eng. <sup>a</sup> Maria Peneda).....	54

Figura 4.15 - Aperto das fixações inexistente .....	54
Figura 4.16 - Contaminação das travessas e balastro .....	56
Figura 4.17 - Lavagem da camada de balastro (Fonte: Eng <sup>a</sup> Maria Peneda).....	57
Figura 5.1 - Ataque mecânico pesado em via corrida .....	60
Figura 5.2 - Ataque em AMV na zona da cróssima .....	61
Figura 5.3 - Gráfico gerado pela atacadeira .....	61
Figura 5.4 - Estado da plataforma após passagem do ataque pesado .....	62
Figura 5.5 - Gráfico gerado pela estabilizadora .....	63
Figura 5.6 - Nivelamento dos topos de carril .....	66
Figura 5.7 - Colocação do molde e posterior calafetagem .....	66
Figura 5.8 - Pré-aquecimento do molde .....	66
Figura 5.9 - Ignição do material colocado no interior do cadinho .....	66
Figura 5.10 - Corte do excedente com recurso a guilhotina.....	67
Figura 5.11 - Esmerilagem após soldadura do carril .....	68
Figura 5.12 - Metodologia de numeração das barras utilizado pela IP .....	72
Figura 5.13 - Carregamento das barras para o comboio de pórticos .....	72
Figura 5.14 - Descarga de carril .....	73
Figura 5.15 - Limpeza do carril .....	75
Figura 5.16 - Furação do carril .....	76
Figura 5.17 - Mistura da cola .....	77
Figura 5.18 - Aplicação da cola na barreta.....	77
Figura 5.19 - Aperto dos parafusos com chave dinamométrica .....	77
Figura 5.20 - Medição da temperatura do carril .....	79
Figura 5.21 - Corrimento de carril com equipamento mecânico.....	81
Figura 5.22 - Caraterização das diferentes zonas da BLS .....	83
Figura 5.23 - Balde para remoção de balastro .....	86

Figura 5.24 - Remoção da travessa existente .....	88
Figura 5.25 - Colocação de travessa nova e posterior aperto .....	88
Figura 5.26 - Colocação de balastro .....	89
Figura 5.27 - Remoção da travessa antiga.....	89
Figura 5.28 - Elevação da via por meio de macaco hidráulico.....	90
Figura 5.29 - Colocação de travessa nova .....	91
Figura 5.30 - Plataforma após desguarnecimento .....	92
Figura 5.31 - Colocação de manta geotêxtil sob a camada de balastro .....	92
Figura 5.32 - Descarga de balastro novo por meio de “dumper” .....	93
Figura 5.33 - Ataque provisório da zona intervencionada .....	93
Figura 6.1 - Metodologia de aplicação (Fonte: Pandrol).....	98
Figura 6.2 - Planta detalhada da secção de trabalho.....	100
Figura 6.3 - Pormenor da área de corte .....	100
Figura 6.4 - Descolagem da secção de carril à laje .....	101
Figura 6.5 - Macacos hidráulicos na ajuda à despregação da barra .....	101
Figura 6.6 - Substituição da barra com recurso a Railroute .....	101
Figura 6.7 - Alinhamento das barras para soldadura.....	102
Figura 6.8 - Colocação dos moldes para a soldadura .....	102
Figura 6.9 - Calafetagem do molde e alinhamento do cadinho .....	102
Figura 6.10 - Pré-aquecimento do molde .....	103
Figura 6.11 – Descarga para o molde .....	103
Figura 6.12 - Corte do excedente com recurso a guilhotina.....	103
Figura 6.13 - Esmerilagem da soldadura .....	103
Figura 6.14 – Zona da soldadura após esmerilagem .....	104
Figura 6.15 - Aplicação de cunhas de madeira.....	104
Figura 6.16 - Troço de carril substituído .....	105

Figura 6.17 - Aplicação de resina especial para colar as mangas ao carril .....	105
Figura 6.18 - Aplicação das mangas no carril com auxílio de braçadeiras .....	105
Figura 6.19 - Criação de cofragem para betonagem.....	106
Figura 6.20 - Betonagem da laje.....	106
Figura 6.21 - Aplicação de primário na zona a encher com resina .....	107
Figura 6.22 - Pormenor da zona betonada já sem cofragem .....	107
Figura 6.23 - Zona de fissuração do carril.....	108
Figura 6.24 - Zona de fissuração do carril, vista de cima.....	108

## **Índice de Tabelas**

Tabela 1 - Cronologia da evolução da rede ferroviária nacional.....	8
Tabela 2 – Definição da categoria de via (Fonte: UIC).....	31
Tabela 3 - Classificação da via segundo o volume de tráfego fictício (Fonte: UIC) .....	33
Tabela 4 - Valores de tabela para a estabilização dinâmica de via (Fonte: NTV.001) ..	64
Tabela 5 - Comparação entre equipamentos para soldadura de carril aluminotérmica..	67
Tabela 6 - Dimensões da Furação do Carril (Fonte: MT.VIA.007) .....	76



# **1. INTRODUÇÃO**

O tema ferroviário em Portugal é cada vez mais um tema debatido não só entre os técnicos do setor, como também por outras áreas de chefia superior como o poder governamental, isto porque cada vez mais o caminho-de-ferro está a ser considerado um meio importantíssimo de transações e de transporte de pessoas e de mercadorias.

Podendo servir de grande auxílio aos diversos portos existentes em Portugal, sendo dado maior ênfase, neste momento, aos de Sines e de Leixões.

Com este intuito é então esperado um investimento forte na construção de linhas novas e na renovação da linha existente, que em alguns casos se encontra altamente ultrapassada e sem possibilidade de conseguir cumprir com os objetivos pretendidos a nível de segurança e comodidade.

Sendo a manutenção das linhas existentes, novas ou renovadas, o principal objetivo para a durabilidade deste investimento, é então pertinente perceber de que se trata a manutenção e quais os pilares sobre os quais assenta.

No presente documento, que teve por base um estágio curricular, realizado em colaboração com a empresa Mota-Engil, empresa responsável pela manutenção na especialidade de via e catenária que abrange uma extensão de aproximadamente 450 km, são explanadas e analisadas as diversas metodologias, bem como os diferentes trabalhos que envolvem as diversas fases da gestão da manutenção da infraestrutura ferroviária

O estágio curricular teve a duração de 7 meses, com início em Fevereiro de 2016 e término em Setembro de 2016.

## **1.1. Enquadramento**

Este Trabalho Final de Mestrado com vista à obtenção do grau de Mestre em Vias de Comunicação e Transportes visa abordar o tema da manutenção ferroviária, mais precisamente a introdução e compreensão de alguns conceitos utilizados em Portugal em ambiente de manutenção ferroviária.

## **1.2. Motivação da Escolha**

A escolha desta área das vias de comunicação prende-se com o interesse e entusiasmo pela área ferroviária, não só devido à particularidade claramente existente com todo o

planeamento e gestão de recursos humanos e equipamentos, como também pelos cuidados a ter a nível da segurança.

Sendo a fase de obra aquela com que o autor se identifica mais a nível da engenharia, será então feita uma extensa explicação desta área, com todos os procedimentos a tomar em cada ação, sendo do ponto de vista do mesmo uma questão fundamental a ver esclarecida no que toca à reabilitação.

### **1.3. Objetivo**

Com o presente documento pretende-se apresentar um estudo envolvendo os diferentes tipos de trabalhos usualmente envolvidos na manutenção da via, sendo também apresentadas as várias metodologias de operação em obra para solucionar cada tipo de ocorrência.

Independentemente dos vários tipos de organização utilizados em todo o mundo, será introduzido apenas o método de trabalho utilizado pela empresa na qual se inseriu o estágio curricular, em que foi dado especial ênfase às diferentes ações de manutenção, concretamente:

- MPS – Manutenção Preventiva Sistemática;
- MPC - Manutenção Preventiva Condicionada;
- MC - Manutenção Corretiva.

Para além do referido, pretende-se igualmente com este documento promover a existência de um manual de consulta futura por parte dos possíveis leitores para todas as ações recorrentes de manutenção, sendo dado especial relevo às feitas em Portugal e que maioritariamente terão aplicação noutros países.

## 1.4. Estrutura do Documento

O presente documento contempla 7 capítulos, concretamente:

- **Capítulo 1 – Introdução**

Para além da estrutura do documento é apresentado o enquadramento do tema, motivação da escolha, objetivo, bem como a apresentação da empresa onde foi realizado o estágio curricular que serviu de suporte ao mesmo.
- **Capítulo 2 – Enquadramento Geral e Legislação**

Abordadas as matérias relativas à evolução histórica bem como a caracterização da rede ferroviária nacional e sua expansão, bem como as matérias no âmbito dos conceitos e tipos de manutenção e em termos da legislação de suporte a esta atividade, em particular no domínio da segurança e qualidade e ambiente.
- **Capítulo 3 – Inspeção de Via**

Analisadas as principais metodologias de inspeção e algumas ferramentas usuais em particular o veículo de Inspeção de Via e Catenária MVVM02.
- **Capítulo 4 – Efeitos da Degradação da Infraestrutura**

Neste domínio são abordadas as diferentes ações com reflexo direto na degradação da infraestrutura, designadamente em termos de forças atuantes, degradação da geometria e degradação ao nível dos materiais de Via.
- **Capítulo 5 – Ações de Manutenção da Infraestrutura Ferroviária**

É feita a abordagem das diferentes ações de manutenção bem como dos inerentes equipamentos, designadamente em termos de ataque mecânico pesado e regularização de via, estabilização dinâmica de via, soldaduras de carril, esmerilagem de carril, substituição de carril, juntas isolantes, corrimento de carril, regularização de barras, substituição de travessas, desguarnecimentos pontuais, descargas de balastro e substituição de aparelhos de via.
- **Capítulo 6 – Caso de Estudo**

É apresentada a substituição de um troço de carril no túnel do Rossio, intervenção que assume particular relevância dada a sua especificidade (via embebida).
- **Capítulo 7 – Conclusões**

São apresentadas as conclusões do documento, bem como algumas recomendações.

## **1.5. Apresentação da Empresa**

A Mota-Engil, Engenharia e Construções, SA., criada em 1946 é uma empresa de engenharia e construção que atua em todos os domínios na construção.

O seu percurso no ramo ferroviário iniciou-se com o contracto de manutenção para o denominado Lote 1 da região operacional centro, no qual a empresa foi a concurso com a Ferrovias e a Visabeira.

Com a evolução do contracto surgiu também a oportunidade da Mota-Engil e Ferrovias se fundirem de forma a permitir não só um maior suporte de estrutura à Ferrovias, como também fornecer à Mota-Engil o ‘know how’ neste ramo tão especializado.

Esta fusão foi então feita em 1991, continuando assim até aos tempos de hoje.

Hoje em dia para além dos contractos de manutenção em vigor em Portugal para a especialidade de via e catenária, a Mota-Engil tem também vários trabalhos de construção e manutenção em curso, tanto no Malawi como em Moçambique e no Brasil.

No futuro é do interesse da Mota-Engil uma aposta no mercado internacional, não obstante de demonstrar interesse nos concursos lançados em Portugal e que envolvem a renovação tanto da via como catenária. Este interesse internacional prende-se a longo prazo com a regiões africanas como o Malawi e Moçambique, onde já têm uma vasta ligação, e também com Brasil e América do Sul.

O contracto de manutenção em Portugal engloba a prestação de serviços de manutenção para as especialidades de via e catenária para o Lote 1, sendo mais de 450 km na especialidade de via e mais de 400 km na especialidade de catenária (Figura 1.1).

Esta área de ação engloba a Linha do Norte, Linha do Oeste, Linha de Sintra, Linha de Cintura, Linha de Cascais, Linha de Vendas Novas, Linha do Sul, Concordância de Xabregas, Concordância de Sete Rios, Linha da Matinha e Concordância de Norte Setil.

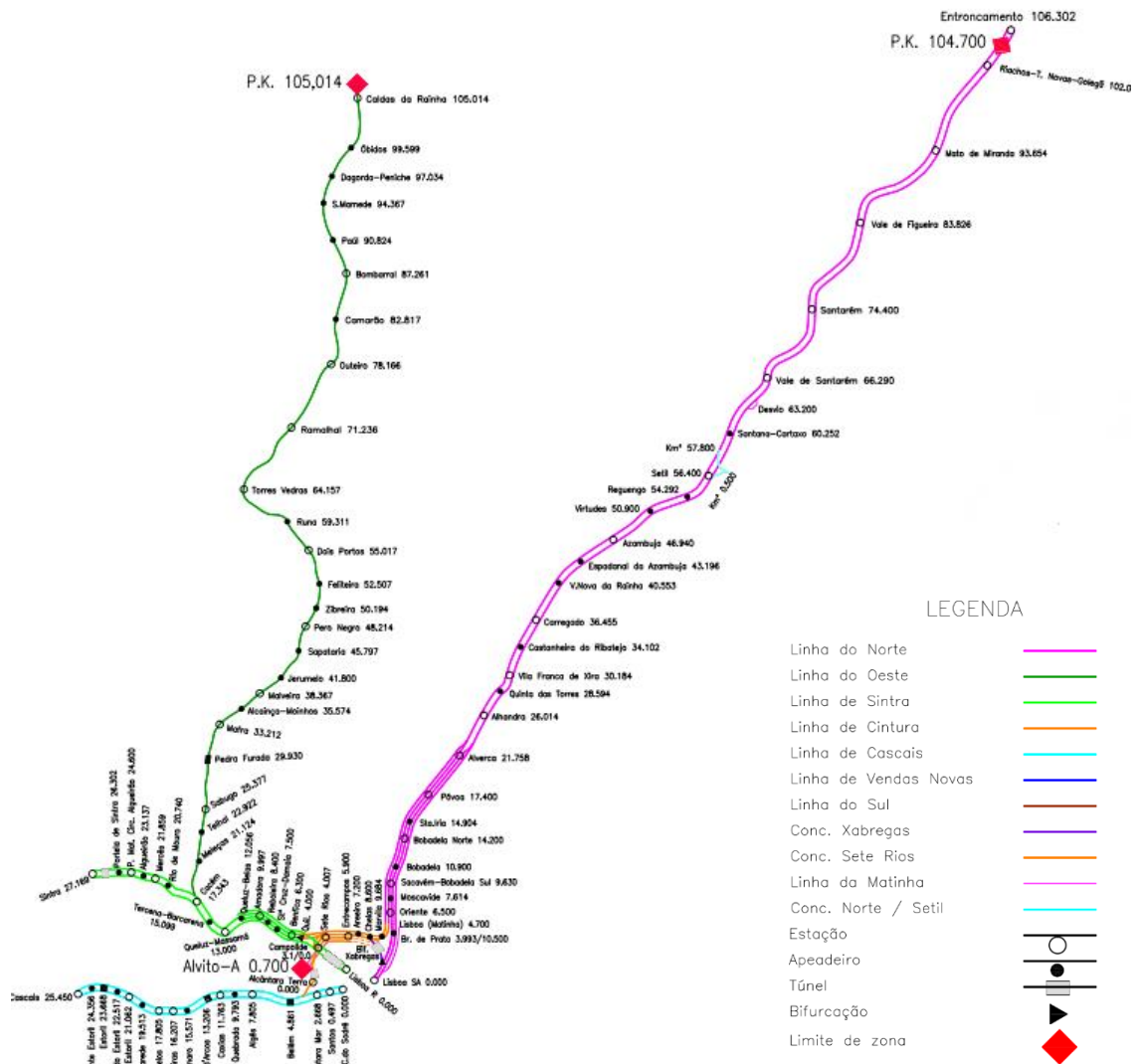


Figura 1.1 - Área de ação do Lote 1 (autor: Mota-Engil)

Para conseguir responder a esta área de ação foram então implementados 3 estaleiros localizados em Vila Franca de Xira (Linha do Norte), Alcântara (Linha de Sintra-Cascais e Oeste) e Setúbal (Linha do Sul).

Neste estágio o acompanhamento dos trabalhos foi feito nos estaleiros de Vila Franca de Xira e de Alcântara.

A estrutura da empresa contempla diversas áreas que são traduzidas no Organigrama das Unidades de Manutenção (Figura 1.2).

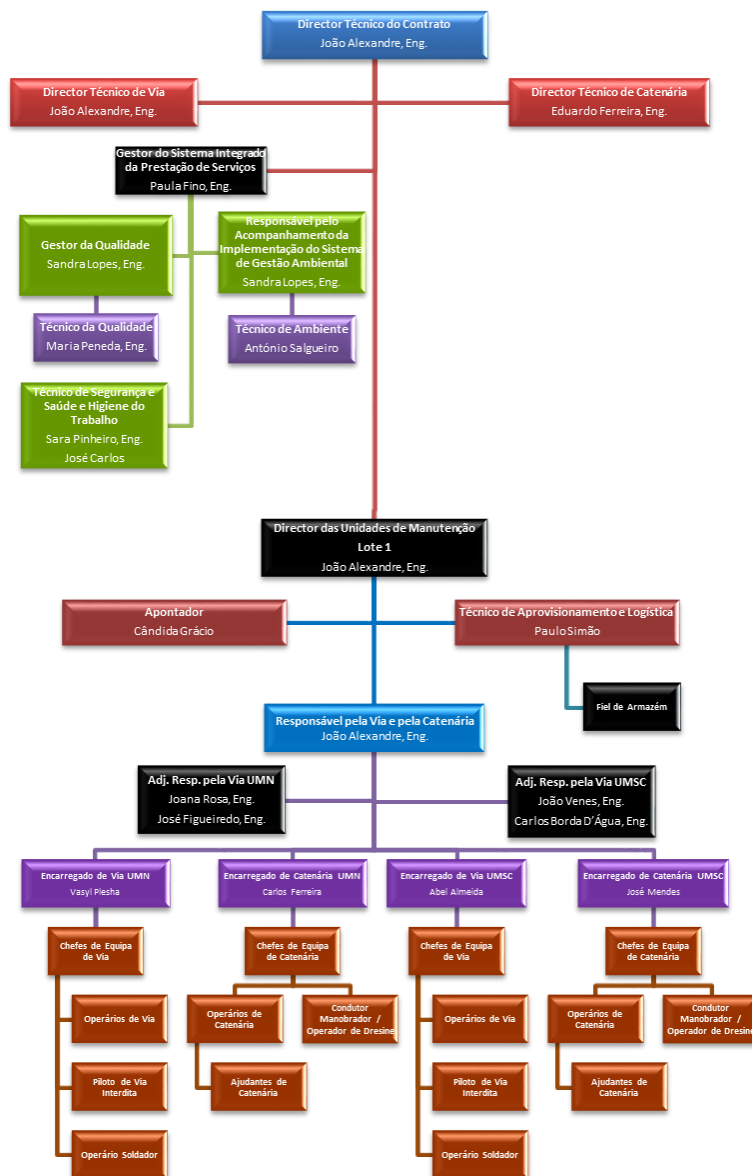


Figura 1.2 - Organigrama da Unidade de Manutenção (Mota-Engil)

## **2. ENQUADRAMENTO GERAL E LEGISLAÇÃO**

### **2.1. Evolução Histórica e Caracterização da Rede Ferroviária Nacional**

Desde os primórdios que a definição de um meio de transporte rápido, fiável e seguro foi uma das principais preocupações do ser humano.

No caso dos caminhos-de-ferro, os mesmos tiveram uma evolução algo tardia quando em comparação com outros meios de transporte, sendo a primeira rede datada do século XIX, rede essa que servia para auxiliar no transporte de minério em Inglaterra.

No entanto, os primórdios do caminho-de-ferro datam do tempo dos gregos. O sistema consistia no entalhe, no pavimento de pedra, de sulcos para a passagem dos rodados. Esses sulcos ficavam afastados de sensivelmente 1,5 metros. Este método foi posteriormente utilizado e aperfeiçoado pelos romanos e foi reconhecido que para além de permitir uma mais rápida passagem das cargas, conferia também uma maior segurança devido ao encaminhamento natural da viatura.

Com a evolução da tecnologia e a primeira revolução industrial o transporte ferroviário sofreu grandes alterações, a introdução das máquinas a vapor e o aumento e ampliação das redes fez com que este meio de transporte fosse cada vez mais utilizado não só pela população, como pelas indústrias para o transporte de matéria-prima.

No século XX o caminho-de-ferro teve o seu auge, muito devido à falta de meios de transporte competitivos a nível de velocidade e capacidade de transporte.

Com o passar dos tempos, a tecnologia foi evoluindo e foram aparecendo meios de transporte alternativos, tais como os carros e aviões, que em viagens de longo curso ofereciam uma redução significativa de tempo e custos, ao mesmo tempo que melhoravam a mobilidade.

Foi então que se deu a segunda grande evolução a nível ferroviário, tanto a nível dos veículos, em relação aos quais, com a criação de motores elétricos surgiu a hipótese de aumentar drasticamente a velocidade reduzindo também a dependência dos comboios do combustível, como também com a infraestrutura, com a utilização do betão enquanto elemento integrante das travessas e a utilização de aço de melhor qualidade nos carris.

Foi possível, desta forma, a formação de preços que pudessem rivalizar com a concorrência da altura e manter um transporte ferroviário de qualidade e vantajoso para o cliente.

Hoje em dia, não sendo o meio de transporte ferroviária o principal meio de transporte para viagens de longo curso, continua a ser bastante relevante a nível urbano e regional, fornecendo viagens com rapidez, de uma forma cómoda e com preços competitivos.

## 2.2. A Expansão da Rede Ferroviária Nacional

Em Portugal a introdução do caminho-de-ferro deu-se um pouco tarde quando comparada com os seus parceiros europeus, sendo a primeira linha inaugurada em 1856 e efetuava a ligação entre Lisboa e o Carregado.

Posteriormente a ligação à Europa é feita em 1866, tendo a expansão da rede ferroviária nacional sido, a partir daí, feita de uma forma galopante, culminando com o aumento para 3000 Km da mesma por data de 1911, o que consiste em 90% da linha ferroviária nacional.

A projeção portuguesa na área ferroviária foi feita em três fases principais com a expansão por todo o Portugal continental e a inauguração de várias linhas icónicas e de grande importância para o desenvolvimento país.

Apresenta-se um quadro cronológico (Tabela 1) com todas as datas de significado para a evolução de rede ferroviária nacional.

Tabela 1 - Cronologia da evolução da rede ferroviária nacional

<b>DATA</b>	<b>OBRA:</b>
1853	Início das obras para a primeira ligação ferroviária
1856	Inauguração do troço Lisboa P a Carregado
1861	Ligação Setúbal - Barreiro
1863	Ligação Évora - Barreiro Ligação a Espanha (Fronteira do Caia)
1864	Ligação Beja - Barreiro
1877	Conclusão da construção da Ponte D. Maria Pia
1882	Inauguração da Linha da Beira Alta

<b>DATA</b>	<b>OBRA:</b>
1887	Conclusão da Linha do Douro
1889	Inauguração do primeiro troço da Linha de Cascais e Ligação a Faro
1890	Abertura da Estação do Rossio
1891	Conclusão da Linha do Oeste
1893	Conclusão da Linha da Beira Baixa
1904	Inauguração do Ramal de Vendas Novas
1906	Ligação a Vila Real de Santo António
1926	Inauguração da tração elétrica na Linha de Cascais
1957 - 1965	Eletrificação da Linha de Sintra e da Linha do Norte
1999	Inauguração da travessia da ponte 25 de Abril

Com o desinvestimento feito na infraestrutura ferroviária, foi natural o encerramento de linhas que, devido a vários fatores, foram tendo cada vez menos utilidade, gerando uma relação custo/benefício prejudicial.

Atualmente a Rede Ferroviária Nacional é composta por 2.562 km de via, estando a ser projetado um forte investimento no sector com auxílio de fundos europeus que serão canalizados para a renovação e eletrificação de vários troços tais como a Linha do Oeste e a criação de novas ligações por forma a permitir ligar os 2 principais portos portugueses de Sines e Leixões a Espanha.

### **2.3. Conceitos da Manutenção**

Num aspeto geral a manutenção pode ser definida por *“ações técnicas, administrativas e de gestão que visam manter ou repor o estado para desempenhar as funções pretendidas durante o tempo de vida do bem.”* (NP EN 13306:2007)

No caso dos caminhos-de-ferro, e mais concretamente da via, a manutenção pode ser definida como *“o processo total de manutenção (e renovação) requerido para assegurar que a via cumpre as normas de segurança e qualidade ao custo mínimo.”* (Cruz, 1999)

Esta preocupação crescente no bom funcionamento e coordenação de todos os aspetos relacionados com a infraestrutura ferroviária, origina que o tempo de vida útil da mesma

seja significativamente crescente, o que no limiar leva a um custo de manutenção e principalmente de renovação analogamente menor.

A nível da evolução da ferrovia as preocupações pelo bom desempenho e boa capacidade da infraestrutura são constantes, não só devido ao cada vez maior número de veículos que nela circulam como também pela evolução sistemática da tecnologia.

Essa evolução leva não só a um acréscimo na velocidade de circulação dos comboios, como também num aumento das cargas por eixo dos mesmos. Criando assim um problema de possível sobrecarga na infraestrutura, a qual deve levar a um especial cuidado por parte da respetiva entidade gestora e seus intervenientes.

## **2.4. Tipos de Manutenção**

Relativamente aos tipos de manutenção a mesma está organizada em 3 categorias, isto para que permita uma melhor e mais eficaz gestão de todo o tipo de trabalhos e principalmente a correta identificação de prioridades.

Este modelo de organização por 3 categorias foi introduzido pela Gestora da Infraestrutura Ferroviária Portuguesa doravante denominada Infraestruturas de Portugal (IP):

### **2.4.1. Manutenção Preventiva Sistemática**

*“Entende-se como Manutenção Preventiva Sistemática o conjunto de intervenções de rotina a efetuar sobre um equipamento, ou sistema de equipamentos, executadas periodicamente no tempo, de modo a reduzir a sua probabilidade de avaria, assim como conhecer o seu estado de condição.”* (REFER, 2011)

Este tipo de intervenções de ação recorrente é feito ao nível de toda a infraestrutura e têm o seu início com uma inspeção de campo, para que desta forma se possa efetuar uma correta e rápida deteção de todas as ocorrências.

Na sua generalidade este tipo de trabalhos envolve desde recarga de lubrificadores, inspeção da infraestrutura a pé, e outras ações de manutenção recorrente da infraestrutura da via e sinalização.

#### **2.4.2. Manutenção Preventiva Condicionada**

*“Entende-se como Manutenção Preventiva Condicionada o conjunto de intervenções regeneradoras a efetuar sobre um equipamento, ou sistema de equipamentos, programadas em tempo, de modo a garantir a sua funcionalidade e aptidão, após a deteção de anomalias, nas Inspeções Internas da REFER ou nos trabalhos de MPS do Adjudicatário.”* (REFER, 2011)

*“É um tipo de intervenções de ação planeada e programada que é feito em função de irregularidades encontradas no decurso das operações de inspeção e de MPS, pretendendo-se garantir que uma determinada patologia ou defeito não se agrave ao ponto de condicionar a circulação ferroviária, nem venha a provocar um incidente.”* (Ferrovias)

#### **2.4.3. Manutenção Corretiva**

*“A Manutenção Corretiva define-se pelo conjunto das intervenções efetuadas num sistema ou equipamento, após avaria ou anomalia imprevista, exigindo ação imediata para restituir as normais condições de utilização.”* (REFER, 2011)

Este tipo de ocorrências de carácter inesperado e com necessidade de resolução rápida leva a que seja necessário um cuidado redobrado e a disponibilidade permanente de pessoal 24 horas por dia, 365 dias por ano.

Esse pessoal deverá ter a devida formação na manutenção geral de via e em todo o tipo de ações que possam ser solucionadas pelos mesmos.

#### **2.5. Legislação e Instruções Técnicas**

No que diz respeito a trabalho ferroviários, e devido à sua particularidade e nível de risco bastante elevado, são definidas várias regras e procedimentos de forma a mitigar os mesmos.

A nível de legislação, a mesma é assegurada por órgãos estatais e define de uma forma geral, e na sua maioria, regras para a segurança, qualidade e ambiente, não sendo parte integrante da criação das instruções técnicas que no caso português estão a cargo da IP.

Sendo a área ferroviária uma área tão distinta devido aos vários riscos associados que têm várias origens e causas é, portanto, importante garantir que as mesmas estejam devidamente acauteladas.

Foi com este pensamento que foram criadas as normas abordadas nos pontos seguintes, tanto para a segurança, como para a qualidade, ambiente e também instruções técnicas, de forma minimizar todos os riscos e erros inerentes a este trabalho tão específico.

### 2.5.1. Segurança

Relativamente à segurança no trabalho serve de guia a Instrução de Exploração Técnica (I.E.T.) 77 que define normas e procedimentos de segurança em trabalhos na infraestrutura ferroviária.

*“Esse documento define as medidas de segurança a serem adotadas sempre que um trabalho ou qualquer atividade ocorra, ou tenha a possibilidade de vir a ocorrer, na via-férrea ou nas zonas contíguas.”* (Instituto da Mobilidade e dos Transportes, 2014)

Para a definição destas medidas é sempre tida em conta uma classificação de zonas de trabalho na via (Figura 2.1), em que:

- Zona A – *“Zona a considerar no âmbito do risco de atropelamento e choque de circulações ferroviárias com pessoas, equipamento e materiais. Esta zona é definida como o espaço tridimensional circundante das infraestruturas ferroviárias limitado pela plataforma da via e pelas superfícies geradas pelas distâncias de segurança  $d_2$ ,  $d_3$  e  $d_4$  em vias múltiplas e  $d_2$  e  $d_3$  em vias únicas.”* (Instituto da Mobilidade e dos Transportes, 2014)
- Zona B – *“É a zona a considerar no âmbito do risco de instabilização da via-férrea. Esta zona é definida como espaço tridimensional limitado, superiormente, pela plataforma da via e, lateralmente, pelas superfícies dos taludes de aterro ou, na sua ausência, por superfícies imaginárias inclinadas a  $45^\circ$ , com origem nas arestas da plataforma.”* (Instituto da Mobilidade e dos Transportes, 2014)
- Zona C – *“É a zona a considerar no âmbito do risco de electrocussão associado aos componentes do sistema de catenária e feeders. Esta zona é definida como o espaço tridimensional circundante das instalações fixas de tracção eléctrica limitado pelas superfícies geradas pela distância de segurança  $d_1$ .”* (Instituto da Mobilidade e dos Transportes, 2014)
- Zona D – *“É toda a zona envolvente da infra-estrutura ferroviária em que se deva considerar a possibilidade de invasão das zonas de risco A, B ou C. Esta zona é definida como o espaço tridimensional circundante das infraestruturas*

*ferroviárias, limitado interiormente pelas zonas de risco A, B e C.”* (Instituto da Mobilidade e dos Transportes, 2014)

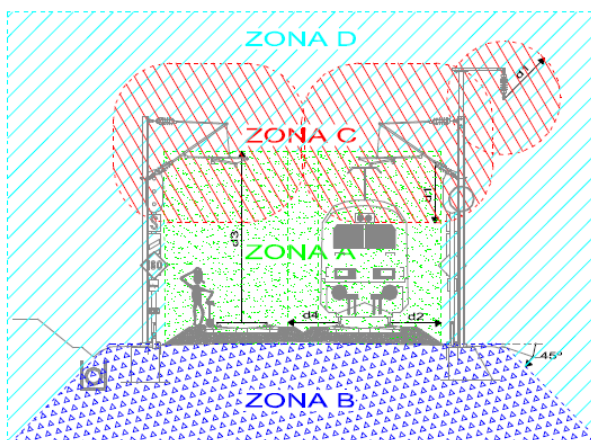


Figura 2.1 - Diagrama de zonas de segurança (Fonte: I.E.T. 77)

É então, desta forma, feita uma hierarquização de risco, numa primeira fase, pela velocidade do material circulante, definindo assim uma zona de risco que tem de ser respeitada.

Neste documento é então feita a divisão entre três intervalos de velocidade:

- Intervalo de Velocidade I – Velocidades inferiores ou iguais a 80 km/h;
- Intervalo de Velocidade II – Velocidades superiores a 80 e inferiores ou iguais a 160 km/h;
- Intervalo de Velocidade III – Velocidades superiores a 160 km/h.

E, posteriormente, uma divisão em 4 distâncias de segurança:

- “*Distância de segurança d1 – Distância, medida radialmente a partir de qualquer parte em tensão pertencente às instalações fixas de tração elétrica.*” (Instituto da Mobilidade e dos Transportes, 2014)
- “*Distância de segurança d2 – Distância, medida horizontalmente a partir da face não ativa da cabeça do carril exterior, na direção do passeio.*” (Instituto da Mobilidade e dos Transportes, 2014)
- “*Distância de segurança d3 – Distância, medida verticalmente, de baixo para cima, a partir da mesa de rolamento do carril de cota mais elevada.*” (Instituto da Mobilidade e dos Transportes, 2014)
- “*Distância de segurança d4 – Distância, a considerar em vias múltiplas para cada uma das vias, medida horizontalmente a partir da face não ativa da cabeça*

*do carril interior, na direção da entrevista.”* (Instituto da Mobilidade e dos Transportes, 2014)

É, por fim, relacionada a informação acima descrita, dando diferentes distâncias de segurança para as 4 categorias de distância acima descritas dependendo da velocidade de circulação, e vice-versa.

Por fim, numa segunda fase, é feita uma definição das medidas de segurança a utilizar em cada trabalho, sendo que as mesmas estão listadas na I.E.T. 77.

As medidas de segurança são classificadas de 1 a 11, sendo as mesmas claramente definidas e explicitando quais os cuidados a ter e equipamentos de proteção a utilizar.

### **2.5.2. Qualidade e Ambiente**

A cada vez maior preocupação com o ambiente e com a melhoria na gestão de recursos e pessoas leva à criação de um plano de qualidade e ambiente que deve ser respeitado por inteiro.

A nível da qualidade é seguida a ISO 9001, que define um método de avaliação da consistência da empresa em causa para proporcionar um produto final ao cliente que esteja de acordo com os requisitos do mesmo, e que ao mesmo tempo vise a melhoria contínua de forma a gerar um aumento da satisfação do cliente.

A nível do ambiente é seguida a ISO 14001 que define também linhas guia para que de uma forma equilibrada vise o aumento e melhoria do serviço por forma a garantir uma cada vez maior preocupação e preservação do ambiente. Desta forma, são então definidos processos e métodos de trabalho cada vez mais treinados e testados com o objetivo de proteger o ambiente.

### **2.5.3. Instruções Técnicas**

Para que sejam garantidos os corretos métodos de execução de todos os trabalhos relativos à via, a gestora da infraestrutura IP foi criando e atualizando documentos de carácter normativo e que definem métodos de execução, parâmetros e limites para cada trabalho na via individualmente.

Estas instruções são diferenciadas pelo seu número de série que é mantido mesmo após atualização do documento.

Entre as principais instruções técnicas temos:

- RF.IT.VIA.015 – Especificações técnicas para fornecimento de balastro novo;
- IT.VIA.002 – Bitolas de Via Larga. Sobrelarguras e Tolerâncias;
- IT.VIA.003 – Referenciação Quilométrica da Via;
- IT.VIA.004 – Procedimento para o Manuseamento, Transporte, Armazenamento e Assentamento de Travessas de Betão;
- IT.VIA.005 – Instruções de Piquetagem Definitiva da Via;
- IT.VIA.007 – Procedimento de Medições Contínuas da Superfície de Rolamento do Carril para Execução de Trabalhos de Esmerilagem Preventiva e Corretiva;
- IT.VIA.018 – Tolerâncias dos Parâmetros Geométricos da Via.



### **3. INSPEÇÃO DA VIA**

#### **3.1. As principais metodologias de inspeção**

A inspeção e controlo da qualidade dos parâmetros de via é a principal forma de prolongar a longevidade da vida útil de uma via, acautelando desta forma quaisquer defeitos e debilidades que a infraestrutura possa apresentar.

De uma forma geral este trabalho pode ser feito de duas formas, ou por meios humanos ou por meios mecânicos, estando a escolha da metodologia utilizada diretamente relacionada com o tipo e a extensão dos trabalhos.

A inspeção de via por meio humanos pode ser feita a nível visual por vários operários em conjunto e com recurso a maquinaria portátil de auscultação e medição dos parâmetros geométricos da via.

Esta metodologia de trabalho tem como principais inconvenientes a morosidade de todos os trabalhos, e a necessidade de precaver a segurança dos trabalhadores na via. Isso só pode ser conseguido com recurso a interdição da via e, quando a inspeção envolva partes em tensão, corte de tensão.

Já com a utilização de uma dresina de inspeção é apenas necessária a concessão de uma marcha de serviço para que se possa fazer a passagem da máquina na zona a fiscalizar. Este processo é relativamente rápido, dependendo então da velocidade que a máquina consegue praticar ao mesmo tempo que inspeciona.

A comparação entre os dois métodos, apesar de poder ser feita, mostra uma total discrepância de rendimentos e qualidade. A capacidade de mitigar o erro apresentada pela dresina não é comparável com o quociente invariável do erro humano sempre inerente ao outro método de inspeção.

A utilização de cada método está então relacionada com o tipo e a extensão que necessita de vistoria, pois a nível de custos e de planeamento, faz com que a utilização da dresina para curtas extensões seja totalmente desnecessária.

Os equipamentos de inspeção utilizados atualmente pelo gestor de infraestrutura, entidade responsável pela inspeção e definição de prioridades nas ações de correção a tomar (atualmente a IP), já se encontram amplamente discutidos e explicados em outros livros

da área, sendo então dada ênfase neste capítulo à máquina desenvolvida pela Ferrovias, em conjunto com a empresa AMBISIG.

### 3.2. Veículo de Inspeção de Via e Catenária MVVM02

O veículo denominado por MVVM02, e que foi desenvolvido em parceria por Ferrovias e AMBISIG, foi concebido com o objetivo de fornecer uma solução mais ampla do que a oferecida pelas máquinas previamente existentes.

Este veículo dispõe de equipamentos de videografia georreferenciada e sistemas de medição, sem contacto, da via e catenária. Equipamentos esses que têm instalado um software desenvolvido especificamente para a gestão integrada de toda a infraestrutura ferroviária (Figura 3.1).

O funcionamento deste equipamento está dividido em duas partes, a denominada por Rail Vision e constituída pelos equipamentos de medição, georreferenciação e videografia, a segunda designada por Rail Management e que realiza a leitura e gestão de todos os dados obtidos na inspeção, criando uma base de dados georreferenciada de forma automática, assinalando e identificando rigorosamente todas as ocorrências encontradas ao longo da extensão inspecionada.



Figura 3.1 - Veículo de inspeção de via (Fonte: Mota-Engil)

### **3.2.1. Rail Vision**

O sistema Rail Vision é composto por uma teia de subsistemas que posteriormente são processados numa base central de informática que é então responsável pela gestão da informação e pela sua apresentação de forma legível para o utilizador.

Cada um destes subsistemas representa uma especialidade de monitorização da infraestrutura, sendo cada uma delas distinta das restantes e com propósitos totalmente diferentes.

#### **3.2.1.1. Sistema de georreferenciação de alta precisão**

Composto por dois equipamentos, um odómetro e um GPS de alta precisão, que se complementam e permitem a identificação do local em duas formas distintas, mas que se completam.

A introdução de tecnologia de ponta neste sistema é um dos pontos fortes do equipamento de medição em causa, pois este sistema não se encontra no restante equipamento concorrente e que presta o serviço de medição nos dias de hoje.

É importante referir a importância deste sistema para o funcionamento dos restantes sistemas que serão introduzidos de seguida, isto porque todos estão dependentes do mesmo para a definição do local das ocorrências.

#### **3.2.1.2. Sistema de videografia de via e catenária**

Composto por dois equipamentos de videografia, um para a via e outro para a catenária, tem como objetivo a captação de imagens para posterior análise e tratamento de forma a verificar se existe algum tipo de defeito visível nos equipamentos instalados ao longo da via (Figura 3.2).

Os equipamentos instalados no veículo são de alta definição, sendo então mais um sistema que vem a fornecer uma melhoria substancial na capacidade de inspeção da via.



Figura 3.2 - Sistema de videografia de via (Fonte: Mota-Engil)

### 3.2.1.3. Sistema de digitalização das vias e balastro

Equipado por uma câmara de alta definição que permite gravação em tempo real, tal como a que é feita à via e catenária, tem também equipado o necessário sistema de iluminação para que a qualidade da gravação seja sempre garantida (Figura 3.3).

Este sistema permite a identificação de anomalias nos carris, fixações e travessas que podem ser apenas identificados por meio de inspeção visual e que de outra forma seriam ignorados.

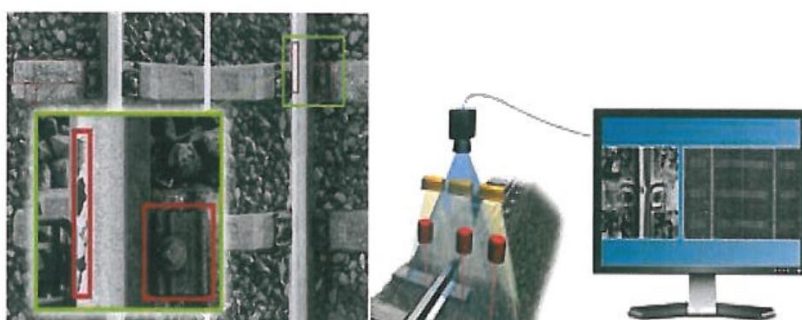


Figura 3.3 - Sistema de digitalização de via (Fonte: Mota-Engil)

### 3.2.1.4. Sistema de medição do gabarito

Sistema composto por um equipamento de medição a laser de varrimento circular, que permite a medição de distâncias num raio de 200 metros, e com a resolução de 0,1 milímetros.

Este equipamento utiliza a tecnologia LIDAR (Light Detection and Ranging) que permite uma leitura dos limites sem que para isso seja necessário qualquer contacto para a definição de perímetros e deteção de mal conformidades.

A informação captada por este equipamento é então tratada e inserida no perfil de gabarito previamente definido, sendo posteriormente verificado se esse mesmo perímetro está a ser ou não ultrapassado (Figura 3.4).

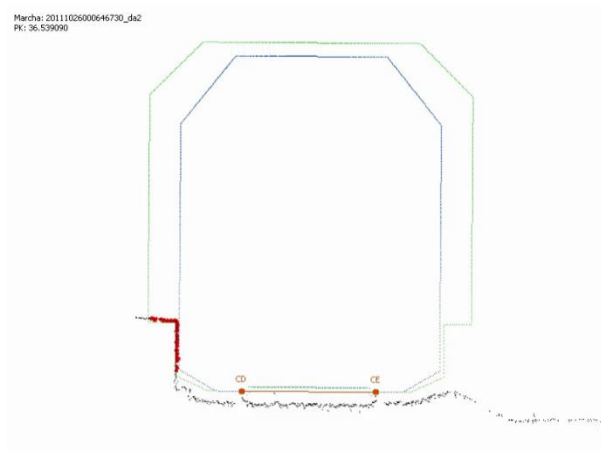


Figura 3.4 - Gráfico de medição do gabarito (Fonte: Mota-Engil)

### 3.2.1.5. Sistema de medição de catenária

A par do equipamento utilizado para a medição do gabarito, este equipamento dispõe também da tecnologia LIDAR que permite a medição de alinhamentos, alturas, pendentes e ainda a verificação do desgaste do fio de contacto da catenária, sem que para isso seja necessária a utilização de pantógrafo (Figura 3.5).

Este equipamento varre então toda a zona da catenária numa área triangular com a altura necessária para alcáçar toda a zona da catenária.

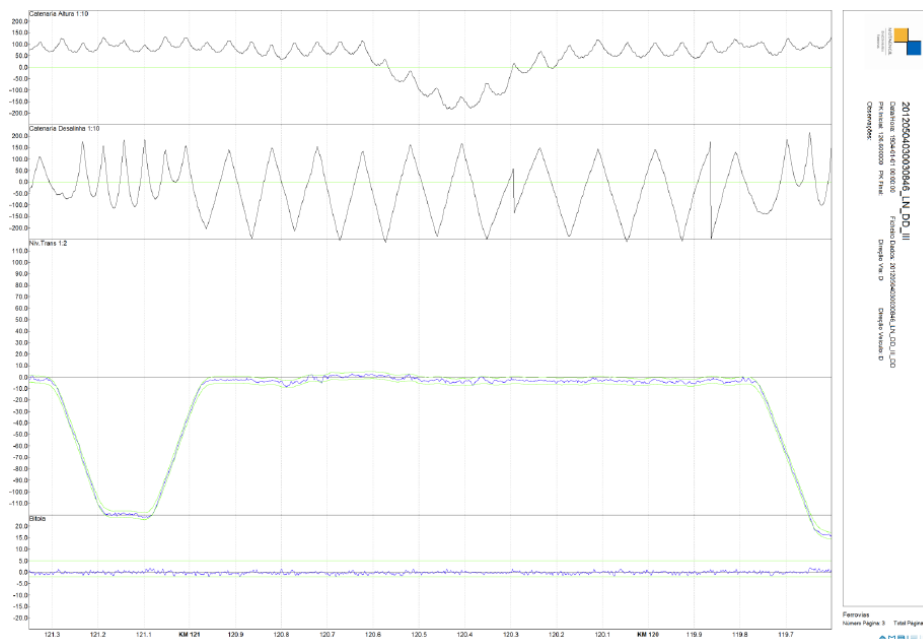


Figura 3.5 - Gráfico de medição da catenária (Fonte: Mota-Engil)

### 3.2.1.6. Sistema de medição da geometria de via

Encarregue de fazer a medição de todas as medições relativas à geometria de via, tais como bitola, empeno, alinhamento e nivelamento longitudinal e transversal, mas também responsável pela verificação do desgaste do carril.

Este sistema é então equipamento com câmaras lineares e feixes de laser para a obtenção de uma imagem em 3D do carril, permitindo posteriormente a medição do desgaste do carril e também de todos os parâmetros relacionados com a própria geometria da via (Figura 3.6).

Marcha: 20120427012044653\_c01  
PK: 3.084991  
Lado: ESQ  
Ângulo: 4,108112  
h: 3,290407  
d: 12,133631  
%Desgaste: 0,173068  
Tipo: 54  
Altura Carril: 99,660423

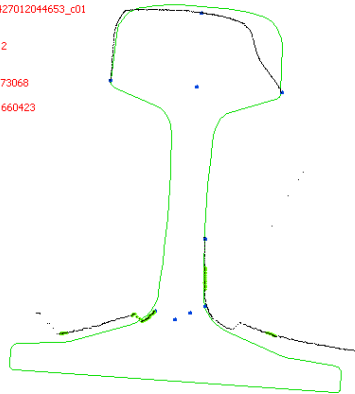


Figura 3.6 - Mapa de desgaste do carril (Fonte: Mota-Engil)

A medição feita com este equipamento é então comparada com a forma base do carril, por forma a verificar desgastes existentes no carril e que podem fugir dos mínimos aceitáveis para a exploração.

A medição dos parâmetros geométricos da via é realizada com a precisão de 0,001 milímetros, conferindo então este equipamento uma grande fiabilidade.

Toda a informação recolhida quer a nível da geometria de via, quer a nível das medições efetuadas no carril são então tratadas e fornecidas pelo sistema de integração, que emite a informação por meio de gráficos e quadros (Figura 3.7), permitindo assim a célere identificação de todas as inconformidades.

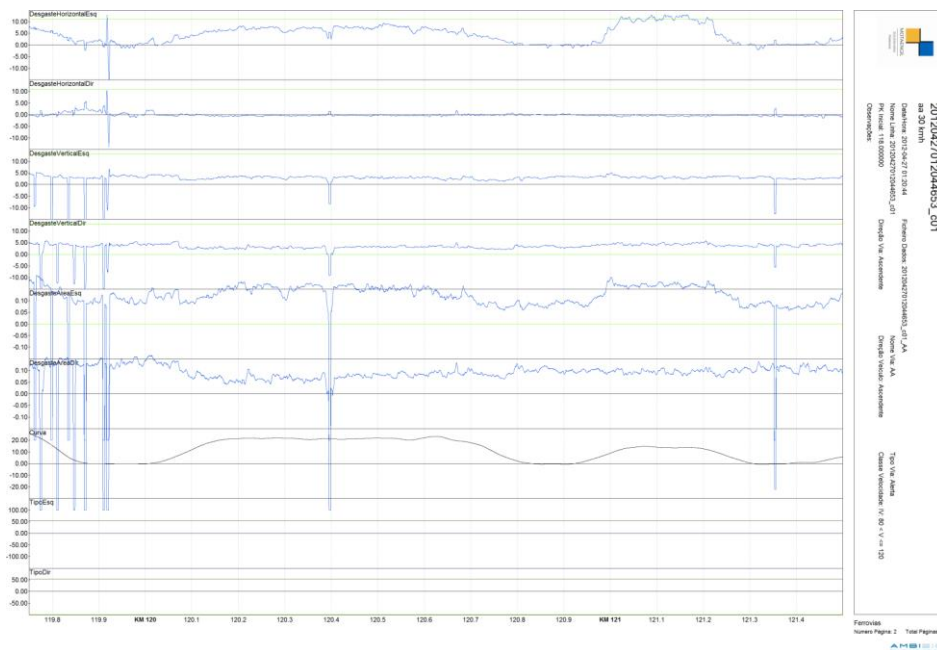


Figura 3.7 - Gráfico dos parâmetros geométricos da via (Fonte: Mota-Engil)

### **3.2.1.7. Sistema de integração dos sistemas de sensorização**

Composto por uma central informática localizada no interior do veículo, com 2 servidores e um programa informático especificamente concebido para o tratamento dos dados obtidos através dos equipamentos existentes na dresina.

O output gerado permite a visualização dos dados obtidos em tempo real nos ecrãs situados no veículo e a impressão de todos os gráficos de parâmetros, lista de defeitos e o quadro com os índices de qualidade.

Esta informação é também transferida para um sistema de gestão de dados de criação da Mota-Engil, permitindo o seu tratamento e identificação de prioridades.

É neste sistema que são interligados os restantes sistemas para que, por exemplo, o sistema de localização seja emparelhado com o sistema de medição dos parâmetros de via e se consiga uma identificação segura do exato local de onde as leituras são feitas.

### **3.2.2. Rail Management**

*“Consiste na representação de forma automática e georreferenciada de todos os parâmetros e aspetos da ferrovia, assinalando e identificando rigorosamente as deficiências detetadas tendo em vista planear a sua reparação.”* (Faria, 2012)

O objetivo desta ferramenta é a integração de toda a informação obtida a partir dos equipamentos instalados no veículo e proceder à sua qualificação e definição de prioridades, para que de uma forma célere e correta se consiga definir uma hierarquia de intervenções.

Por forma a garantir este serviço foi então criada uma ferramenta informática de processamento e gestão de dados, denominada por SMIF (Sistema de Monitorização de Infraestrutura Ferroviária) e que permite à gestora da infraestrutura efetuar o cadastro e monitorização da infraestrutura.

Este serviço dispõe ainda de uma ferramenta em SIG denominada por Geoportal, e que permite a manipulação e apresentação dos dados geográficos em web browser (Figura 3.8).

Desta forma é possível fazer uma apresentação simplificada de todas as ocorrências encontradas na via, apresentando a nível da georreferenciação a correta localização das

mesmas, ao mesmo tempo que são apresentados os níveis de prioridade para cada uma das ocorrências.

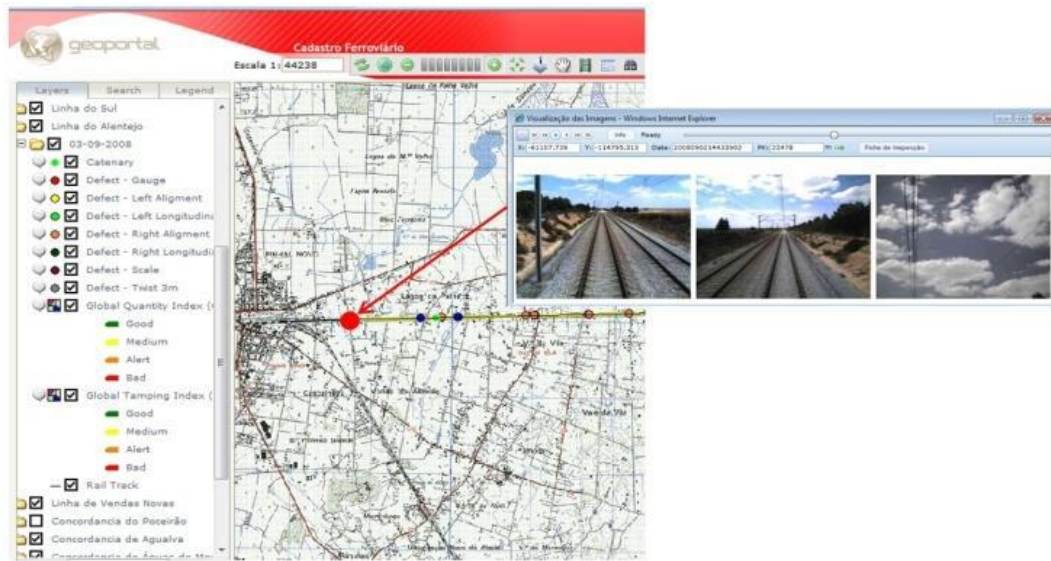


Figura 3.8 - Apresentação das ocorrências (Fonte: Mota-Engil)

A nível operacional este sistema apresenta as seguintes funcionalidades:

- Análise do percurso das anomalias;
- Análise do percurso das atividades;
- Pesquisas avançadas com possibilidade de exportação dos dados;
- Exportação dos dados diretamente para os registos do Sistema de Gestão da Qualidade;
- Consulta de documentação relevante associada às atividades;
- Associação de fotografias e anexos às atividades e RDA;
- Permissão para consulta de diferentes perfis (DUM/TS/TO).

A introdução deste sistema permite uma melhoria a nível do serviço, conforto e segurança oferecidos ao utilizador da infraestrutura devido ao acompanhamento extensivo a toda a qualidade da infraestrutura, possibilita uma diminuição do TCO (Total Cost of Ownership) que determina o custo envolvido na manutenção da via, um correto planeamento de todas as campanhas de manutenção, por forma a não só diminuir tempos de execução e de interdição, como também diminuir custos destas ações devido ao correto e atempado planeamento das mesmas.

### **3.3. Considerações Finais**

A utilização de um sistema integrado de gestão na infraestrutura ferroviária é uma das grandes ferramentas utilizadas atualmente na gestão da mesma.

Para que se possa tirar o total rendimento destas mesmas ferramentas é necessário que todas as ferramentas englobadas neste sistema sejam utilizadas de uma forma correta, o que nem sempre acontece devido a vários fatores que podem ser tanto a nível externo como da dificuldade de implementação dos próprios sistemas.

Em Portugal, e conforme foi referido anteriormente, a utilização de equipamentos de inspeção e a execução da inspeção em si está a cargo da gestora da infraestrutura IP, que como é óbvio utiliza o equipamento que se encontra na sua posse para a ação de inspeção.

Contudo, o equipamento tecnologicamente avançado acima descrito, constitui um precioso elemento auxiliar na atividade da Mota-Engil de manutenção da infraestrutura ferroviária ao serviço da entidade gestora IP, permitindo-lhe fazer um correto planeamento da sua atuação, bem como a sua própria avaliação dos resultados obtidos.



## **4. EFEITOS DA DEGRADAÇÃO DA INFRAESTRUTURA**

A manutenção da infraestrutura ferroviária depende de uma correta e rápida identificação do problema, podendo estes problemas advir de vários fatores que nem sempre são facilmente detetáveis.

Torna-se então imperativo a criação de uma categorização dos vários problemas de forma a generalizar a solução para os mesmos.

O correto funcionamento da via-férrea, como o de qualquer via de comunicação, depende de dois fatores principais: o primeiro é a geometria da via e o segundo são os materiais que a compõe.

Sendo estes dois grupos inspecionados conforme é referido no capítulo anterior, a resolução para os seus problemas é bastante distinta, isto porque sendo os problemas a nível da geometria da via normalmente reversíveis, o mesmo não acontece com os relativos ao equipamento que geralmente são solucionados com a sua substituição total ou parcial.

De seguida serão então apresentados estes dois grupos, sendo posteriormente feita uma divisão dentro dos mesmos para que se consiga, de uma forma cuidada, fazer a apresentação de todos os principais problemas ou efeitos de degradação que possam ser encontrados na via.

### **4.1. Forças Exercidas na Via**

Para que se perceba todos os efeitos e consequências de degradação na via é necessário primeiro identificar e interpretar todas as forças atuantes exercidas pelos vários agentes englobados no âmbito ferroviário.

Ao nível das cargas, a infraestrutura ferroviária é sujeita a forças verticais, longitudinais e transversais (Figura 4.1). À parte de situações relacionadas com catástrofes naturais, todas as ações relacionadas com a infraestrutura são contabilizadas para o cálculo e dimensionamento da estrutura.

As forças verticais são resultado de vários fatores relacionados tanto com o material circulante, como também com a qualidade da infraestrutura. Sendo forças que normalmente são transferidas para todos os níveis da infraestrutura subjacente, de forma a permitir uma degradação das mesmas.

As forças transversais resultam normalmente de fatores como forças laterais que podem ser geradas pela massa dos veículos e das cargas neles transportadas, quando submetida a acelerações transversais geradas quando a circulação se faz em curva, em zonas de geometria defeituosa ou até por ação do vento, de que resulta o encosto dos verdugos das rodas da composição na cabeça dos carris.

As forças longitudinais estão diretamente relacionadas com as ações de frenagem ou de aceleração das composições ou pela dilatação dos carris devido às variações térmicas.

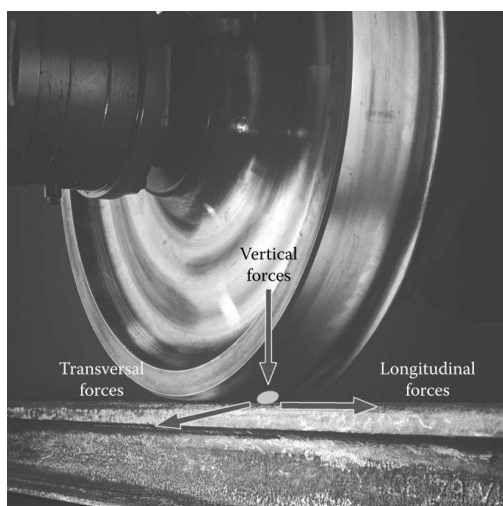


Figura 4.1 – Eixos principais de forças (Fonte: Christos N. Pyrgidis)

Quanto à classificação das forças, as mesmas são agrupadas em 3 tipos principais, dependendo da sua natureza.

- Forças estáticas;
- Forças semi-estáticas;
- Forças dinâmicas.

Esta seleção é feita para que a nível de dimensionamento se possibilite uma maior clarificação e facilidade, mitigando desta forma os erros de cálculo ao máximo.

A nível de forças estáticas é tido em conta o peso morto do material circulante, peso esse que é constante quer o veículo esteja em movimento ou parado.

Já nas forças semi-estáticas são englobadas todas as ações que atuem e se dissipem num determinado período de tempo ou num dado troço de linha. Como exemplo são situações de ventos transversais ou forças centrífugas.

Já as forças dinâmicas são provocadas pelo resultado de defeitos na via, descontinuidades no carril devido a juntas, desgaste do carril ou defeito do material circulante.

#### **4.1.1. Forças Verticais**

*“As cargas verticais desempenham um papel fulcral no projeto, construção e manutenção da infraestrutura ferroviária.”* (Pyrgidis, 2016)

A importância dada a este eixo de forças deve-se principalmente a dois fatores distintos, primeiro à sua pluralidade em todas as expressões de cálculo utilizadas para determinar tanto os esforços horizontais, como os transversais. Influenciando desta forma, e de uma maneira mais específica, o dimensionamento de todo o material de via utilizado.

Em segundo lugar, e estando diretamente relacionado com o primeiro ponto, é também pelas ações verticais que é provocado o maior desgaste na infraestrutura ferroviária, sendo então o principal causador de degradação da via.

Para além das características acima mencionadas no que diz respeito à classificação das cargas, é também importante salientar um grupo especial e que se denomina por ‘cargas características’. Dentro destas forças temos:

- Carga aplicada pelos eixos do comboio;
- Volume de carga total diário no troço;
- Carga vertical da roda de projeto;
- Carga de projeto em pontes.

Podendo estas cargas serem estáticas a dinâmicas, a ênfase dada às mesmas prende-se principalmente com a sua importância na fase de dimensionamento da infraestrutura e política de manutenção da mesma.

##### **4.1.1.1. Cargas Estáticas**

Em termos de cargas estáticas, as mesmas são definidas como as cargas exercidas de uma forma pontual ou constante na infraestrutura, mas que a nível de força do carregamento são constantes independentemente do movimento ou não do comboio.

Essas cargas são divididas em 3 grupos principais

- Carga efetuada pelos eixos do veículo;
- Carga efetuada pelos rodados do veículo;
- Carga diária do tráfego.

Para que haja uma compreensão mais generalizada de todas estas forças foram desenvolvidas várias formas de cálculo, possibilitando assim uma normalização na fase de dimensionamento da infraestrutura.

#### **4.1.1.1.1. Carga efetuada pelos eixos do veículo**

*“O termo peso dos eixos ou carga dos eixos descreve um carregamento estático  $Q$  em que o mesmo é individualmente transferido por cada eixo do veículo, na sua generalidade de um comboio, através das rodas para os carris.”* (Pyrgidis, 2016)

A carga exercida pelos eixos está direta ou indiretamente relacionada com a expressão analítica de todas as forças aplicadas na superfície de contacto roda-carril, assim como também afeta o comportamento dos restantes elementos da superestrutura. Isto é verificado especialmente em vias de tráfego muito pesado, em que se encontra um aumento substancial do número de inconformidades na via, assim como de fadiga dos componentes da superestrutura, gerando assim um aumento das ações de manutenção e por consequência o custo.

Para o caso mais comum, que é precisamente o veículo com um bogie de 2 eixos, a determinação da carga exercida por cada eixo pode ser obtida a partir da seguinte fórmula:

$$Q = \left( \frac{\bar{M}}{4} + \frac{M'}{2} + m \right) \times g$$

Em que:

$Q$  – Carga exercida pelo eixo do veículo;

$\bar{M}$  – Peso do veículo;

$M'$  – Peso de um bogie;

$m$  – Peso do conjunto eixo, rodas e caixa de eixo;

$g$  – Aceleração da gravidade.

Sendo esta fórmula variável conforme o número de eixos por bogie e outros fatores relacionados com a qualidade dos componentes da superestrutura e comboio, a UIC introduziu uma classificação por escalões (Tabela 2).

Tabela 2 – Definição da categoria de via (Fonte: UIC)

<b>Categoria da via</b>	<b>Máxima carga por eixo (t)</b>
A	16
B	18
C	20
D	22,5

Nesta classificação já são tidos em conta diversos fatores, tais como a qualidade dos componentes da via, sendo dada uma especial ênfase ao carril, balastro e travessas, e aos restantes fatores relacionados com os vários componentes do veículo circulante.

Esta classificação foi evoluindo com o passar dos anos, em resposta à constante melhoria e aumento de carga transportada pelos comboios.

- 10 toneladas em 1850;
- 12 toneladas em 1880;
- 14 toneladas em 1900;
- 20 toneladas em 1930;
- 22,5 toneladas em 1980.

No caso de Portugal, sendo a bitola utilizada a ibérica (1668 mm) a capacidade de carga é de 25 toneladas, sendo a capacidade igualmente relacionada com a bitola utilizada. Para bitolas inferiores a capacidade de carga é igualmente inferior.

#### **4.1.1.1.2. Carga efetuada pelas rodas do veículo**

Sendo este carregamento do tipo estático, o mesmo é definido pela força que é transferida individualmente para cada roda, e posteriormente para o carril.

Na prática a transferência de cargas não é uniforme entre ambos as rodas de cada eixo, sendo então necessário ter em conta essa situação. Isto porque a transferência desigual de cargas resulta num maior desgaste lateral de uma fila de carril e posterior redução do seu nível de vida.

*“O peso da roda e, mais precisamente, a distribuição de cargas pelas duas rodas está diretamente relacionada com os fenómenos de descarrilamento e tombamento de veículos.”* (Pyrgidis, 2016)

#### 4.1.1.1.3. Carga diária de tráfego

Os comboios que circulam na via podem ser de vários tipos, desde carga a passageiros ou até simples locomotivas. Sendo obviamente o seu peso e esforço provocado na infraestrutura subjacente variado.

A impossibilidade de generalizar os carregamentos efetuados por este tipo de composições, devido principalmente à disparidade de peso entre as mesmas, gerou a necessidade de criar uma classificação.

Foi então que a UIC criou uma metodologia de classificação que se sustenta numa fórmula matemática que tem em consideração diversos aspetos relativos à tipologia do veículo, velocidade de circulação e o desgaste relativo provocado pela locomotiva.

$$T_{th} = S_p \times (T_p + k_t \times T_{pt}) + S_{fr} \times (k_{fr} \times T_{fr} + k_t \times T_{tf})$$

Onde:

$T_{th}$  – Volume total diário de tráfego fictício;

$S_p$  – Coeficiente relativo à velocidade dos comboios de passageiros mais rápidos;

$T_p$  – Média das toneladas diárias de comboios de passageiros que passam na via;

$k_t$  – Coeficiente relativo ao efeito de desgaste provocado pelos eixos motores;

$T_{pt}$  – Média das toneladas diárias de unidades tratoras de passageiros que passam na via;

$S_{fr}$  - Coeficiente relativo à velocidade dos comboios de mercadorias ordinários;

$k_{fr}$  – Coeficiente relativo ao efeito das cargas e desgastes provocados por bogies de mercadorias variando com o peso máximo, em toneladas, dos eixos do veículo;

$T_{tf}$  – Média das toneladas diárias de comboios de mercadorias que passam na via;

$T_{fr}$  - Média das toneladas diárias de unidades tratoras de mercadorias que passam na via.

Com base na fórmula de cálculo acima apresentada é possível classificar as vias em 6 classes principais como demonstrado de seguida (Tabela 3).

Tabela 3 - Classificação da via segundo o volume de tráfego fictício (Fonte: UIC)

<b>Categoria da via</b>	<b>Volume total diário de tráfego fictício</b>
UIC 1	$T_{th} > 130.000 \text{ t}$
UIC 2	$80.000 \text{ t} < T_{th} \leq 130.000 \text{ t}$
UIC 3	$40.000 \text{ t} < T_{th} \leq 80.000 \text{ t}$
UIC 4	$20.000 \text{ t} < T_{th} \leq 40.000 \text{ t}$
UIC 5	$5.000 \text{ t} < T_{th} \leq 20.000 \text{ t}$
UIC 6	$T_{th} \leq 5.000 \text{ t}$

#### **4.1.2. Forças Longitudinais**

Este tipo de ações tem como agente provocador principal tanto o movimento das composições como também a ação variável da temperatura.

Este tipo de forças difere substancialmente dependendo do tipo de barra que se utiliza, isto porque os esforços de expansão e contração do ferro, conforme é sabido, aumentam com o comprimento da barra de carril em causa.

A ação provocada por estas forças leva a deslocamentos significativos na infraestrutura, com especial ênfase no carril, sendo então necessária a utilização de equipamentos e metodologias singulares de fixação, para que todos os movimentos possíveis sejam acautelados e as ocorrências mitigadas.

##### **4.1.2.1. Ação da temperatura**

A temperatura é um dos principais agentes degenerativos quer da geometria da via quer do material integrante.

Para um correto dimensionamento e posterior manutenção da via é necessário ter em conta não só o efeito provocado por temperaturas elevadas, como também por temperaturas reduzidas e variações bruscas de temperaturas.

Cada um destes fatores tem efeitos distintos na via, mas que podem provocar consequências igualmente preocupantes a nível da manutenção e, no limite, também da segurança.

A nível do carril, e sendo este o equipamento que mais se ressentir com a variação das temperaturas, o estudo da dilatação e contração das barras é feito a partir da seguinte fórmula:

$$\Delta l = \alpha \times l \times \Delta T$$

Onde:

$\Delta l$  – Variação do comprimento do carril (mm);

$\alpha$  – Coeficiente linear de dilatação do aço;

$l$  – Comprimento inicial do carril;

$\Delta T$  – Variação de temperatura.

Sendo a fórmula apresentada amplamente conhecida, a mesma serve apenas para um estudo bastante primitivo e grosseiro.

Isto porque com a evolução da tecnologia e dos materiais, foi possível contrariar este efeito introduzindo diversas aplicações e métodos de sustentar as solicitações geradas pela dilatação e contração do ferro. Sendo o principal a introdução da barra longa soldada (BLS), em que o carril está fixado às travessas com um determinado aperto opondo-se ao seu deslocamento. O peso da travessa e o encastramento desta no balastro também se opõem ao deslocamento longitudinal do carril. Para isso também contribuíram os novos materiais aplicados na construção das vias férreas, nomeadamente:

- As travessas passaram a ser travessas de betão armado, com um peso muito superior às travessas de madeira;
- A fixação deixou de ser do tipo direta, através da pregação rígida, passando a ser indireta, feita através de fixações elásticas;
- Carris mais pesados (60 kg/m) que permitem uma inércia e resistência à tração adequadas aos pesos por eixo e às velocidades agora praticadas na atual infraestrutura;
- Balastro com composição granulométrica, atrito, dureza e resistência ao desgaste superiores.

Todas estas ações que contrariam os movimentos livres do carril são necessárias definir e calcular, para que de uma forma assertiva se possa fazer o correto dimensionamento das barras e posterior regularização das tensões internas.

Estes movimentos por parte do carril são necessários também acautelar na fase de colocação do carril na via, para que isso aconteça é preciso que a temperatura do carril seja sempre controlada.

As forças internas dentro do carril dependem, como já foi explicado, da temperatura, sendo então importante perceber que, como qualquer material, o carril também tem uma temperatura de equilíbrio em que as forças internas são mínimas.

Este tipo de equilíbrio é feito com a libertação das barras, retiradas as fixações e colocadas sobre roletes, e posterior regularização das tensões internas instaladas nas barras, mas é importante sublinhar o que acontece no caso do carril não ser submetido a esta operação para que se perceba a importância de tal trabalho.

As barras têm uma temperatura de equilíbrio, designada por temperatura neutra do carril, e que se resume na temperatura em que as tensões internas são nulas. Variações acima ou abaixo do valor da temperatura geram movimentos quer de expansão, quer de contração do carril que podem ter efeitos perniciosos para a geometria e materiais da via.

No caso do aumento da temperatura o carril expande-se gerando forças de compressão que têm tendência a gerar diversas ocorrências, tais como o caminhamento do carril, desquadramento de travessas ou, o problema mais conhecido, o garrote da via.

Com a redução da temperatura o carril tem tendência a diminuir de comprimento produzindo esforços de tração, que tendem a gerar um grande stress em pontos fracos da barra, mais precisamente as soldaduras. As ações de tração poderão então levar à fissura e, com frequência, à rotura do carril na zona da soldadura.

#### **4.1.2.2. Caminhamento do carril**

O caminhamento do carril é normalmente gerado por variadíssimas ações que podem estar relacionadas quer com a qualidade e capacidade dos materiais utilizados na via, quer com a ação da temperatura, ou até com a força provocada pela passagem dos veículos.

De uma forma geral o caminhamento do carril é prevenido com a utilização de um conjunto de materiais que apenas corretamente utilizados permitem o controlo do deslocamento das barras.

Como em tantas outras áreas, também no caminho de ferro os materiais mais caros e que necessitam de um maior número de meios são normalmente os que permitem uma melhor fixação do carril, sendo neste caso as travessas monobloco com fixação Vossloh as que maior segurança fornecem.

Isto deve-se a vários fatores, tais como o peso da travessa em si que não é comparável com as restantes utilizadas, o tipo de fixação que permitir uma menor permissividade ao carril e por fim o tamanho da travessa em si que sendo maior permite ao balastro subjacente uma maior ação de inércia a qualquer movimento possível.

Um dos fatores essenciais e que por vezes é totalmente descurado é a correta colocação das palmilhas, que devido às ações de vibração e movimentos que o carril possa ter são lentamente removidas da sua zona de ação (Figura 4.2), permitindo assim uma folga significativa na zona entre a travessa e o carril o que leva a uma debilidade na ação desempenhada pela fixação.

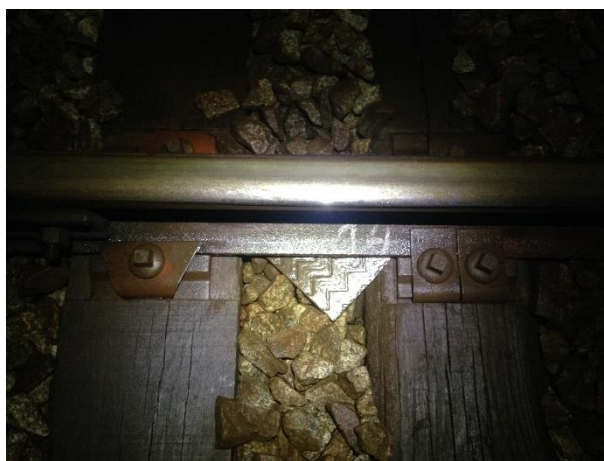


Figura 4.2 - Caminhamento da palmilha

#### **4.1.2.3. Ação dos veículos**

A ação dos veículos corresponde na sua maioria por esforços de aceleração e frenagem respetivamente, e que devido às forças geradas pode criar movimentação no material da via.

Este tipo de ações tem muito mais que se lhe diga, isto porque é importante identificar o tipo de forças geradas em cada um dos movimentos e acautelar as mesmas.

Enquanto na aceleração são criadas forças de tração na frente dos rodados e de compressão na parte inferior, forças essas que estão dependentes da carga efetuada pelos rodados do veículo em causa, nos movimentos de travagem as forças são feitas de forma precisamente contrária, sendo, no entanto, as forças de travagem repartidas por todos os rodados de uma forma igual.

#### **4.1.3. Forças Transversais**

*“As forças transversais estão diretamente ligadas com a segurança do tráfego ferroviário e o conforto dinâmico dos passageiros. Em determinadas circunstâncias as mesmas podem provocar fenómenos de descarrilamento.”* (Pyrgidis, 2016)

Dentro das ações consideradas no cálculo das forças transversais temos:

- Forças gravitacionais;
- Forças exercidas pelo caminhamento do carril;
- Forças centrífugas;
- Vento lateral.

#### **4.2. Degradação a Nível da Geometria da Via**

*“Diferenças entre os valores real e teórico das características geométricas de uma via são definidos como defeitos de geometria de via, e a solução é conseguida através de ações de manutenção.”* (Profillidis, 2014)

*“Os parâmetros que definem o estado de conforto e de segurança da via, do ponto de vista geométrico, dividem-se em dois grupos e são os seguintes:*

*Parâmetros verticais:*

- *Nivelamento longitudinal das duas filas de carril da via;*
- *Nivelamento transversal;*
- *Empeno.*

*Parâmetros horizontais:*

- *Bitola da via;*
- *Alinhamento de uma das filas de carril.”* (Cruz, 1999)

Sendo a manutenção feita com relativa atenção nestes casos, é importante referir que a degradação destes parâmetros evolui com muito mais rapidez quando comparado com os materiais.

É fácil perceber que a degradação depende de vários fatores, tais como quantidade de tráfego (em toneladas), o traçado da via, o local onde se encontra a via, mas independentemente de quais sejam as razões para a degradação de dado troço é necessário encontrar o problema e resolvê-lo com a maior brevidade possível.

#### **4.2.1. Nivelamento longitudinal**

*“É o parâmetro que define a diferença de cotas entre a mesa de rolamento de uma fila de carril da via e um plano de comparação horizontal.” (Cruz, 1999)*

##### **4.2.1.1. Caracterização dos defeitos**

A nível do alinhamento longitudinal os problemas encontrados passam pelo assentamento de secções de via num espaço curto. Estes assentamentos podem ser de maior ou menor valor dependendo de variadíssimas razões, estando elas todas relacionadas com as causas desses assentamentos.

Os assentamentos podem resultar de uma má consolidação do balastro, de um fraco ataque e/ou estabilização, ou até devido a problemas inerentes ao terreno subjacente (Figura 4.3).

No caso de terrenos argilosos este problema é bastante frequente, levando a ser necessária uma maior frequência nas campanhas de reforço de balastro e ataque nessas zonas, embora a solução mais definitiva seja o saneamento da plataforma, acompanhado com a melhoria da drenagem.



Figura 4.3 - Assentamento da via (Fonte: Eng.<sup>a</sup> Maria Peneda)

Em Portugal um dos melhores exemplos deste problema é a zona de Santarém, que devido à sua proximidade com níveis freáticos e à má qualidade do solo, não permite o escoamento das águas alojadas no solo.

Este tipo de situações provoca, não só um desconforto para os utilizadores da via, como em altas velocidades pode até ser perigoso podendo gerar descarrilamentos.

#### **4.2.2. Nivelamento transversal (Escala)**

*“O nivelamento transversal ou escala, conforme é denominado na generalidade, é a diferença altimétrica entre 2 pontos situados nas duas filas de carris, medida numa dada secção normal. Tem por objetivo:*

- *Melhorar a distribuição de cargas pelos 2 carris;*
- *Reduzir o desgaste nos carris e nas rodas;*
- *Compensar a força centrífuga, atenuando as consequências da sua ação sobre as fixações e o nivelamento transversal da via;*
- *Melhorar o nível de conforto dos utentes.”* (Cruz & Santos, 2009b)

##### **4.2.2.1. Caracterização dos defeitos**

Quando uma secção de via sofre assentamento e este assume valores diferentes para cada fila de carril, estamos perante um defeito de nivelamento transversal, que corresponde a um valor da escala diferente do valor de projeto. Para isso contribui em muito o tráfego, a consolidação da via e a qualidade do solo subjacente.

Desta forma é importante que a escala esteja em valores definidos no projeto, para que a comodidade e a segurança da via sejam garantidas, isto porque de uma forma geral, se tais valores não forem cumpridos, ou existe escala a mais e nesse caso temos uma degradação acentuada na fila baixa da via, ou existe um problema de escala a menos e a força centrífuga pode provocar o descarrilamento/tombamento do veículo.

##### **4.2.3. Bitola**

*“É a distância entre as faces ativas dos dois carris da via medida numa secção normal, a 15 mm abaixo do bordo superior do carril.”* (Cruz, 1999)

#### **4.2.3.1. Caracterização dos defeitos**

Os problemas encontrados com a bitola podem variar entre excesso ou aperto, isto é, uma maior ou menor distância entre carris.

Ambas as situações são de cariz problemático, sendo tanto as consequências como as causas para tal praticamente as mesmas, sendo o principal culpado a fixação e/ou chapim que de alguma forma foram perdendo a sua capacidade de manter o carril no sitio, ou o desgaste lateral dos carris.

A nível do excesso de escala o mesmo pode gerar uma degradação maior na mesa de rolamento, pois a superfície de contacto é significativamente menor. No limiar o excesso de escala pode resultar no descarrilamento das composições.

A redução da escala tem efeitos semelhantes só que a secção de desgaste não será tanto a mesa de rolamento, mas sim a face interna do carril que estaria em contacto com o verdugo. Isto gera também um maior desgaste nas rodas do comboio, podendo haver pequenos ressaltos que resultam em descarrilamentos.

#### **4.2.4. Alinhamento**

*“É a projeção num plano horizontal do bordo (face ativa) do carril.” (Cruz, 1999)*

##### **4.2.4.1. Caracterização dos defeitos**

A nível do alinhamento o mesmo pode ser danificado devido a vários fatores, não só a nível de tráfego e outros fatores externos, mas também devido aos materiais da via e a sua má aplicação.

Uma das razões principais para um defeito a nível do alinhamento prende-se exatamente com o carril e a má regulação do mesmo, no caso de ser barra longa soldada, o que resulta em garrotes.

Este tipo de situações torna impossível a passagem de comboios, cortando automaticamente o tráfego na zona afetada. É então importante ter uma atenção redobrada na correta colocação de todos os materiais de via, para que no final não hajam problemas relacionados com os mesmos.

#### **4.2.5. Empeno**

*“É o quociente entre a diferença dos valores de dois nivelamentos transversais consecutivos e a distância que os separa.” (Cruz, 1999)*

##### **4.2.5.1. Caracterização dos defeitos**

Tal como defeitos a nível da escala, também o empeno tem as mesmas problemáticas e os mesmos agentes atuantes, sendo este defeito resultado da variação da escala.

No caso de uma variação muito acentuada num espaço curto, esta situação pode levar a problemáticas tais como a falta de contacto, por momentos, dos rodados do comboio no carril devido à rigidez torsional da estrutura dos veículos.

Esta situação é bastante perigosa devido aos ressaltos repentinos e fortes que provoca no comboio, e que provocam uma solicitação elevada da infraestrutura, degradação dos carris e uma redução significativa no seu tempo de vida.

#### **4.3. Degradação a Nível do Material da Via**

Os defeitos encontrados no material de via, ao contrário dos encontrados na própria geometria do traçado, não são apenas devido ao tráfego circulante na própria via mas também entram para a equação questões relacionadas com defeitos de fabrico e outros tipos de imperfeições encontrados numa fase inicial de produção dos mesmos.

Tendo cada um dos materiais intervenientes na via um manual próprio de controlo execução de produção, os mesmos podem ser sempre suscetíveis a defeitos não detetáveis numa fase inicial, manifestando-se apenas mais à frente já quando estão implantados na via e em solicitação pelo tráfego circulante.

##### **4.3.1. Carris**

O carril enquanto elemento constituinte e caracterizador da infraestrutura ferroviária, tem como principais funções:

- Resistir e transmitir as tensões produzidas pelo material circulante à restante superestrutura da via;
- Realizar o guiamento dos rodados;
- Proporcionar o retorno da energia elétrica necessária à sinalização e catenária.

Atualmente a secção do carril é composta por 3 partes distintas, a cabeça, a alma e a patilha. A cabeça do carril é simplesmente a mesa de rolamento que está em contacto direto com os rodados, a alma é a parte vertical que liga a cabeça à patilha, e por fim a patilha é a zona com a maior superfície horizontal assentando a mesma na travessa.

Relativamente ao comprimento o mesmo é variável, sendo atualmente produzidas barras de comprimentos múltiplos de 36 metros, até a um máximo de 108 metros. Estas barras podem ser posteriormente soldadas em estaleiro para aumentar o seu comprimento, limitado pela capacidade de transporte, em comboio carrileiro, para a frente de obra.

#### **4.3.1.1. Caracterização dos defeitos**

À medida que a tecnologia e o método de fabrico e controlo foram evoluindo, foi necessário criar um método de identificação e classificação dos vários tipos de defeitos encontrados no material.

O desgaste encontrado no carril pode ser feito em três zonas distintas, dependendo não só do tipo de força atuante naquela secção em concreto, mas também devido a defeitos na fase de implantação da via. Então as zonas de desgaste são:

- Na mesa de rolamento, devido a desgaste vertical;
- Na face de guiamento, devido a desgaste lateral;
- Nos topos do carril, devido ao batimento efetuado pelos rodados.

O desgaste e posterior progressão de defeitos no carril são mais importantes em zonas especiais da via, as razões para isso prendem-se principalmente com o traçado e a localização da via.

Os principais fatores de desgaste da infraestrutura, e neste caso em especial do carril, são então as curvas de raio pequeno que provocam um desgaste acentuado na zona lateral da cabeça do carril, as rampas de inclinação elevada e que provocam um maior esforço nas máquinas, a aproximação a estações e pontos de desaceleração ou aceleração acentuada e constante e também túneis ou zonas costeiras devido à humidade e ações climatéricas instáveis.

*“De uma forma geral o carril pode apresentar 3 tipos de defeitos distintos, sendo este tipo de classificação criada para que se consiga de uma forma célere e correta identificar e atuar sobre os problemas em causa:*

- *Carril partido – Qualquer carril que está separado em 2 bocados ou mais, ou onde um fragmento de metal está destacado, provocando sobre a mesa de rolamento uma falta de mais de 50 mm em comprimento ou 10 mm em profundidade;*
- *Carril fissurado – Qualquer carril que apresente uma ou mais fissuras sem qualquer tipo de padrão, visíveis ou não, e que mais tarde ou mais cedo a sua progressão pode gerar a separação do mesmo;*
- *Carril danificado – Qualquer carril que não se encontra partido ou fissurado, mas que apresenta outro tipo de defeitos geralmente situados à superfície.”*  
(Profillidis, 2014)

Dentro destes três defeitos existe uma série tipologias de defeitos e razões para os mesmos acontecerem, no entanto, o autor achou pertinente abordar apenas os defeitos encontrados em obra, eliminando assim os defeitos de fabrico mais grosseiros e que de uma forma geral são detetados em fábrica.

a. Fissuração longitudinal

Gerada na fase de execução das barras, este tipo de fissuração, que inicialmente tem início nos topos do carril, pode gerar a longo prazo a separação do carril em 2. Este tipo de defeitos é detetado ainda em fase de execução na fábrica por meio de ultrassons.

b. Fissuração horizontal

Gerada na fase de execução das barras, este tipo de fissuração é apenas detetado o em fase de execução, por meio de ultrassons, ou já em fase de exploração e com recurso a uma inspeção apertada da via (Figura 4.4).

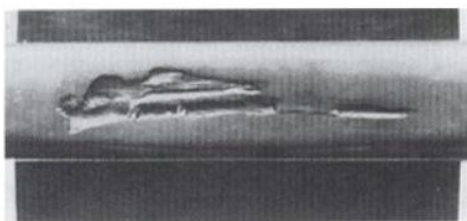


Figura 4.4 - Fissuração horizontal na mesa de rolamento (Fonte: V. A. Profillidis)

c. Desgaste da superfície de rolamento

Com génese na circulação sucessiva de veículos, o desgaste da superfície de rolamento é detetado e controlado por meio de inspeções à via, sendo este

problema solucionado por meio de substituição direta de secções de carril (Figura 4.5).



Figura 4.5 - Desgaste da superfície de rolamento

#### d. Desgaste lateral

Situação que afeta normalmente com mais significância uma das filas, dependendo do equilíbrio escala-velocidade apresentado pelo comboio. Este tipo de desgaste pode ser preocupante a partir de uma certa evolução do mesmo, isto porque vai gerar, naturalmente, um aumento de bitola (Figura 4.6).

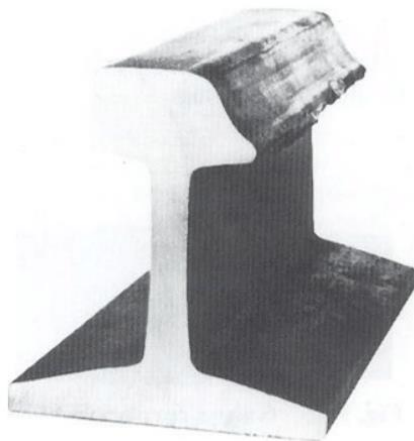


Figura 4.6 - Desgaste lateral do carril (Fonte: V. A. Profillidis)

#### e. Ondulação na mesa de rolamento

Este tipo de situações têm a sua génese numa grande variedade de fatores, que isolados ou em conjunto definem um padrão similar de formas no carril, variando as mesmas apenas na sua dimensão. Qualquer movimento que provoque uma maior ou menor oscilação do carril são fatores causadores deste padrão, estando neste grupo o desgaste da travessa e/ou palmilha, o desaperto das fixações,

desgaste do balastro ou da camada de sub-base, é também de ter em conta que zonas com tráfego urbano e que provoquem um elevado número de paragens e posteriores acelerações são locais mais solicitados e por essa razão mais propícios a surgir este tipo de ocorrências (Figura 4.7).



Figura 4.7 - Desgaste da superfície de rolamento (Fonte: Eng<sup>a</sup> Maria Peneda)

f. Esmagamento da face interna do carril

Situação que acontece em zonas de curva, este tipo de ocorrências é caracterizado inicialmente pela formação de sulcos na face interna da mesa de rolamento, e que posteriormente se desintegram gerando uma fissuração longitudinal, mas de superfície (Figura 4.8). Não sendo algo impeditivo da circulação, não deixa de ser importante o controlo e resolução do problema por meio de substituição do carril.



Figura 4.8 - Deformação da face interna do carril devido a esmagamento

g. Deformação do carril

Fundamentalmente devido ao efeito de grandes cargas, este tipo de deformação é devido a ações como descarrilamentos, má condução dos veículos ou má

utilização de equipamentos ou excesso de carga. Este tipo de ocorrências culmina, em regra, na quebra do carril sendo, portanto, importante a rápida substituição do mesmo.

#### h. Defeitos de soldadura

Uma má execução da soldadura ou a fraca qualidade dos materiais utilizados na mesma pode gerar uma série de defeitos, que culminam no aumento da fragilidade de um ponto, que de um modo geral, já é fraco devido à existência incontornável da soldadura (Figura 4.9).



Figura 4.9 - Defeito visível na execução da soldadura (Fonte: Eng<sup>a</sup> Maria Peneda)

A má execução de uma soldadura pode passar pelo fraco aquecimento das zonas a soldar (topos dos carris e molde), a débil selagem do molde e má colocação do molde e/ou cadinho.

No que diz respeito ao defeito do material, estando o mesmo previamente doseado, pode haver um mau acondicionamento do mesmo ou outro fator que afete a sua composição química, levando a alteração das temperaturas de fusão ou até um incorreto ou tardio disparo do material sobre o molde.

A ocorrência destes problemas aliados também com uma má execução da pregação da barra (Figura 4.10), não respeitando o espaçamento da mesma às soldaduras, leva então à criação de descontinuidades internas no carril que culminam numa fissuração inicialmente interna e que progride para o exterior, ou até uma fissuração externa. De qualquer das formas nestes casos é necessária a substituição urgente da secção em causa.



Figura 4.10 - Pregação próxima à zona de soldadura (Fonte: Eng<sup>a</sup> Maria Peneda)

#### 4.3.2. Travessas

*“A travessa é o elemento intermédio da superestrutura da via destinando-se a apoiar e fixar os carris, a manter a distância entre as duas filas de carris, a bitola. Recebe as pressões exercidas sobre os carris, transmitindo e distribuindo as mesmas sobre o balastro.*

*As mesmas podem ser de 3 tipos:*

- *Madeira;*
- *Betão;*
- *Aço.”* (Cruz, 2015a)

*“A escolha do tipo de travessa mais apropriado deve ser feita individualmente para cada linha, tendo em conta uma análise de execução que abrange uma avaliação dos seguintes fatores económicos e técnicos:*

- *Custo de produção ou compra da travessa;*
- *Custo das fixações;*
- *Tempo de vida útil da travessa;*
- *Custo de manutenção;*
- *Capacidade de reaproveitamento da travessa após o final do seu tempo de vida útil;*
- *Peso da travessa, por forma a conferir uma maior ou menor estabilidade à via e por consequente o aumento na velocidade de circulação;*
- *Distribuição das cargas;*
- *Capacidade de isolamento elétrico das mesmas sem utilização de equipamentos adicionais.”* (Profillidis, 2014)

Independentemente do tipo de travessas é necessário que as mesmas consigam garantir um correto posicionamento do carril, quer seja para garantir a bitola, conforme referido acima, mas também para garantir o tombo de 1/20 do carril para a o interior da via.

Este tombo pode ser garantido de duas formas, quer pela criação dessa inclinação na própria travessa ou pela colocação de chapins inclinados entre a travessa e o carril.

#### **4.3.2.1. Travessas de madeira**

Amplamente utilizadas em Portugal, este tipo de travessas oferece uma elasticidade muito superior quando comparadas com as travessas de betão, o que, quando em comparação com as travessas de betão, pode ser vantajoso em casos específicos.

Enquanto matéria prima a travessa é normalmente de pinho, sendo, portanto, um material de fácil obtenção por todo o país, facto que juntamente com a sua facilidade no fabrico, facilitou a sua introdução na via férrea portuguesa.

Caracterizadas pelo seu peso ligeiro quando comparadas com as suas concorrentes diretas, as travessas de betão, as travessas de madeira mesmo não conferindo o mesmo grau de estabilidade à via conseguem de alguma forma carregar menos a via a nível do seu peso próprio dando assim uma maior estabilidade em troços onde as camadas inferiores tenham capacidades de carga inferiores.

As travessas de madeira, mesmo sendo sujeitas a tratamentos por forma a aumentar o seu tempo de vida útil, continuam a ter como principal problema o seu tempo de vida útil curto a quando comparadas com as travessas de betão.

##### **4.3.2.1.1. Caracterização dos defeitos**

Mesmo tendo sido a travessa mais utilizada em Portugal, esta situação tem-se vindo a alterar, e muito devido aos vários problemas que as mesmas apresentam ao longo da sua vida útil, assim como por razões ecológicas. Serão apresentados de seguida os problemas que normalmente este tipo de travessas apresentam e que requerem uma ação por parte das equipas de manutenção.

##### **a. Combustão**

Pelo seu material, as travessas de madeira são um alvo fácil à propagação de incêndios. Mesmo com o tratamento ao qual este tipo de travessas é sujeito e que previne combustões a nível singular por parte das travessas, o mesmo não permite

uma proteção total a fogos que possam assolar zonas onde se encontre este tipo de travessas.

A solução é então a substituição pronta das travessas afetadas.

b. Degradação por microrganismos

Mesmo estando sujeitas a um tratamento que previne um ataque da maioria dos insetos e microrganismos presentes normalmente na madeira, a extensa exposição aos agentes climatéricos provoca uma deterioração não só da travessa em si como também do tratamento ao qual a mesma foi sujeita.

Esta situação pode provocar a degradação gradual da travessa, quer a nível externo quer a nível interno, sendo este último o mais preocupante pois é de maior dificuldade para controlar e identificar (Figura 4.11).



Figura 4.11 - Degradação da travessa de madeira

c. Degradação da capacidade da fixação

A madeira, enquanto material, tem um nível de resistência que se vai degradando à medida que é sujeita a solicitações, sendo a zona das fixações um dos primeiros locais a ceder, devido não só ao apodrecimento das travessas como também à sucessiva passagem dos comboios, provocando um stress elevado nos tira-fundos e desgastando a sede da furação.

Este problema pode ir avançando até ao limiar em que o tira-fundo não se encontra minimamente seguro à travessa e conseguindo retirar o mesmo sem que para isso seja utilizado qualquer equipamento desparafusador.

A solução encontrada no imediato passa ou pelo reforço dos furos com a colocação de espirais de aço, ou pela criação de novos furos para colocar a fixação.

d. Destruição total ou parcial da travessa

Normalmente este tipo de ocorrências deve-se a uma situação de emergência, ou seja, um descarrilamento ou queda de carga por parte do veículo circulante.

É então necessário atuar na substituição urgente das mesmas.

#### **4.3.2.2. Travessas de betão**

Atualmente as travessas de betão são as travessas de eleição para trabalhos de renovação, isto porque para além de serem significativamente mais resistentes e com um tempo de vida superior quando comparado com as de madeira, a sua matéria prima é praticamente inesgotável e a sua produção é muito mais rápida.

Produzidas a partir de moldes e com um reforço interno em armadura, este tipo de travessas pode ser produzido em dois formatos distintos:

- Travessas em betão bi-bloco;
- Travessas em betão monobloco.

As travessas bi-bloco consistem em dois blocos de betão armado ligados por um perfil metálico designado por cantoneira e que assegura desta forma uma bitola constante. São muito utilizadas em zonas de plena via, sendo o seu forte as zonas de traçado sinuoso e que não tenha um solo com capacidade para suportar o peso excessivo das travessas monobloco.

As travessas monobloco, ao contrário das travessas bi-bloco, são compostas apenas por um bloco de betão armado pré-esforçado, sendo o seu peso significativamente superior ao das travessas bi-bloco, o que confere uma estabilidade e resistência superior à via, o que permite uma velocidade praticada superior.

Estas travessas têm a capacidade de suportar uma ou mais bitolas caso sejam polivalentes, e nesse caso permite à travessa uma maior capacidade de adaptação, que a longo prazo pode ser bastante vantajosa.

*“As sobrelarguras da via, quando necessárias, são obtidas na montagem dos carris por intermédio de diferentes combinações de peças de fixação. Com diferentes combinações*

*de peças de fixação, é também possível aplicar, nas mesmas travessas, diferentes tipos de carril (54E1 e 60E1).” (Cruz, 2015a)*

Em Portugal a utilização das travessas de betão passa pelas travessas bi-bloco, monobloco e monobloco polivalente.

#### **4.3.2.2.1. Caracterização dos defeitos**

Como acontece com qualquer material, também nas travessas não há a solução perfeita e tendo cada tipo de travessa apresentado o seu ponto forte, também cada uma apresenta as suas fraquezas e problemas que recorrentemente necessitam de atenção por parte das equipas de manutenção.

##### **a. Degradação da travessa**

Em qualquer um dos dois tipos de travessas de betão apresentados é necessário ter atenção a quando da colocação da mesma, isto porque sendo um betão um material mais rijo quando em comparação com a madeira, é por sua vez um material com menos elasticidade, o que impossibilita certo tipo de movimentos por parte da travessa.

Na travessa bi-bloco o ponto mais frágil é a zona de ligação da cantoneira com as extremidades de betão armado, resultando na separação dos dois blocos. Estas ocorrências têm, regra geral, como principal agente a corrosão da cantoneira metálica (Figura 4.12).



Figura 4.12 - Degradação em travessa bi-bloco

Na travessa monobloco, não estando qualquer tipo de estrutura metálica exposta faz com que a esse nível a degradação não seja tão acentuada, mas a evolução deste tipo de degradação progride significativamente caso a armadura, por alguma razão, fique a descoberto, isto porque o tratamento que é dado à cantoneira das

travessas bi-bloco não é dado à armadura interna das travessas monobloco (Figura 4.13).



Figura 4.13 - Quebra da travessa na sua extremidade (Fonte: Eng<sup>a</sup> Maria Peneda)

#### b. Destruição total ou parcial da travessa

A forma como as travessas partem é distinta dependendo do tipo, isto porque enquanto as travessas bi-bloco podem ceder por corrosão ou fratura da cantoneira, as travessas monobloco não suportam momentos negativos, fissurando com grande facilidade, pelo que devem:

- Ser manuseadas com cuidado;
- Nunca arremessadas;
- Repousar sobre dois apoios situados sob as mesas de assentamento dos carris.

#### 4.3.3. Fixações

*“Denominadas pelo conjunto de materiais que asseguram a ligação carril-travessa da forma mais correta e segura, as fixações devem ter as seguintes propriedades:*

- *Manter a bitola o mais próximo possível do seu valor nominal;*
- *Manter constante a inclinação do carril sobre a travessa;*
- *Permitir a transferência das cargas aplicadas no carril para a travessa;*
- *Atenuar a vibração produzida pelos rodados dos veículos;*
- *Fácil instalação e manutenção;*
- *Isolamento elétrico;*
- *Capacidade de sustentar a deflexão;*
- *Prevenir o desgaste provocado pelo contacto entre restantes componentes;*

- *Resistência à corrosão;*
- *Resistência a vandalismo;*
- *Compatibilidade do tempo de vida com a travessa;*
- *Custo razoável.” (Profillidis, 2014)*

Relativamente ao tipo de fixação, a mesma pode ser dividida em fixação rígida e elástica. Esta diferença prende-se principalmente com a capacidade que a fixação tem de se adaptar e absorver as constantes deformações aplicadas no espaço entre a travessa e o carril, mais precisamente na palmilha, por ação dos rodados do comboio.

Uma fixação rígida não tem qualquer capacidade de se adaptar a tais deformações, permitindo que o carril se movimente livremente por ação destas cargas. Sendo um tipo de fixação utilizado há vários anos, nas travessas de madeira, tem tendência a aliviar o aperto com maior facilidade, isto devido principalmente ao batimento que é feito no sentido ascendente pelo carril.

A fixação elástica, sendo uma solução introduzida há relativamente pouco tempo com a utilização das travessas em betão, permite um aperto constante ao carril pois sendo, como o nome indica, uma fixação elástica a mesma tem tendência a se adaptar às movimentações verticais feitas pelo carril a quando das solicitações a que é sujeito.

#### **4.3.3.1. Caracterização dos defeitos**

A nível do estudo e identificação da problemática relativa às fixações a mesma pode ser dividida em dois grupos distintos.

##### **a. Danificação da fixação**

Este tipo de situação pode ser verificado com qualquer elemento da fixação, e resulta na perda da capacidade de aperto por parte da mesma, o que gera posterior degradação na própria geometria da via (Figura 4.14).



Figura 4.14 - Quebra da fixação (Fonte: Eng<sup>a</sup> Maria Peneda)

b. Alívio no aperto

Esta ocorrência pode ser gerada por vários fatores, desde a degradação da travessa que garante a capacidade de fixação da infraestrutura à vibração provocada pela passagem dos comboios e que só por si provoca um alívio na fixação (Figura 4.15).

Para garantir que os níveis de aperto se mantenham a níveis aceitáveis é importante que seja feita uma inspeção periódica da fixação e, caso necessário, o seu reaperto.



Figura 4.15 - Aperto das fixações inexistente

#### 4.3.4. Balastro

*“O balastro é um material granular resultante da britagem de pedra com elevada resistência ao desgaste e à fragmentação.”* (Cruz, 2015b)

Este elemento integrante da superestrutura ferroviária forma uma camada intermédia ente as travessas e a plataforma, permitindo assim conferir à via um nivelamento e estabilidade que de outra forma não eram garantidos.

“As principais funções deste material são:

- *Apoiar as travessas e distribuir sobre a plataforma os efeitos das cargas rolantes;*
- *Amortecer os choques provocados pelas circulações ferroviárias por possuir elasticidade no seu conjunto;*
- *Opor-se eficazmente às deslocções transversais e longitudinais da via;*
- *Drenar rapidamente a água que cai na superestrutura;*
- *Permitir uma fácil correção da posição da via através da sua alteração (trabalhos de ataque e ripagem).”* (Cruz, 2015b)

Para que todas estas funções sejam asseguradas é necessário que o balastro cumpra alguns critérios, tanto a nível de granulometria e forma, como também relativamente ao tipo de rocha a utilizar.

É então fulcral que a rocha seja dura e sã, sendo maioritariamente utilizado o granito, gabro, quartzitos, basaltos, entre outros, e que a mesma seja angulosa e meticulosamente limpa para que não haja a permanência de finos entre o balastro.

A dimensão granulométrica do balastro é definida na instrução técnica IT.GEO.001, na qual também figuram meticulosamente todos os testes feitos na verificação da qualidade geral do balastro e também a identificação de todas as pedreiras homologadas para a produção de balastro.

#### **4.3.4.1. Caracterização dos defeitos**

Enquanto parte integrante da superestrutura ferroviária o balastro também é sujeito a um desgaste que pode variar com o valor de tráfego a que é sujeito, aos agentes atmosféricos na zona e à poluição provocada pelos comboios.

Todas estas ações implicam que na fase de inspeção se tenha atenção redobrada na verificação do balastro que nem sempre é tido em conta nestes trabalhos.

##### **a. Contaminação do balastro**

A contaminação do balastro pode ter várias origens, pode-se dever apenas à colocação de lixo na via por parte dos utilizadores da mesma, tal como beatas ou

latas de refrigerantes, ou pode ser devido ao derrame de um qualquer líquido poluente por parte dos veículos circulantes, tal como óleos ou produtos transportados (Figura 4.16).

Em qualquer um dos casos é importante que esse mesmo lixo seja recolhido ou, caso tal não seja possível, seja feita a substituição do balastro, isto porque existe a possibilidade de contaminação do solo e no limiar a contaminação de cursos de água.



Figura 4.16 - Contaminação das travessas e balastro

Este tipo de poluição requer especial atenção, isto porque sendo por vezes uma situação invisível ou de fácil limpeza por meio das chuvas, é facilmente infiltrada no solo passando desta forma para qualquer curso de água que corra próximo e podendo contaminar poços de água ou qualquer outro tipo de fonte potável nas imediações.

A substituição o balastro tem então de ser feita com o maior cuidado possível, sem que o mesmo possa ser acumulado em zonas que estejam previamente guarnecidas de equipamentos ou medidas de proteção das imediações, tais como contadores de eixo.

#### b. Degradação da granulometria

Uma das coisas mais importantes para o correto funcionamento do balastro é a sua granulometria.

Mesmo sendo a rocha utilizada bastante rija o desgaste está inerente à sua utilização, e à medida que o volume de tráfego se acumula surge um desgaste significativo não só na granulometria do balastro, como também no traçado geométrico da via.

Esse desgaste na geometria é então compensado com ações de manutenção denominadas por ataque pesado, que normalmente é efetuado por máquinas especiais de nome atacadeiras, e que consiste na vibração e inserção de balastro por debaixo das travessas enquanto se eleva a via por meio de macacos instalados na mesma máquina.

Este trabalho de melhoramento da geometria tem consequências para a granulometria do balastro, e que à medida do passar dos anos e sucessivos ataques cria uma redução significativa da granulometria do balastro

c. Degradação das banquetas

Com origem normalmente em mão humana, este tipo de ocorrências tem a sua gênese em situações de vandalismo ou de passagem indevida de pessoas pela via.

O resultado deste tipo de ações é o progressivo desguarnecimento das travessas e posterior assentamento da via.

É importante, portanto, a correta proteção da via à circulação de pessoas alheias à manutenção da via férrea, e a rápida reconstrução da banquetta para que a situação não progrida e crie a necessidade de operações mais dispendiosas de manutenção (Figura 4.17).



Figura 4.17 - Lavagem da camada de balastro (Fonte: Eng<sup>a</sup> Maria Peneda)

#### **4.4. Considerações Finais**

Para uma correta implementação das ações de manutenção é importante perceber e identificar os defeitos encontrados, para que se possa solucionar os mesmos sem que haja erros ou má gestão de equipamentos e materiais na fase de planeamento.

Cada tipo de força aplicada na infraestrutura tem uma razão e uma igual à ação na mesma, ação essa que pode gerar um efeito de degradação na via que pode ser diretamente num elemento da infraestrutura ou em vários, sendo importante, portanto a identificação de quais os elementos que estão a sofrer degradação e proceder à sua substituição.

Para além da degradação a nível material é também importante identificar todas as situações inerentes à degradação da geometria de via, identificando quais os fatores que as influenciam e a metodologia para a sua correção.

Um bom acompanhamento da infraestrutura e dos padrões de segurança e conforto da via tornam a mesma mais apetecível ao utilizador e por fim mais rentável não só para o gestor da infraestrutura, como também para o fornecedor dos serviços de transporte.

## **5. AÇÕES DE MANUTENÇÃO DA INFRAESTRUTURA FERROVIÁRIA**

As ações de manutenção a nível da infraestrutura ferroviária têm uma especificidade bastante peculiar e que levam a um fraco conhecimento das mesmas na generalidade do público.

Para um correto planeamento de meios humanos e equipamentos é necessário compreender a metodologia e processos utilizados em todas as ações de manutenção das mais pequenas às mais significativas.

Neste capítulo serão apenas abordadas operações de consideradas nos tipos de manutenção preventiva condicionada ou corretiva, que devido à sua especificidade e maior dificuldade no planeamento se tornam importantes nos aspetos de conhecer e de perceber todos os meandros da sua execução.

Uma incorreta compreensão destes trabalhos e do seu planeamento pode levar a um aumento substancial, não só nos dias de trabalho, como também, e por arrasto, nos custos de execução.

Todas as ações aqui abordadas foram plenamente acompanhadas pelo autor, no campo, sendo então apresentada igualmente uma extensa reportagem fotográfica sobre os processos apresentados.

### **5.1. Ataque Mecânico Pesado e Regularização de Via**

O ataque da via consiste na compactação e consolidação do balastro sob as travessas existentes na infraestrutura, conferindo assim uma maior resistência e sustentação a toda a via.

Esta operação pode ser feita por meios manuais ou mecânicos (ligeiros ou pesados), sendo que neste capítulo será dada ênfase ao ataque mecânico pesado (Figura 5.1), não só devido à sua garantia de um melhor resultado final como também pela eficiência demonstrada em todos os tipos de terreno.

Enquanto metodologia e listagem de processos, o ataque pesado já está amplamente discutido em variadíssima bibliografia existente, no entanto não é dada a importância necessária ao ataque de manutenção de uma via já em exploração.

A nível das operações relacionadas com a manutenção, o ataque pesado segue uma série de critérios que é importante esclarecer, tanto a nível de rendimentos e planeamento dos trabalhos como a nível do controlo de qualidade realizado.

Normalmente um estaleiro de ataque pesado é dotado principalmente com 3 máquinas:

- Atacadeira pesada de via corrida;
- Atacadeira pesada de AMV;
- Regularizadora de balastro.

A necessidade da utilização de duas atacadeiras prende-se, na maioria dos casos, com o rendimento esperado para as máquinas, isto porque existe a necessidade de garantir um desenvolvimento célere dos trabalhos.

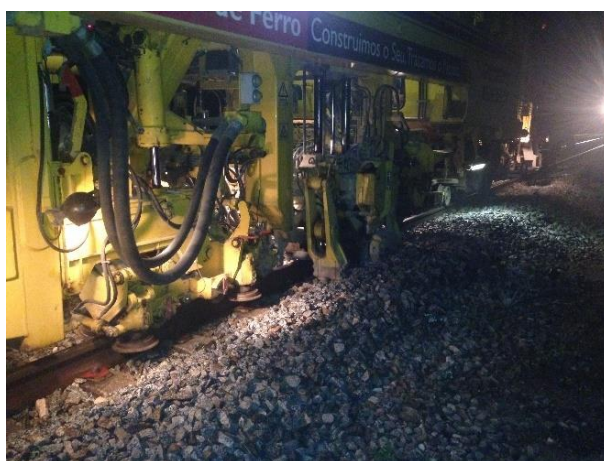


Figura 5.1 - Ataque mecânico pesado em via corrida

Havendo a possibilidade de a atacadeira de AMV executar trabalhos em via corrida o seu rendimento não é comparável, podendo no final a não utilização destes dois equipamentos gerar um substancial custo adicional nos trabalhos realizados e um atraso considerável no planeamento.

Com a utilização de uma atacadeira de via corrida, a diferença principal entre o ataque em via corrida e em aparelhos de mudança de via reside na forma como a via é segura pela máquina para proceder à retificação dos defeitos, isto porque enquanto em via corrida, a máquina segura o carril por meio de uma garra, nos aparelhos, devido à presença das cróssimas e das lanças e contra-lanças, tal não é possível, sendo então um processo mais moroso e que necessita de um trabalhador auxiliar junto à via para indicar a zona correta para segurar o carril e 2 manobreadores na atacadeiras para operarem cada um gancho. Por outro lado, as atacadeiras de AMV possuem grupos de ataque equipados

com pioches (peças que realizam o ataque do balastro) rebatíveis, o que possibilita a operação em zonas de difícil acesso do AMV, tais como a cróssima e as grades de agulha, o que aumenta o rendimento da máquina (Figura 5.2).

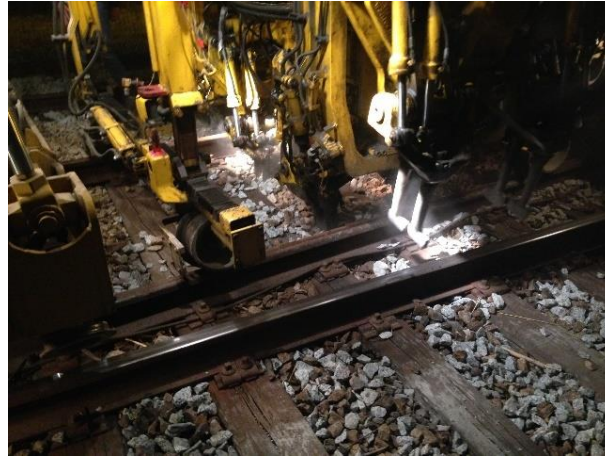


Figura 5.2 - Ataque em AMV na zona da cróssima

É requerido pelo gestor de infraestrutura, e dono de obra, uma forma de garantir que os trabalhos foram corretamente executados, esse controle é então feito por meio de gráficos (Figura 5.3) onde são apresentados valores para:

- Nivelamento longitudinal;
- Nivelamento da fila esquerda e direita (empeno);
- Alinhamento;
- Escala;
- Ripagem.

Valores esses que deverão estar de acordo com as tolerâncias para os parâmetros geométricos apresentadas na normativa IT.VIA.018, que define tais parâmetros.

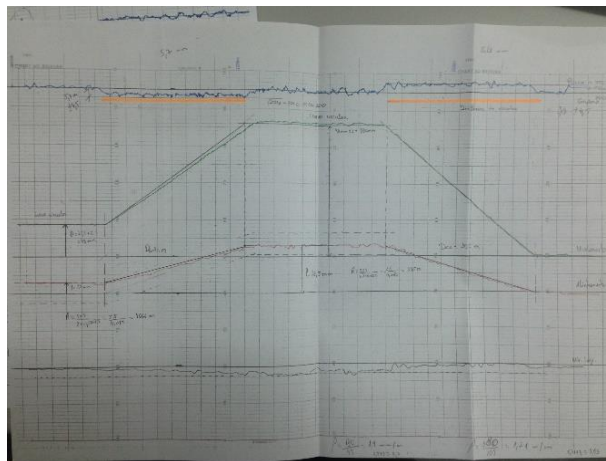


Figura 5.3 - Gráfico gerado pela atacadeira

Em todos os trabalhos de ataque o mesmo deve sempre acautelar, para além da extensão previamente definida, uma rampa de disfarce ao início e fim da extensão de aproximadamente 100 metros para que não hajam descompensações a nível da geometria de via provocados pela execução do ataque.

A metodologia para o ataque mecânico segue a seguinte ordem de trabalhos:

1. Um elemento faz a verificação da via visualmente para determinar os pontos onde é necessária a retificação da geometria da via;
2. A atacadeira passa e faz a retificação necessária à via por meio de garras presas ao carril e de seguida faz a compactação do balastro por baixo das travessas com recurso às pioches;
3. É feita uma medição da via e de todas as suas características geométricas para verificar se ficou tudo conforme foi requisito e de seguida é feita uma medição de altura à catenária para verificar se é necessária alguma retificação dessa parte;
4. Passagem da regularizadora para proceder ao espalhamento e distribuição do balastro em excesso para as banquetas (Figura 5.4).



Figura 5.4 - Estado da plataforma após passagem do ataque pesado

## 5.2. Estabilização Dinâmica de Via

A estabilização dinâmica de via consiste numa operação de carácter situacional e com o objetivo de conferir, conforme o nome indica, uma maior estabilidade à via por meio de uma ação de vibração a uma frequência e velocidades pré-definidas por forma a conseguir uma maior consolidação pós ataque pesado a toda a infraestrutura.



Neste equipamento são apresentados gráficos de registo para:

- Pressão;
- Nivelamento esquerdo;
- Nivelamento direito.

Estes gráficos são igualmente requeridos pelo dono de obra para fazer o controlo de qualidade do trabalho executado.

Os formatos, pressões, frequências e velocidades de estabilização variam de fase de execução para fase de execução, tendo vários valores consoante a obra progride. No entanto e dando a ênfase esperada na manutenção, para os trabalhos de conservação em Portugal, mais precisamente na linha do Norte, são utilizados os valores apresentados (Tabela 4).

Tabela 4 - Valores de tabela para a estabilização dinâmica de via (Fonte: NTV.001)

	<b>Via corrida</b>	<b>AMV</b>
Modo de trabalho	Pressão variável	Pressão variável
Carga Vertical	70 bar (aproximadamente)	50 bar (no carril exterior)
Frequência	30 – 35 Hz	30 – 35 Hz
Velocidade de trabalho	600 – 1300 m/h	600 – 1300 m/h

### **5.3. Soldadura de Carril**

Com a introdução da barra longa soldada na via foi necessário que houvesse, por parte da empresa responsável pela manutenção, a capacidade de proceder à execução de soldaduras que podem complementar ações variadas como a substituição de carril ou a substituição de juntas isolantes.

A execução de soldaduras em regime de manutenção é feita apenas com recurso à soldadura aluminotérmica, isto porque de outra forma haveria uma utilização excessiva e desnecessária de recursos humanos e de máquinas.

A soldadura aluminotérmica enquanto ação de manutenção requer um elevado nível de atenção por parte de todos os intervenientes na obra, isto porque é um procedimento que

implica pessoal especializado e devidamente formado não só no processo de execução, como também no tratamento e encaminhamento dos resíduos provocados no processo.

Também a nível ambiental este procedimento é altamente perigoso, isto porque todos os resíduos provocados pela soldadura são altamente poluentes e necessitam que o encaminhamento seja feito separadamente de todos os restantes detritos produzidos nas restantes ações de manutenção.

No que diz respeito à utilização de equipamentos de proteção individual, os trabalhadores envolvidos na soldadura (soldador e ajudante), têm de estar corretamente equipados com botas especiais para soldador, óculos e caneleiras. Pode ser necessária a utilização também de uma máscara caso as soldaduras sejam feitas em local fechado, pois os gases e fumos produzidos no processo químico da fusão do metal são altamente tóxicos.

A nível do equipamento em si o mesmo é constituído pelos seguintes elementos:

- Moldes cerâmicos;
- Cinta;
- Queimador (com botija de gás propano);
- Pasta de calafetagem;
- Cadinho;
- Guilhotina;
- Esmeriladora;
- Kit de soldadura.

Relativamente ao processo de execução o mesmo é amplamente explicito nas normas técnicas do gestor de infraestrutura, de seguida é apresentada a metodologia de execução:

- Medição da folga entre as extremidades dos carris;
- Alinhamento dos carris com recurso a régua metálica calibrada (Figura 5.6);
- Colocação dos moldes e fixação com cinta;
- Calafetagem do molde (Figura 5.7);
- Pré-aquecimento do carril e molde com recurso a queimador (Figura 5.8);
- Colocação do material granular no cadinho e alinhamento com o molde;
- Ignição e posterior descarga do componente sobre o carril (Figura 5.9);
- Corte do material excedente com a guilhotina (Figura 5.10);
- Esmerilagem da superfície.



Figura 5.6 - Nivelamento dos topos de carril



Figura 5.7 - Colocação do molde e posterior calafetagem

O procedimento de execução deste tipo de soldaduras tem de seguir à risca as normas fornecidas pelo gestor de infraestrutura, sendo a sua fiscalização e inspeção feitas segundo a GR.PR.VIA.006, referente à ação de controlo de qualidade da soldadura em todas as etapas de execução.

A nível do material utilizado a execução das soldaduras aluminotérmicas pode ser feita com 2 tipos de cadinhos, os descartáveis e os não descartáveis. Claro que ambos os tipos têm vantagens e desvantagens, mas é importante perceber quais os pontos fortes de cada um, e principalmente a forma com que se pode tirar o melhor partido de ambos os tipos de cadinho.



Figura 5.8 - Pré-aquecimento do molde



Figura 5.9 - Ignição do material colocado no interior do cadinho

Os cadinhos não descartáveis são os mais utilizados a nível da manutenção de via, isto porque permitem um relativamente elevado número de soldaduras por equipamento.

Este tipo de equipamento leva a um menor custo por unidade de soldadura, no entanto a necessidade de limpeza posterior a cada utilização e a necessidade de arrefecer entre

soldaduras leva a que a sua utilização seja pouco habitual em situações em que seja necessária a execução de um elevado número de soldaduras por noite.



Figura 5.10 - Corte do excedente com recurso a guilhotina

No caso dos cadinhos descartáveis os mesmos representam um custo superior por unidade de soldadura, isto porque os mesmos só podem ser utilizados apenas numa soldadura, no entanto permitem uma maior rapidez na execução das soldaduras e por consequência a possibilidade de permitirem um maior número de soldaduras no mesmo espaço de tempo, quando comparados com o cadinho não descartável.

De seguida é apresentado um quadro resumo (Tabela 5) de pontos positivos e negativos de cada um dos tipos de equipamento.

Tabela 5 - Comparação entre equipamentos para soldadura de carril aluminotérmica

	<b>Pontos positivos</b>	<b>Pontos negativos</b>
Cadinho descartável	Garantia do controlo de qualidade; Fácil utilização; Rapidez de execução.	Custo por soldadura superior; Relativamente frágil.
Cadinho não descartável	Custo por soldadura inferior; Maior robustez.	Necessidade de limpeza após cada utilização; Necessidade de arrefecimento após cada utilização.

Em suma a utilização do cadinho descartável é mais benéfica para trabalhos onde exija uma grande capacidade de resposta por parte dos soldadores, como por exemplo a substituição de carril em grandes extensões.

É importante que, após terminar a soldadura, o soldador responsável pela mesma proceda à sua numeração, colocando também a sua identificação, através de punção, para que de alguma forma se possa proceder à rastreabilidade da mesma.

#### **5.4. Esmerilagem de Carril**

A esmerilagem é um procedimento inerente à manutenção do carril e consiste no nivelamento da superfície de rolamento, por forma a permitir uma superfície plana e homogénea em toda a sua extensão.

Esta ação é realizada em várias situações, derivadas de desgaste do carril ou resultantes de outros trabalhos, tais como a soldadura de carris (Figura 5.11).



Figura 5.11 - Esmerilagem após soldadura do carril

A nível de desgaste, a mesa de rolamento pode ser afetada por várias ações a nível do tráfego circulante ou próprio problema da superestrutura, que provocam um desgaste ondulatório na mesa de rolamento, e que por ação da denominada esmerilagem corretiva podem ser solucionados sem que para isso seja necessário outro tipo de trabalhos mais morosos e dispendiosos.

A correta execução deste tipo de trabalhos é da maior importância, isto porque um mau estudo e identificação das zonas afetadas pode gerar um desgaste desmesurado em zonas que poderiam estar relativamente boas para o tráfego.

O processo de esmerilagem preventiva é feito tendo em conta que se pode retirar entre 0,20 mm e 0,30 mm de altura da cabeça do carril.

Por esta razão a gestora de infraestrutura IP tem instruções técnicas para o procedimento de medição da geometria do carril e execução dos trabalhos de esmerilagem, sendo então a IT.VIA.007 para procedimento de medição contínua do carril e a ITV.008 para medições pontuais.

A operação da esmeriladora é efetuada por apenas um trabalhador que terá de estar equipado, não só com as botas e roupa refletora, como também com óculos de proteção devido ao elevado número de fagulhas produzido no processo de esmerilagem.

### **5.5. Substituição de Carril**

A substituição de carril é um procedimento que, devido à dimensão do material, necessita do cuidado planeamento de carga e descarga de antemão. Isto porque o transporte, podendo ser de camião (barra curta) ou de comboio carrileiro (barra longa), é feito num sistema de sobreposição de barras o que pode gerar problemas significativos na fase de descarga do mesmo.

A necessidade de substituição de um troço de carril pode dever-se a vários fatores, entre os quais:

- Reparação de fratura no carril;
- Reparação de deformação no carril;
- Colocação ou substituição de JIC;
- Substituição de fila alta desgastada.

Independentemente da razão para a substituição do troço de carril é sempre necessário proceder ao corte da barra em dois topos para que se possa proceder à colocação de um troço de carril (fecho) com um tamanho pré-determinado.

A dimensão do fecho a colocar vai depender em muito da proximidade a uma soldadura previamente feita, sendo importante o correto espaçamento entre soldaduras para que não haja um acumular de pontos fracos no troço em questão.

No momento do corte do carril, e assumindo que o mesmo se encontra previamente regularizado para a temperatura de 30 °C, é inevitável a formação de uma junta, com folga de dimensão variável, conforme a temperatura que se registe na altura do corte.

O comprimento da mesma varia entre os 10 mm e os 20 mm, podendo excecionalmente chegar aos 50 mm em casos muitos específicos.

Por tudo isto é que a Norma Técnica 4b aconselha que a execução do corte no carril em barra longa soldada seja executado a uma temperatura próxima da temperatura de equilíbrio.

A substituição de um troço de carril pode ser feita numa amplitude de comprimentos de barra bastante extensas, sendo então a sua utilização dependente do tipo de ação que se pretende solucionar, envolvendo as seguintes soluções:

- Substituição de um troço curto de carril (entre seis a dezenas de metros);
- Substituição de um troço comprido de carril (centenas de metros).

### **5.5.1. Substituição de um troço curto de carril**

A execução deste tipo de substituição prende-se unicamente com situações de grande urgência e em que é necessária a resolução do problema num curto espaço de tempo. Estes troços são também significativamente menos dispendiosos e requerem menos logística, isto porque existe normalmente nos estaleiros tanto do gestor de infraestrutura como do prestador de serviços, troços de carril de dimensões reduzidas por forma a acautelar a celeridade deste tipo de trabalhos.

Na fase de corte do carril para estas situações é necessário ter especial atenção no espaçamento e distância entre cortes, para que seja acautelado não só o espaço para a barra como também para as duas soldaduras que serão executadas.

Para que os cortes sejam executados de uma forma correta pode-se seguir dois procedimentos distintos:

- Com a barra inteira (sem fratura);
- Com a barra cortada (ou fraturada).

Com a barra inteira é tido em conta o comprimento do fecho a colocar mais o espaçamento para as duas soldaduras ( $\pm 50$  mm). Com a barra previamente cortada, ou fraturada, é necessário ter em conta o comprimento do fecho e o espaçamento para as duas soldaduras ( $\pm 50$  mm) adicionado da dimensão da lacuna.

A nível do método de execução, o mesmo compreende os seguintes passos:

1. Preparação do troço de carril, tendo que ter o mesmo desgaste lateral que a barra onde se encontra a zona a substituir;
2. Colocação do tensor hidráulico;

3. Marcação das linhas de corte no carril existente para que os topos estejam localizados no vão das travessas, mas afastados no mínimo de 2 metros da soldadura adjacente;
4. Execução dos cortes no carril;
5. Colocação do fecho e execução da primeira soldadura;
6. Libertação da barra num comprimento de 50 metros para cada lado e regularização das tensões internas da mesma;
7. Aperto das fixações da barra;
8. Execução da segunda soldadura;
9. Retirada do tensor.

### **5.5.2. Substituição de um troço comprido de carril**

Para a substituição de troços longos de carril é necessário um cuidado planeamento e gestão de recursos, muito devido à dimensão do material e a necessidade de recorrer a maquinaria pesada para a movimentação das barras.

Este trabalho é feito para situações de desgaste da fila alta em grandes extensões ou substituição de ambas as filas também devido a desgaste.

A execução deste tipo de trabalhos é feita em duas fases principais, numa primeira é feita a substituição das barras e posteriormente é feita a regularização de tensões de todo o troço.

A nível do método de execução, o mesmo compreende os seguintes passos:

1. Descarga e preparação das barras novas;
2. Marcação das linhas de corte no carril existente;
3. Cortar e retirar a barra velha por troços, para minimizar o esforço na movimentação das barras para estaleiro. O corte entre a barra a substituir e a que vai ficar é feito em último lugar, começando desta forma a executar os cortes de dentro para fora;
4. Colocação de palmilhas novas e assentamento do carril novo;
5. Execução das soldaduras, deixando uma junta por soldar para posterior regularização de tensões;
6. Medir e registar a temperatura de fixação da barra;
7. Regularização das tensões internas da barra.

A regularização neste tipo de substituição é em tudo semelhante a uma regularização em troço curto, com a única diferença que na fase de cálculo do comprimento de alongamento terá de se ter em conta também a distância que a barra velha recuou na altura do corte, adicionar essa distância ao comprimento do alongamento e estabelecer estações de controlo da distribuição do alongamento, ao longo da extensão a regularizar.

No caso português os carris são fornecidos pelo gestor de infraestrutura, sendo então a garantia da qualidade da sua inteira responsabilidade (Figura 5.12).



Figura 5.12 - Metodologia de numeração das barras utilizado pela IP

Antes de iniciar todo o procedimento de substituição é necessário criar um plano de carga e assentamento, com vista a facilitar todo o processo de carga e descarga das barras.

Dependendo do número de vias e/ou filas é necessário que o comboio de pórticos tenha os carris dispostos de forma a que, à medida que o mesmo vai fazendo a descarga, os carris se encontram seguidos e corretamente identificados por forma a facilitar a tarefa de descarga (Figura 5.13).

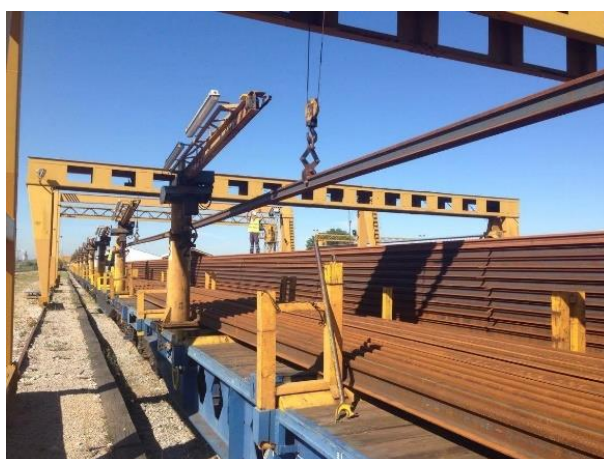


Figura 5.13 - Carregamento das barras para o comboio de pórticos

Um comboio de pórticos pode levar até um total de 42 barras de 144 metros no caso de ser carril de 54 kg/m e 29 barras de 144 metros no caso de se tratar de carril de 60 kg/m sendo, portanto, importante um correto planeamento da carga no comboio.

É também importante ter em conta, na fase de planeamento do comboio de carga, o lado para o qual os pórticos se encontram na altura da descarga, isto é, é necessário que os pórticos estejam virados para a fila direita da via, sendo desta forma feita a descarga para o exterior da mesma (Figura 5.14).

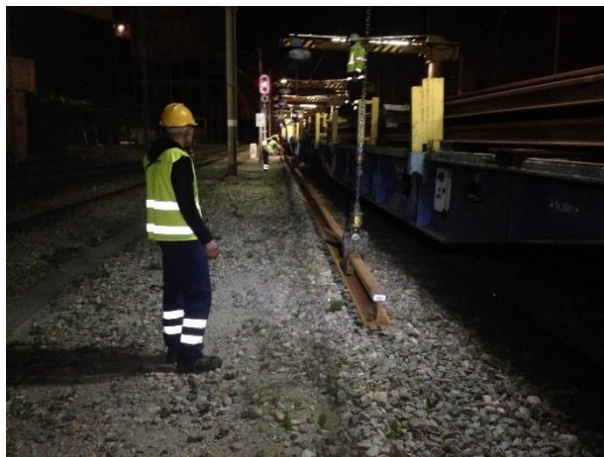


Figura 5.14 - Descarga de carril

Este tipo de trabalho pode também ser executado sem planeamento prévio no caso de se tratar de uma ocorrência de carácter urgente tal como o é o caso de se encontrar uma fratura numa secção de carril.

Nestes casos é então substituída a secção partida por outra de menor dimensão (36, 18 ou 12 metros) por forma a acelerar o processo de substituição.

O processo de substituição é similar para os dois casos mencionados, sendo o procedimento e os cuidados a ter, semelhantes.

O carril pode ser colocado na via com auxílio de tenazes ou de pórticos posicionadores, mas independentemente da ferramenta utilizada, tem de existir sempre o cuidado por forma a garantir:

- Os parâmetros de assentamento dos carris;
- Deixar a face ativa do carril para o interior da via;
- Correta colocação das palmilhas.

Para o carril antigo é necessário que se crie também um plano de carga, plano esse que poderá sofrer alterações relativamente ao tipo de carril, isto porque poderá haver carril

para reaproveitar e carril para destruir, e essa seleção terá de ser previamente feita e definido qual o tamanho das barras.

## **5.6. Execução de Juntas Isolantes**

As juntas isolantes são utilizadas em locais onde a tração dos comboios seja elétrica ou onde haja instalações elétricas para a manobra das agulhas dos AMV ou para a sinalização.

Nestes casos é então necessário garantir um correto isolamento elétrico da restante secção de carril adjacente para que não haja uma passagem desnecessária e, por vezes, prejudicial de corrente.

Estas juntas podem ser de dois tipos principais:

- Juntas Isolantes Normais (JIN) – Utilizadas normalmente em via de barra curta, este tipo de juntas é composto por um topo isolador e barretas com capacidade isoladora de madeira lamelada.
- Juntas Isolantes Coladas (JIC) – Utilizadas normalmente em via de barra longa, é composto igualmente por um topo isolador e por barretas que, neste caso, são de aço envoltas em telas isolantes. De modo a conferir uma maior capacidade resistente e isolante às barretas as mesmas são coladas aos carris por meio de resina epóxi.

Para a correta aplicação destes dois tipos de juntas é fornecido por parte da gestora da infraestrutura um manual técnico de via destinado a informar a entidade executora do método de execução das mesmas.

Hoje em dia, a utilização de JIN já não é feita com frequência sendo apresentada apenas a metodologia de execução e aplicação de uma JIC.

Para isso são tidas em conta as instruções técnicas definidas no documento de nome MT.VIA.007, e que representa o manual de aplicação de kits de JIC ‘in situ’.

Antes de mais serão explicados os métodos de execução utilizados para a elaboração das JIC, tendo em conta que os mesmos dependem da especificidade de cada trabalho.

As JIC têm a particularidade de poderem ser feitas de duas maneiras distintas:

- No local de aplicação;
- Em estaleiro.

Sendo o método de execução das mesmas similar, existem algumas distinções na fase inicial e nos cuidados a ter na preparação do trabalho.

Se para as JIC executadas 'in situ' é necessário ter em conta a restrição de espaço de trabalho e o tempo de seca do material, para as executadas em estaleiro é necessário que o local utilizado para a execução do trabalho seja plano e ofereça uma correta estabilidade e nivelamento a ambas as pontas para que não haja possíveis erros de execução.

Posteriormente à preparação dos trabalhos todo o método de execução é similar e será de seguida apresentado de uma forma sintetizada.

#### a. Preparação do Carril

Inicialmente é feita uma correta e cuidada limpeza da zona do carril onde a JIC será aplicada, por forma a remover a superfície oxidada, e quaisquer vestígios de gordura ou oleosidade que possam afetar a aderência da cola (Figura 5.15).

Para este efeito é utilizada uma rebarbadora equipada com disco de limpeza abrasivo ou escova metálica.



Figura 5.15 - Limpeza do carril

De seguida é feita a marcação e furação do carril para colocação das barretas. Esta furação é feita de acordo com o auxílio de uma máquina de furar carris (Figura 5.16).



Figura 5.16 - Furação do carril

As medidas para a furação são dadas no manual acima mencionado e apresentadas no seguinte quadro (Tabela 6):

Tabela 6 - Dimensões da Furação do Carril (Fonte: MT.VIA.007)

<b>Carril</b>	<b>Métrica</b>	<b>Furação</b>
54E1	M27	34,5 mm
60E1	M27	34,5 mm

Por fim, e modo a retirar a gordura ou oleosidade que possa ter ficado no carril nesta fase de escovagem e furação, é então feita uma limpeza da secção com um qualquer dissolvente químico, secando-se posteriormente a secção limpa.

De referir que também as barretas utilizadas têm de ser limpas por forma a garantir uma correta execução da JIC.

#### b. Montagem da Junta

Este processo é feito em quatro passos distintos e que têm de seguir escrupulosamente as instruções, sobre pena de uma deficiente execução da JIC.

Primeiro é feito um ensaio da aplicação da junta e colocação do topo isolador de separação, isto porque a cola sendo de secagem rápida confere pouca margem para erro ao executante da mesma.

De seguida é feita a mistura da cola (Figura 5.17), cola essa que é composta por 2 reagentes, um líquido e um sólido, e que após uma correta e minuciosa mistura, tem de ser imediatamente aplicada sobre as barretas (Figura 5.18).



Figura 5.17 - Mistura da cola

Posteriormente é feita a colocação das barretas no local destinado e fixação por meio dos parafusos, tendo sempre atenção neste passo para o correto espalhamento da resina por toda a área afeta às barretas.



Figura 5.18 - Aplicação da cola na barreta

Por fim é feito o aperto e posterior limpeza da resina em excesso, para isso é utilizada uma chave dinamométrica para que se possa assegurar o correto aperto da fixação segundo a força de aperto definida pelo Manual Técnico (Figura 5.19).



Figura 5.19 - Aperto dos parafusos com chave dinamométrica

O aperto dos parafusos é feito segunda uma ordem definida para que a barreta assente no carril de forma equilibrada e nivelada. Para isso é feito um aperto cruzado dos parafusos conforma explicitado na instrução técnica.

De seguida é retirado o excesso de resina e limpa toda a área do carril trabalhado.

Por fim é importante referir que após a execução da junta é necessário aguardar pelo menos 12 horas para que a resina possa secar corretamente, nesse tempo não é permitida a passagem de qualquer veículo pela zona.

A sua aplicação posterior na via é feita como uma substituição de carril normal conforme explicado no ponto assim denominado.

### **5.7. Corrimento de Carril**

Antes da introdução da barra longa soldada na via férrea a utilização de barras era restringida apenas ao comprimento de 36 metros ou inferior, a utilização deste comprimento específico de barras deve-se em muito à tecnologia existente na altura.

Este procedimento, que é seguido apenas na chamada ‘via clássica’ resume-se à movimentação de troços de carril, de normalmente 36 metros, por forma a permitir folgas de dimensões estipuladas na regulamentação possibilitando assim a libertação de forças por parte do carril em questão.

A ligação entre carris é feita por meio de barretas e parafusos que permitem uma folga entre os topos dos dois carris, não deixando que os mesmos caminhem excessivamente.

Este método tem as suas desvantagens, isto porque no caso de ser mal-executado ou a fixação não conferir ao carril uma correta pregação à restante infraestrutura, pode provocar um fenómeno denominado por caminhamento do carril.

Existem várias formas de garantir que tal não aconteça, e para que o caminhamento seja mitigado ao máximo é necessário que todos os elementos da infraestrutura estejam em boas condições.

De uma forma geral este acontecimento pode gerar as seguintes consequências:

- Folgas exagerada, que iram provocar um esmagamento no topo dos carris por parte dos rodados dos comboios;
- Inexistência de folgas (‘folgas topadas’), que podem provocar garrotes na via derivado da dilatação dos carris com temperaturas altas;

- Desquadramento de travessas, que pode gerar o descontrolo do AMV, dificultando assim a sua manobra;
- Perda de qualidade da pregação.

A alteração da dimensão das folgas é resultado do caminhamento dos carris, sendo esse fenómeno originado por fatores derivados da variação de temperatura, mas que podem ser agravados pelas seguintes ações:

- Esforços longitudinais produzidos pelos veículos (frenagens e acelerações);
- Zonas de plataforma instável;
- Zonas com pregação deficiente;
- Mau estado das travessas.

As zonas onde o caminhamento se produz de uma forma significativa e contínua são denominadas por zonas de caminhamento sistemático. Estas zonas requerem sinalização e atenção redobrada.

As folgas das juntas devem ser de dimensão tal que as mesmas não devam ser anuladas pela ação de determinada temperatura. Essa temperatura é definida como temperatura de fecho, e é apresentada como a temperatura a que se deve dar a anulação das folgas dos carris (Figura 5.20).



Figura 5.20 - Medição da temperatura do carril

Para que as folgas sejam corretamente estabelecidas é então observada uma norma para este procedimento designada por ITV nº 4 e que para além de explicitar o método de execução do corrimento, apresenta também um quadro onde define o valor das folgas consoante a temperatura de fecho e o seu comprimento.

Em adição ao quadro é também apresentada a fórmula de cálculo utilizada e que pode também ser utilizada em obra, caso o executante assim o queira.

$$F = (T - t) \times L \times 0,0105 \text{ [mm]}$$

F – Dimensão da folga

T – Temperatura de fecho

t – Temperatura do carril

L – Comprimento do carril

0,0105 – Coeficiente de dilatação do aço

Para a correta execução do trabalho é então estipulada nesta norma a seguinte ordem de trabalhos:

1. Medição das folgas e temperatura do carril um dia antes, com auxílio de um termómetro e de uma cunha graduada, no sentido crescente da quilometragem;
2. Cálculo das correções para estabelecimento de um plano de trabalhos por forma a permitir um correto faseamento corrimentos e permutações de carris e possível quadramento das juntas caso seja necessário;
3. Execução dos trabalhos com especial cuidado para, caso seja necessário, proceder à retirada de fiadores e posterior substituição dos mesmos após a retificação das juntas em causa.

As inspeções às folgas devem ser feitas em alturas em que se registem temperaturas amenas, ou seja, até ao final do mês de abril, podendo as mesmas prolongar-se de 15 de maio a 15 de setembro em zonas de caminhamento sistemático.

As tolerâncias nos valores das folgas a quando da inspeção, não precisam de respeitar as estabelecidas na fase de assentamento, sendo apenas obrigatório o cumprimento das tolerâncias fixadas na ITV nº 4.

O corrimento corretivo do carril pode ser feito, tanto manualmente por meio de alavancas, como com auxílio de macacos hidráulicos (Figura 5.21).

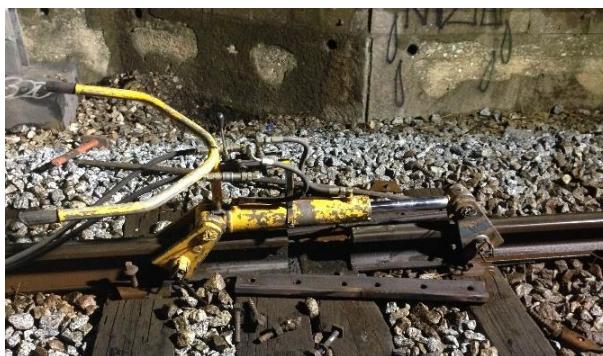


Figura 5.21 - Corrimento de carril com equipamento mecânico

A metodologia para se verificar se as folgas se encontram dentro das tolerâncias segue a seguinte ordem:

1. Medição e registo das folgas de uma extensão considerável, se possível superior a 250 metros;
2. Medição da temperatura do carril;
3. Somatório das folgas por conjuntos de 100 metros de carril;
4. Comparação da soma obtida em cada conjunto com o valor indicado na tabela de tolerâncias.

### **5.8. Regularização de Barra Longa Soldada (BLS)**

A introdução da barra longa soldada, na década de 60, veio responder a um problema existente na via tradicional e que se prendia com a contração e dilatação das barras curtas e posterior desregulamento das folgas previamente definidas.

Este acontecimento é devido às variações de temperatura no carril por ação dos vários agentes climáticos, e que geram contrações em tempo frio e dilatações em tempo quente na barra, e que provocam então a deslocação da barra num dos sentidos.

A barra longa soldada veio então combater estas deformações com o exercer de forças de compressão em tempo quente e de tração em tempo frio. Forças essas que podem chegar às 100 toneladas em carril de 60 kg/m.

É importante perceber que não é só devido ao carril que se conseguem contrariar estas deformações, é também muito devido aos restantes elementos da superestrutura de via que com a introdução da barra longa tiveram que evoluir de forma significativa.

Com a criação da barra longa foi também introduzida a travessa de betão, bi-bloco ou monobloco, mais pesada, que permite um maior suporte e estabilidade na via e uma maior

solicitação ao balastro para contrariar movimentos longitudinais, como também componentes de fixação mais resistentes e assertivos no aperto.

É, então, graças ao conjunto completo da superestrutura que a barra longa não cria ocorrências de garrotes no verão ou fraturas no inverno.

De uma forma matemática este fenómeno é, de alguma forma, explicado pela equação da deformação linear, pois é com esta formulação que é possível exprimir o alongamento ou encurtamento gerado numa barra em regime de ‘dilatação livre’.

$$\Delta L = L \times \alpha \times \Delta T$$

No presente caso dos caminhos de ferro o estudo não pode ser feito de forma tão linear, sendo por isso necessário ter em conta, também, fenómenos que contrariam estes movimentos, por parte das fixações, travessas e balastro.

Estes fenómenos geram uma força externa e que para efeitos de cálculo é denominada por P, podendo então esta força contrariar e mesmo anular os movimentos provocados pelas variações de temperatura.

$$P = \frac{E \times S \times \Delta L}{L} = E \times S \times \alpha \times \Delta t$$

Em que S corresponde à secção do carril e E ao módulo de elasticidade do aço.

Por sua vez, a aplicação desta força externa P, gera no interior do carril uma tensão de grandeza P/S de compressão ou tração consoante o valor da temperatura esteja a aumentar ou diminuir.

$$\frac{P}{S} = E \times \alpha \times \Delta t$$

Desta forma é então perceptível que tanto a força externa P como a tensão interna P/S são independentes do comprimento da barra variando, portanto, apenas com as características do carril e as variações térmicas.

Conforme acima referido, a força P está relacionada com as forças externas contrárias introduzidas por parte dos restantes elementos da superestrutura, o que não foi dito é que essa força é aplicada toda nas travessas de forma independente.

Cada travessa apresenta uma força externa f que isolada não tem capacidade de compensar os movimentos exercidos pelo carril, mas que em conjunto com a das restantes travessas consegue contrariar as forças internas do carril gerando uma zona, designada

por zona neutra, onde as forças internas e externas se encontram em equilíbrio e os movimentos estão desta forma impedidos.

Na BLS existe, ainda, uma zona localizada em cada uma das pontas da barra longa onde o conjunto dos elementos de fixação não têm capacidade de sustentar os movimentos internos do carril na sua totalidade, sendo esta zona denominada de zona de respiração (Figura 5.22).

A extensão desta zona de respiração depende em grande parte do tipo e qualidade dos elementos de fixação aplicados na via e também das variações de temperatura verificadas na zona.

Os movimentos gerados pela incapacidade de sustentar as deformações das barras podem atingir amplitudes da ordem dos 200 mm, cabendo então aos aparelhos de dilatação colocados nas extremidades da BLS a tarefa de os absorver.

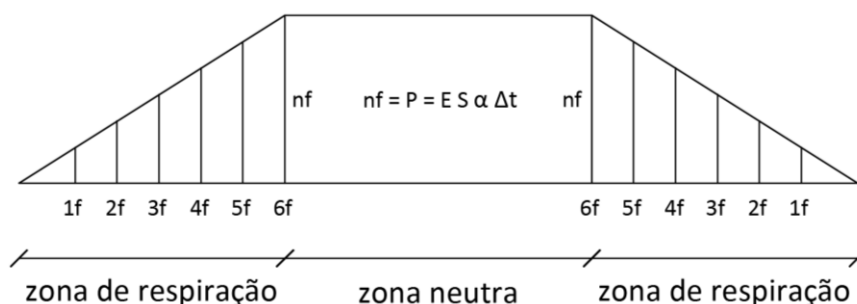


Figura 5.22 - Caracterização das diferentes zonas da BLS

Designa-se por temperatura de equilíbrio aquela em que as deformações são inexistentes e as tensões internas nulas, e considera-se que o valor dessa temperatura é, em Portugal, da ordem dos 30 °C. Acima desta temperatura são geradas tensões de compressão no carril e abaixo tensões de tração.

Devendo, portanto, a fixação definitiva da BLS ser feita à temperatura de equilíbrio, por forma a salvaguardar quaisquer erros de assentamento gerados pelas deformações das barras.

Na prática, raramente é possível fazer o assentamento de barras a 30°C devido à impossibilidade de controlar a temperatura na barra durante todo o processo de assentamento. Foi então em resposta a esta dificuldade que se criou um processo denominado por regularização de tensões internas da barra longa soldada.

Este processo tem como principal objetivo o de conferir à BLS o comprimento correspondente a 30 °C independentemente da temperatura a que a mesma esteja, e segue, de uma forma resumida, a seguinte metodologia:

- Libertar a barra despregando-a, colocando-a sobre roletes e vibrando a mesma para que não haja qualquer tipo de força externa a prender;
- Colocar a barra ao comprimento equivalente de 30 °C pela ação da temperatura ou tracionando-a com tensores hidráulicos;
- Fixar a mesma em definitivo.

Esta operação só é feita numa fase final dos trabalhos após a via estar na sua posição definitiva e todos os trabalhos de ataque e estabilização estarem feitos, por forma a evitar novas tensões geradas por movimentação da estrutura da via.

Conforma descrito acima, a regularização pode ser feita de duas formas, ou por ação da temperatura ou por ação mecânica com recurso a macacos hidráulicos.

Por ação da temperatura pode ser usado o aquecimento natural do sol ou com recurso a queimadores, ambos estes métodos são pouco eficazes e morosos sendo a sua utilização extremamente diminuta.

O método de regularização é muito simples e consiste na colocação de termómetros no carril por forma a medir a temperatura, sendo então estabilizadas nos 30 °C até que se consiga fazer o aperto completo da secção.

No caso da ação mecânica por parte dos macacos hidráulicos, tal já não se passa, a regularização é feita de uma forma expedita e de alta fiabilidade, podendo ser executada numa noite a regularização de um troço de 500 a 1000 metros.

Para este método é necessário recorrer a cálculos expeditos de forma a que se consiga, independentemente do comprimento e temperatura a que a barra se encontra, chegar ao comprimento correspondente à temperatura de equilíbrio a 30 °C.

Para isso é utilizada a seguinte fórmula:

$$AL = L \times (T - t) \times 0,0105$$

Em que o valor do alongamento em milímetros (AL) é dado em função do comprimento inicial da barra (L), da diferença entre a temperatura de regularização (T) e a temperatura da barra no instante (t) e o coeficiente de dilatação térmica linear do aço (0,0105).

A ordem de trabalhos para a execução da regularização de barras pelo método de macacos hidráulicos segue a seguinte ordem:

1. Colocação do termómetro no carril na zona de regularização;
2. Definição da variação de comprimento da barra com base na fórmula de cálculo;
3. Marcação na patilha do carril e travessa, de 50 em 50 metros, do valor do aumento de comprimento da barra em cada um dos locais de controlo;
4. Corte da barra para criação da junta de regularização, caso a mesma não exista, numa extensão de AL adicionada da espessura da soldadura de fecho;
5. Desaperto das fixações na zona a regularizar de ambos os lados da junta, colocação de roletes entre a patilha do carril e a travessa, de 10 em 10 travessas e martelamento das barras;
6. Colocação do macaco hidráulico na junta;
7. Tensionamento das barras em conjunto com o martelamento das mesmas;
8. Aperto das secções de 50 metros quando as mesmas chegarem aos pontos de equilíbrio;
9. Execução da soldadura na junta;
10. Desaperto dos macacos hidráulicos após arrefecimento da soldadura.

### **5.9. Substituição de Travessas**

A substituição de travessas pode ser feita manualmente ou com recurso a máquinas, sendo o seu rendimento substancialmente diferente consoante o recurso utilizado.

Atualmente a substituição manual de travessas está praticamente extinta, estando apenas circunscrita às seguintes situações:

- Pequenas distâncias;
- Travessas de aparelhos de mudança de via;
- Zonas muito apertadas (túneis e pontes).

Esta situação deve-se em muito à alteração do tipo de travessa utilizada, visto o peso da travessa em betão ser mais de o dobro da travessa em madeira, e por essa razão ser impossível e perigoso até o transporte das mesmas por 2 homens, como era feito para as travessas de madeira.

A nível mecânico a substituição é feita com auxílio de máquinas denominadas por ‘vaia car’, podendo as mesmas serem carriladas por forma a garantir uma melhor mobilidade e

segurança, e que vêm equipadas com baldes próprios para proceder ao desguarnecimento e retirada da travessa (Figura 5.23).

Esses baldes são também utilizados nos desguarnecimentos e têm um sistema de regulação da profundidade de escavação para que, de uma forma simples e assertiva, se possa proceder à execução do trabalho em mãos.

A remoção das travessas é feita manualmente ou pela máquina, dependendo novamente do tipo de travessas a retirar.



Figura 5.23 - Balde para remoção de balastro

A execução deste tipo de trabalhos não significa que todo o material substituído esteja obsoleto ou totalmente danificado, sendo por vezes, tanto as travessas como o balastro, aproveitados, as travessas numa fase posterior em outra obra e o balastro na altura para este trabalho.

As travessas são sujeitas a uma inspeção prévia por parte do gestor da infraestrutura em conjunto com o executante, para que se possa identificar e separar as travessas que possam vir a ser reutilizadas e as totalmente obsoletas.

Normalmente os lotes são denominados por:

- Lote X
- Lote A

Independentemente do lote as travessas são todas encaminhadas para local próprio a definir pelo gestor da infraestrutura, para que se possa efetuar à posteriori uma inspeção mais cuidada a cada uma das travessas por forma a aferir a sua qualidade.

No caso do balastro, o mesmo será também inspecionado antes da obra, não obstante, se definir uma quantidade prévia de balastro novo a utilizar para que se possa acautelar a fraca qualidade do balastro subjacente à via e que não se consegue verificar antes.

No caso de o balastro ser aproveitado, normalmente a substituição baseia-se na movimentação do balastro da secção adjacente para a posterior, para que de uma forma simples se possa manter a continuidade no trabalho.

Neste tipo de trabalhos é necessária uma visita ao local e um correto planeamento, para que se defina um local de armazenamento das travessas novas, das que vão sair, do balastro velho caso o mesmo vá sair e do balastro novo caso seja necessário, isto para permitir o mínimo de movimentações possível por parte da máquina ou homens.

Nesse planeamento tem também que se garantir que tanto o balastro novo como as travessas novas estejam armazenadas num local onde não sejam alvo de vandalismo.

#### **5.9.1. Substituição em via corrente**

O método de execução varia consoante, não só o tipo de equipamento e manobrador disponível, como também o local onde decorra a substituição. Mas de uma forma geral a metodologia da substituição de travessas por meios mecânicos segue uma metodologia bastante semelhante:

1. Marcação prévia, na patilha do carril, do espaçamento entre travessas;
2. Desaperto das travessas a substituir;
3. Remoção de balastro na zona das travessas a substituir;
4. Remoção de um grupo de travessas (normalmente 5 de cada vez) (Figura 5.24);
5. Colocação de travessas novas e aperto das mesmas (Figura 5.25);
6. Colocação do balastro na zona substituída (Figura 5.26);
7. Ataque do troço intervencionado.

A marcação do espaçamento é feita segundo o eixo da travessa ou, na maioria dos casos, segundo o local da pregação. Esta marcação é feita com tinta branca que não saia com facilidade, para que na fase de colocação das travessas novas haja um guia para o posicionamento das mesmas.



Figura 5.24 - Remoção da travessa existente

Na fase de remoção é necessário que, independentemente do método utilizado, se consiga proceder à remoção do balastro existente até 5 cm abaixo da serragem da travessa a colocar.



Figura 5.25 - Colocação de travessa nova e posterior aperto

Esta definição de profundidade permite não só uma correta e fácil colocação da travessa, como também uma melhor execução do ataque que irá ser feito após a substituição total do troço.

Como a remoção de balastro não é tão interventiva como no desguarnecimento o ataque não é necessário, em muitos casos, logo após a execução de um pequeno troço. Podendo desta forma a via sustentar o tráfego diário até que se termine o troço completo e aí sim se faça um ataque pesado e, caso seja esse o caso, com estabilização dinâmica, seguido de regularização da BLS.



Figura 5.26 - Colocação de balastro

### 5.9.2. Substituição em pontes e pontões

*“Uma ponte é uma obra de arte destinada a dar passagem a uma via de comunicação por sobre um rio, um vale profundo ou outra via de comunicação.”* (Cruz & Santos, 2009a)

A principal diferença entre pontes e pontões prende-se com a extensão da obra de arte, se a mesma for superior a 10 metros então é ponte, caso contrário é designada de pontão.

As pontes podem ser ou não balastradas, sendo que se irá dar a ênfase principal nas pontes não balastradas. Esta atenção prende-se com a peculiaridade tanto do método de execução deste trabalho, como também com os materiais executados, visto as fixações e travessas serem significativamente distintas (Figura 5.27).

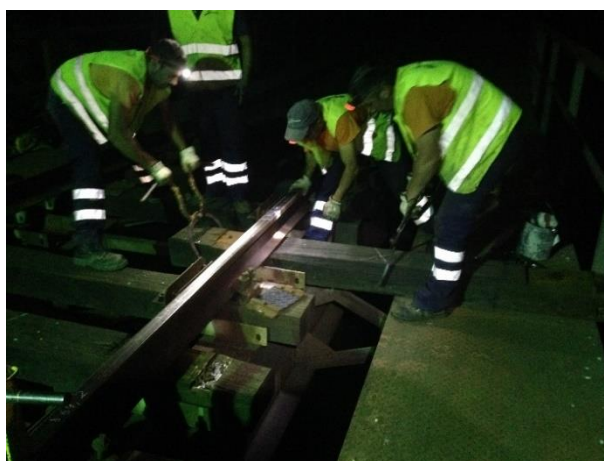


Figura 5.27 - Remoção da travessa antiga

A fixação das travessas é feita por meio de cantoneiras apoiadas e soldadas sobre as vigas da ponte, cantoneiras essas que podem ser de vários formatos, mas que por norma são em L ou em formato retangular segurando assim a travessa no local pré-estabelecido.

É então colocada uma palmilha especial entre a cantoneira e a travessa que é então fixada ao local por meio de fixações especiais que abrangem a cantoneira e a travessa, por meio de um material denominado de prisioneiro que segura a travessa a uma cantoneira superior por meio de tensão.

Normalmente este tipo de trabalho é executado manualmente, exigindo assim um redobrado número de homens e um rendimento substancialmente inferior.

A principal diferença entre a substituição de travessas em via balastrada e em ponte, onde a via não é balastrada, é a introdução de macacos hidráulicos no auxílio do levantamento da linha (Figura 5.28), para que desta forma se consiga retirar a travessa antiga e colocar a nova (Figura 5.29).

Normalmente neste tipo de travessa tanto a sabotagem, como a furação para o prisioneiro são feitas no local ou previamente em estaleiro, isto para permitir que se possa compensar quaisquer desníveis resultantes da variação de altura nas várias chapas das longarinas existentes nas pontes.



Figura 5.28 - Elevação da via por meio de macaco hidráulico

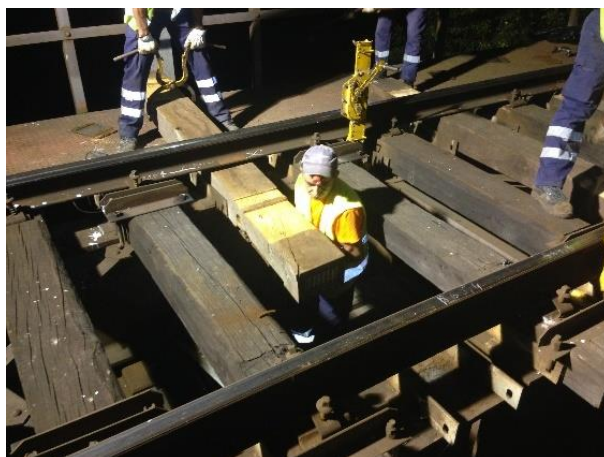


Figura 5.29 - Colocação de travessa nova

### **5.10. Desguarnecimento pontual de Via**

O desguarnecimento, enquanto operação de manutenção, segue de uma forma muito aproximada os procedimentos utilizados para a substituição de travessas.

No entanto, este procedimento vem responder a uma série de problemas a nível da estabilidade da via que mais nenhum tipo de ação tem possibilidade de resolver.

Uma das situações mais habituais para a decisão de desguarnecer uma dada secção de via, prende-se com a incapacidade de sustentação por parte da plataforma ou mesmo das camadas suprajacentes, incluindo o balastro.

Este fenómeno pode ser explicado por variadíssimos fatores, tais como:

- Infiltrações ou incapacidade de drenagem da água;
- Desgaste do balastro;
- Carregamento excessivo exercido por parte do tráfego circulante.

Excessiva poluição do balastro. Cada um destes fatores gera uma solução diferente, isto porque, dependendo do tipo de problema encontrado, pode ser necessário fazer a substituição de balastro ou travessas, ou a aplicação de uma manta geotêxtil entre o balastro e a plataforma para a proteção contra a água.

Independentemente da solução escolhida, no desguarnecimento pontual para a manutenção, tratando-se de trabalhos em troços de pequena extensão, os equipamentos utilizados são exatamente os mesmos que para a substituição de travessas.

A profundidade de desguarnecimento varia consoante o trabalho a fazer e a altura da camada de balastro existente, mas normalmente é feito a uma profundidade de 30 cm abaixo da serragem da travessa (Figura 5.30).



Figura 5.30 - Plataforma após desguarnecimento

A metodologia para o desguarnecimento de uma via em troço corrente passa por:

1. Marcação prévia do espaçamento entre travessas;
2. Desaperto e retirada das travessas;
3. Remoção do balastro;
4. Colocação de manta geotêxtil, caso seja necessário (Figura 5.31);
5. Recolocação das travessas e aperto das mesmas;
6. Colocação de balastro novo (Figura 5.32);
7. Ataque do troço intervencionado.



Figura 5.31 - Colocação de manta geotêxtil sob a camada de balastro



Figura 5.32 - Descarga de balastro novo por meio de “dumper”

Ao contrário da substituição de travessas, o troço intervencionado em determinada noite necessita de ser atacado imediatamente. Isto deve-se à altura de desguarnecimento que é feita e que deixa as travessas totalmente sem apoio. A forma de garantir a segurança à passagem de tráfego durante o dia seguinte só pode ser garantida por meio de um ataque ligeiro (Figura 5.33), que não é de todo semelhante ao ataque pesado, mas que confere à via a consistência necessária até que após a finalização total do troço o ataque pesado possa ser feito.

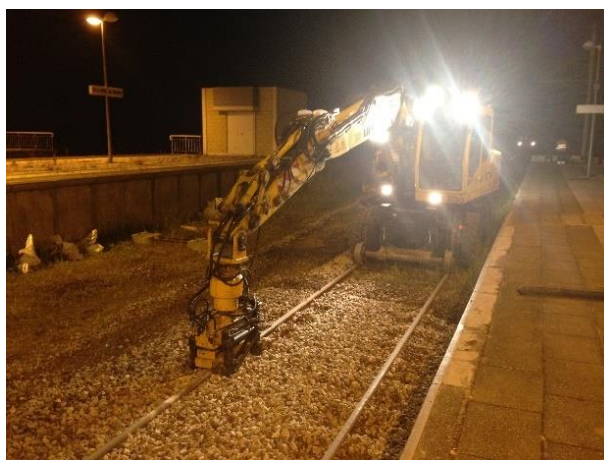


Figura 5.33 - Ataque provisório da zona intervencionada

### **5.11. Descarga de Balastro**

Este trabalho pode ser executado de duas formas, ou por descarga de camião em local adjacente, ou por meio de vagões balastreiros diretamente na via.

Tudo depende, portanto, do tipo de trabalho em que é necessária uma descarga de balastro. No caso de trabalhos em troços relativamente curtos, ou em que as quantidades não justifiquem a utilização de um comboio são utilizados camiões, desde que o troço em

causa tenha acesso rodoviário. Caso contrário, ou em casos de recarga de balastro ou troços longos, a descarga é então feita com recurso a comboios balastreiros.

O balastro utilizado tanto pode ser balastro novo vindo diretamente da pedreira, como pode ser balastro já previamente armazenado em local definido pelo dono de obra.

É importante, então, perceber quais os fatores equacionados na fase de escolha dos meios utilizados, e estes são:

- Quantidade de balastro necessária;
- Local de descarga;
- Custo da utilização de cada equipamento;
- Tempos de trabalho;
- Local de armazenamento.

No desguarnecimento por camião. o mesmo pode ser feito por 2 tipos de camião, o de 9 toneladas e o de 24 toneladas. A parte negativa deste equipamento é a necessidade de um espaço de dimensões razoáveis para o armazenamento do balastro, tendo esse local de ser de fácil acesso, quer para o camião, quer para a máquina que irá posteriormente colocar o balastro na via.

Normalmente, a descarga de balastro com recurso a camiões é utilizada nos seguintes casos:

- Substituição de travessas;
- Desguarnecimento em pequena escala;
- Recarga de balastro em pequenos troços.

Já na descarga com recurso a comboio balastreiro as quantidades são substancialmente maiores, podendo um comboio normal levar cerca de 20 vagões de 45 toneladas cada. Este tipo de comboios é muito utilizado nas recargas de balastro, sendo este tipo de trabalho feito com o material em andamento, a baixa velocidade.

A descarga de balastro com recurso a comboio é utilizada nos seguintes casos:

- Recarga de balastro em grandes troços;
- Desguarnecimento em grandes troços e no caso de ser um trabalho de VUP, pois o trabalho é feito em regime contínuo e é necessária uma grande quantidade de balastro durante todo o dia.

## 5.12. Substituição de Aparelhos de Via

Este tipo de trabalho segue procedimentos muito similares à substituição de travessas, não obstante necessitar de um maior cuidado na fase de planeamento e de colocação do aparelho, devido à sua tipologia.

De entre os aparelhos intervencionados temos:

- Aparelhos de dilatação;
- Aparelhos de mudança de via;
- Aparelhos carriladores.

A colocação destes aparelhos varia consoante o seu tipo, mas tanto os aparelhos carriladores como os aparelhos de dilatação são inseridos na via já previamente montados e calibrados, não sendo necessário qualquer tipo de trabalho especializado no local.

Já a substituição de um AMV requer que haja um estudo prévio, tanto do local, como do AMV que vai sair, assim como do que vai entrar, para se conseguir definir previamente situações como a necessidade de fecho, ou o local de armazenamento e montagem.

A substituição em si, pode ser feita de duas formas: por secções, e nesse caso o AMV é dividido em 3 partes (grade de agulhas, ramo intermédio e grade da cróssima), ou por inteiro.

De qualquer das formas a montagem prévia do AMV tem de ser feita, independentemente de ser no local ou em estaleiro, a colocação do AMV é sempre feita com ele previamente montado.

É também necessário ter em conta, na fase de planeamento, se o AMV necessita de fecho ou não, e a necessidade de fecho pode ser devido a:

- Substituição por um AMV distinto;
- Zona em curva;
- Demasiada proximidade à soldadura adjacente.

Independentemente do aparelho existente e a substituir, a colocação do novo será sempre por forma a alinhar a ponta matemática do antigo com o novo, sendo a partir daí que o aparelho se desenvolve e é a partir daí que se estuda a necessidade ou não de fechos.

A execução deste trabalho segue os seguintes passos:

1. Estudo prévio no local;
2. Montagem do aparelho em estaleiro;
3. Carga e transporte do aparelho montado ou desmontado;
4. Descarga e montagem do aparelho em obra;
5. Desguarnecimento do aparelho existente;
6. Remoção do aparelho;
7. Colocação do novo, execução das ligações e afinação da manobra da agulha;
8. Colocação de balastro na zona intervencionada;
9. Ataque pesado, nivelamento e alinhamento.

### **5.13. Considerações Finais**

O acompanhamento de obra, e mais precisamente dos trabalhos apresentados em regime MPC e MC permitiram adquirir um conhecimento geral de toda a metodologia destes trabalhos que envolvem um rigor superior no planeamento e gestão de materiais, pessoal e equipamentos.

## **6. CASO DE ESTUDO**

Dada a especificidade do assunto, designadamente por se tratar de uma via instalada em túnel e embebida, apresenta-se em seguida como caso de estudo, que traduz a substituição de um troço de carril partido, no túnel do Rossio.

Para além de aspetos de natureza técnica, envolvendo tecnologias e materiais são ainda interessantes os aspetos relacionados com o planeamento / a preparação bem como com a mão de obra necessária.

Não sendo um problema da maior urgência, pois o carril encontrava-se confinado numa laje, o que conferia ao carril estabilidade suficiente para permitir a passagem de comboios, foi necessário criar uma zona de afrouxamento, o que na linha em causa gera constrangimentos a nível de atrasos devido ao elevado número de circulações que se verificam na zona.

### **6.1. Introdução ao problema**

Foi detetado pela Infraestruturas de Portugal (antiga REFER), gestora de infraestrutura, a existência ao Km 1+710,00 da via descendente da Linha de Sintra, no interior do Túnel do Rossio uma situação de fratura de carril.

Após deteção do problema, foi então comunicado à Mota-Engil para proceder à reparação da situação. Dado o carácter urgente e singular da situação, a mesma foi enquadrada no âmbito da Manutenção Corretiva (MC).

Por se tratar de via embebida, o procedimento de execução foi distinto do utilizado na substituição de carril em via balastrada, pelo que o procedimento foi cuidadosamente estudado para que, não só assegurar o correto funcionamento da via em termos futuros, incluindo a inexistência de restrições em termos de velocidade.

Em termos técnicos, a intervenção foi dividida em 3 fases, concretamente:

- Intervenção na laje de betão através da realização de corte e abertura de caixa;
- Corte e retirada do troço de carril existente;
- Colocação do novo carril, bem como do inerente material de selagem na zona nas zonas confinantes, bem como da betonagem da caixa aberta na laje.

## 6.2. Materiais a aplicar

O material aplicado foi fornecido pela marca *Pandrol* sendo composto por duas partes:

- Perfis elásticos anti vibração;
- Ligante hidráulico que vai posteriormente selar toda a zona circundante do carril.

Os perfis, denominados por *CDM-QT-PROFILES*, têm uma extensão de 1,20 metros e são compostos por 3 peças distintas, relativamente ao carril:

- Face interna;
- Face externa;
- Base.

De referir que os perfis da base do carril já vêm previamente preparados para garantir o tombo de 1/20, conferindo assim ao carril a inclinação necessária para o seu correto posicionamento (Figura 6.1).

Este material foi agregado ao carril mediante a utilização de ma cola *CDM-FIX* fornecida em cartuchos de 600 ml, e posteriormente amarrados com braçadeiras próprias.

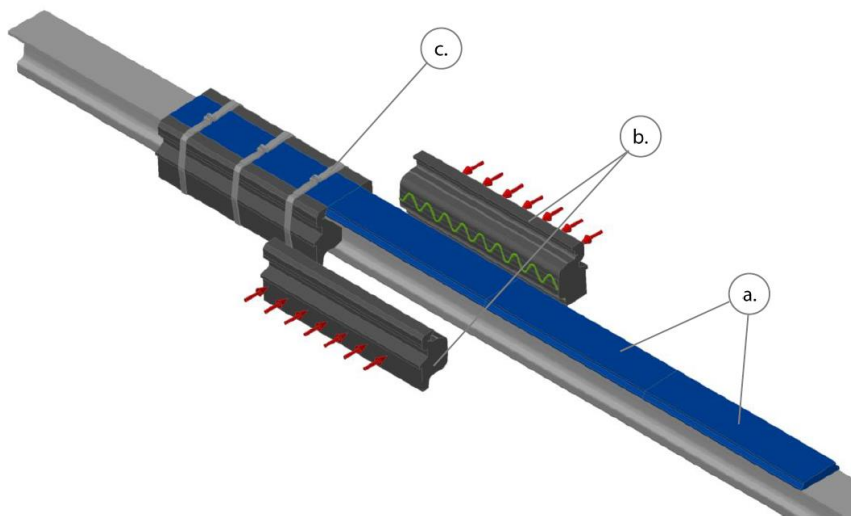


Figura 6.1 - Metodologia de aplicação (Fonte: Pandrol)

- a. Perfil da base;
- b. Perfis laterais;
- c. Braçadeiras de aperto.

Os perfis fornecidos pela marca *Pandrol* não eram iguais aos previamente instalados no túnel, pelo que o acabamento resultante não é de todo similar ao existente na restante via.

Foi executada uma pintura de toda a envolvente da zona de depósito do filler, com um primário de nome *Sikafloor 13 Pronto*, sendo o tempo necessário para a secagem de 45 minutos.

Por fim foi colocado o filler com as quantidades pré-determinadas pelo fornecedor, e que para este caso foram as seguintes para cada dosagem:

- 2 sacos do composto A (*Sikafloor 12 Pronto*);
- 2 latas do composto B (endurecedor);
- 3,6 kg de areia de Quartz 2-3 mm;
- 3,6 kg de areia de Quartz 3-5 mm;
- 17,85 kg de areia de Quartz 5-7 mm.

No total, foi necessário esperar um total de 6 horas a +10°C para repor as condições normais de circulação.

### **6.3. Planeamento e Execução dos trabalhos**

Dado que o sistema de assentamento de carril neste local constitui uma situação particular, totalmente diferente de uma substituição de carril em via balastrada, foi necessário proceder a uma preparação exaustiva e cuidada envolvendo metodologias, materiais e sequenciação dos trabalhos.

#### **6.3.1. Dia 1 – Preparação do local**

Sendo imprescindível que que a via não fosse interdita à passagem de qualquer comboio, os trabalhos iniciaram-se pela preparação e criação das condições necessárias á substituição do carril propriamente dito. Assim, procedeu-se ao corte da laje de betão na zona afetada e à abertura de caixas de maior dimensão na zona de corte do carril para permitir uma maior mobilidade e agilidade nos trabalhos a realizar no âmbito da substituição do carril.

Inicialmente foi considerado o cenário de retirar apenas o material que efetua a ligação ao carril, mas o mesmo não foi possível devido à impossibilidade deste ser cortado de uma forma eficiente.

Em toda a extensão do troço de carril a substituir foi feito um corte paralelo a 3 cm da junta, criando assim uma caleira ao longo dos 6,50 metros de carril.

Ao mesmo tempo, e conforme referido anteriormente, foram abertas também duas caixas de acesso aos dois extremos do carril onde de procederia ao corte (Figura 6.3). Posteriormente foi retirado todo o betão das mesmas caixas recorrendo a martelos pneumáticos (Figura 6.2).

De referir que ocorreram algumas dificuldades na fase de corte em toda a extensão da zona de trabalhos, devido à grande quantidade de armaduras existentes. Esta contrariedade gerou alguns atrasos, mas que foram posteriormente recuperados e permitiram a conclusão do planeado dentro do tempo previsto.

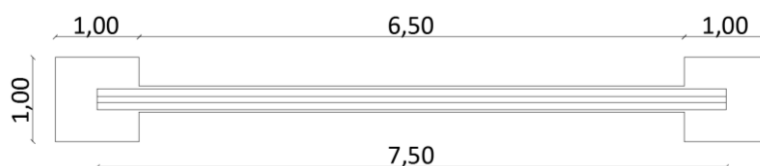


Figura 6.2 - Planta detalhada da secção de trabalho

### 6.3.2. Dia 2 – Substituição do Carril

Os trabalhos iniciaram-se pelo corte do carril e com a posterior remoção de todo o betão da zona que tinha sido anteriormente cortada.

Este trabalho revelou-se algo moroso devido não só à quantidade de armaduras, mas também pelo espaço diminuto para proceder à remoção do betão, levando assim a que apenas objetos angulosos pudessem auxiliar os martelos pneumáticos utilizados para partir a estrutura (Figura 6.3).



Figura 6.3 - Pormenor da área de corte

Após a remoção de todos os detritos procedeu-se à descolagem do carril da base da laje com o auxílio de macacos hidráulicos (Figura 6.4 e Figura 6.5).



Figura 6.4 - Descolagem da secção de carril à laje



Figura 6.5 - Macacos hidráulicos na ajuda à despregação da barra

Utilizando uma giratória “Railroute” procedeu-se ao levantamento e transporte do carril para o exterior do túnel. Posteriormente, com o mesmo equipamento procedeu-se ao transporte e colocação do novo carril (Figura 6.6).



Figura 6.6 - Substituição da barra com recurso a Railroute

Após a colocação inicial do carril verificou-se que este estava francamente desnivelado com o existente, sendo, portanto, necessário proceder a algum desbaste da superfície do betão para poder colmatar esta diferença.

Após esta operação intermédia procedeu-se a novo assentamento do carril tendo-se constatado que o mesmo estava finalmente alinhado e procedendo-se em seguida ao alinhamento final por forma a realizar as soldaduras aluminotérmicas.

Foi ainda verificado que o carril existente apresentava algum desgaste, que gerava uma forma mais reta que o suposto. Este problema não gerando grandes impedimentos aos trabalhos, criou a necessidade de um maior trabalho de esmerilagem e disfarce por parte dos soldadores.

Na fase de alinhamento do carril foram verificados os 2 alinhamentos principais, o primeiro na cabeça do carril (Figura 6.7) e o segundo na face de guiamento do mesmo.

Após a confirmação de que o carril estava devidamente alinhado, procedeu-se então à soldadura dos topos por processo aluminotérmico (Figura 6.8 a Figura 6.11).



Figura 6.7 - Alinhamento das barras para soldadura



Figura 6.8 - Colocação dos moldes para a soldadura



Figura 6.9 - Calafetagem do molde e alinhamento do cadinho



Figura 6.10 - Pré-aquecimento do molde



Figura 6.11 - Descarga para o molde

Após a soldadura procedeu-se ao corte do excedente com uma guilhotina (Figura 6.12) e por fim a esmerilagem da zona soldada (Figura 6.13 e Figura 6.14).

Neste dia os trabalhos terminaram com a colocação de cunhas de madeira de forma a conferir ao carril estabilidade para a passagem de comboios (Figura 6.15).



Figura 6.12 - Corte do excedente com recurso a guilhotina



Figura 6.13 - Esmerilagem da soldadura



Figura 6.14 – Zona da soldadura após esmerilagem



Figura 6.15 - Aplicação de cunhas de madeira

### 6.3.3. Dia 3 – Betonagem e selagem do carril

Os trabalhos iniciaram-se com a verificação relativa à correta colocação do carril, onde por meio da marca deixada pela passagem das rodas dos comboios desse dia se iria verificar que as mesmas estariam a assentar na zona correta, indicando desta maneira que o carril estava bem colocado. Tal se confirmou, após análise do carril que o mesmo tinha duas zonas de assentamento distintas na zona correta do carril, indicio que permitia concluir que o carril se encontrava com a escala e bitola corretas.

Os trabalhos continuaram com a esmerilagem final das zonas do carril soldadas, por forma a retirar o azul do carril. Este procedimento é meramente estético, pois a não remoção desta camada não iria gerar qualquer ponto de fraqueza no carril (Figura 6.16).

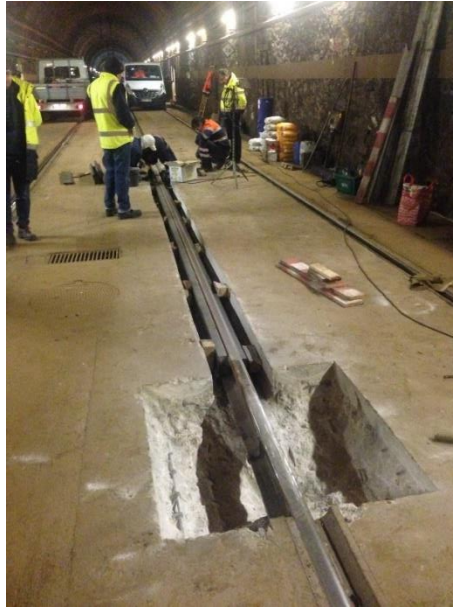


Figura 6.16 - Troço de carril substituído

Em seguida foi feita uma medição e posterior colocação da manga que irá envolver o carril (Figura 6.17). Nesta fase houve a dificuldade de assegurar a correta aplicação da mesma devido à irregularidade no carril na zona de soldadura, sendo este problema colmatado com o desbaste de material na zona em causa. Este equipamento foi então posteriormente colado ao carril e preso com braçadeiras (Figura 6.18).



Figura 6.17 - Aplicação de resina especial para colar as mangas ao carril



Figura 6.18 - Aplicação das mangas no carril com auxílio de braçadeiras

Em seguida procedeu-se à execução de uma cofragem na zona em que o carril foi soldado, em que a abertura na laje tinha sido substancialmente maior, cofragem essa que tinha como objetivo a proteção de todo o carril e criação de uma caleira similar ao restante carril, para que posteriormente aplicação do material de selagem da junta (Figura 6.19).

Por fim foi então betonada a zona e feito o acabamento por forma a garantir uma homogeneidade com a restante laje previamente existente (Figura 6.20).



Figura 6.19 - Criação de cofragem para betonagem



Figura 6.20 - Betonagem da laje

O procedimento descrito anteriormente foi repetido para a outra extremidade do carril.

Enquanto os trabalhos de betonagem decorriam foi aplicado ao mesmo tempo o primário do produto que iria selar as juntas entre a liga que envolvia o carril e a laje de betão. Este primário foi colocado por meio de pincel e a área aplicada foi toda a que poderia estar em contacto com o material selante.

Após a aplicação foi necessário aguardar 40 minutos para que o primário pudesse conferir ao material todas as capacidades necessárias para receber o selante.

Durante esse tempo foi então pesado todo o material que iria ser necessário para a mistura do selante, material esse que iria ser posteriormente misturado na betoneira.

Ao fim dos 40 minutos procedeu-se então à aplicação da mistura sobre a junta, sendo decidido que devido à falta de presa por parte do betão previamente betonado, a aplicação resumir-se-ia apenas à zona em caleira (Figura 6.21 e Figura 6.22).

Devido aos atrasos na aplicação do betão e desbaste das mangas de proteção ao carril foi necessário tomar uma decisão quanto à possibilidade de circulação de composições e respetiva velocidade de circulação. Foi decido permitir a passagem de comboios, mas com uma restrição de velocidade de 30 km/h, por motivos de segurança.

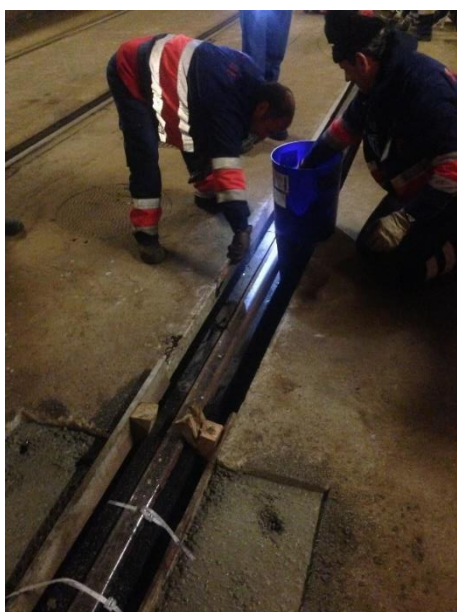


Figura 6.21 - Aplicação de primário na zona a encher com resina



Figura 6.22 - Pormenor da zona betonada já sem cofragem

Os trabalhos terminaram com a retirada da cofragem nas caixas.

#### 6.3.4. Razões para o Problema

Inicialmente, admitiu-se que a fratura detetada no carril poderia ser resultante de:

- Esforços concentrados numa curva vertical existente naquela zona do carril, curva essa que resultaria de uma deficiente aplicação do carril ou de uma incorreta betonagem da laje na fase de construção.
- Patinhagem dos comboios, em consequência da rampa que existe no local e que induziria ressaltos naquela zona e, por fim, na fratura do carril.

Independentemente de ainda nenhuma das duas razões acima enumeradas estar totalmente descartada, após remoção do carril houve por parte dos técnicos das Infraestruturas de Portugal uma vistoria do mesmo, principalmente na zona de fratura tendo-se foi concluído pela existência de dois momentos distintos, concretamente uma fratura superficial, no sentido longitudinal (Figura 6.23 e Figura 6.24), a que, com o passar do tempo, se seguiu a sua progressão que culminou na avaria referida.

De qualquer das formas é de todo impossível determinar de forma conclusiva a causa para o incidente, sendo então necessário o envio do carril para as entidades competentes na área, por forma a determinar de uma forma mais assertiva a causa e tirar ilações para situações futuras.



Figura 6.23 - Zona de fissuração do carril



Figura 6.24 - Zona de fissuração do carril, vista de cima

## 7. CONCLUSÕES

O processo de manutenção e todo encadeamento necessário desde a inspeção até à execução da obra, leva a que seja necessário um relacionamento muito próximo e compreensão entre todos os agentes ligados à gestão e manutenção da infraestrutura ferroviária.

Tendo por base a compreensão de todas as ações de maior desgaste para toda a superestrutura, em resultado de observações / inspeções sistemáticas (automatizadas ou não) é possível estabelecer ações de manutenção, devidamente planeadas e ajustadas a cada caso, por forma a:

- Reduzir a probabilidade de ocorrência de incidentes;
- Otimizar custos;
- Aumentar o tempo de vida útil da infraestrutura.

Por outro lado, esta metodologia de previsão e antecipação do erro, ou do problema, permitem tanto ao gestor da infraestrutura, como aos prestadores de serviço um maior racionamento de meios e por conseguinte um maior racionamento de custos, o que inevitavelmente se traduzirá numa redução dos preços e por conseguinte num aumento da competitividade deste modo de transporte em relação aos restantes.

No que se refere à garantia de controlo na qualidade de todos os trabalhos de via, independentemente da sua envergadura, deve ser sempre uma das principais preocupações de todos os intervenientes, pois sem essa filosofia e parceria não se assegura a resolução otimizada dos problemas inerentes à utilização da infraestrutura.

Tendo Portugal uma infraestrutura, em grande parte, degradada e envelhecida, é fundamental uma atenção especial na área da manutenção, sob pena de, mesmo para as linhas construídas ou objeto de modernização recente, se assistir a curto prazo, à sua degradação e redução das suas capacidades, tanto em termos de carga como de velocidades a praticar.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bonnett, C. F. (2005). *Practical Railway Engineering*. (T. K. Wei, Ed.) (2ª Edição). Imperial College Press.
- Chandra, S., & M. M. Agarwal. (2007). *Railway Engineering*. Oxford University Press.
- Cruz, A. S. da. (1999). *Manutenção da via*.
- Cruz, A. S. da. (2015a). 3.3.2. Superestrutura - Travessas, 1–17.
- Cruz, A. S. da. (2015b). 3.3.4. Superestrutura - Balastro.
- Cruz, A. S. da, & Santos, J. B. dos. (2009a). Infraestruturas ferroviárias noções básicas - Obras de arte. Pontes. Em *Apontamentos de Caminhos de Ferro*.
- Cruz, A. S. da, & Santos, J. B. dos. (2009b). Projecto de via férrea - Noções sobre traçado e geometria da via - Parâmetros do traçado e da geometria da via. Em *Apontamentos de Caminhos de Ferro*.
- Esveld, C. (2001). *Modern Railway Track*. (D. Z. Nieuwenhuizen, Ed.) (2ª Edição). Delft: MRT-Productions. Retirado de [www.esveld.com](http://www.esveld.com)
- Faria, P. (2012). Veículo de Monitorização e Medição de Infraestruturas Ferroviárias.
- Ferreira, J. N. A. de C. (2010). *Intervenções de Construção, Renovação e Manutenção na Via-Férrea*. FEUP - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Hirano, J. (2004). *Outsourcing Transportation Infrastructure Maintenance : a theoretical approach with application to JR East*. MIT - Massachusetts Institute of Technology.
- Instituto da Mobilidade e dos Transportes, I. (2014). IET 77.
- James, A. M. (2014). *Manutenção Ferroviária*. ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- Manager, T. I., Depot, T., Manager, E., Technician, T. E., Master, T. T., Welder, T. T., ... Contracts, I. (n.d.). *Infrastructure Engineering - Manual for Track Maintenance*.
- Maria, S. (2011). *Strategic Management of Maintenance of a Railway Infrastructure System*. Univertisú Paris-Est Créteil.
- Niculescu, M., Golgojan, A. I., Bednarz, A., Ivanova, G., & Malý, T. (2014). *Smart Rail Infrastructure , Maintenance and Life Cycle* (Vol. 9).
- Prescott, D., & Andrews, J. (2013). Modelling maintenance in railway infrastructure management. *Proceedings - Annual Reliability and Maintainability Symposium*, 3–8. <http://doi.org/10.1109/RAMS.2013.6517678>
- Profillidis, V. A. (2014). *Railway Management and Engineering*. (Ashgate Publishing Company, Ed.) (4ª Edição). Grécia: Ashgate Publishing Limited. Retirado de: <http://www.ashgate.com>
- Pyrgidis, C. N. (2016). *Railway Transportation Systems: Design, Construction and Operation*. (C. P.-T. & F. Group, Ed.) (1ª Edição). Grécia: CRC Press - Taylor & Francis Group.
- REFER, E. (2011). Caderno De Encargos - Condições Técnicas – Especialidade De Via, 74.
- Ruvo, P. De, Ruvo, G. De, Distante, A., Nitti, M., Stella, E., & Marino, F. (2008). A

Visual Inspection System for Rail Detection & Tracking in Real Time Railway Maintenance, 57–67.

Silva, T. S. dos S. (2012). *Inspeção e Reabilitação de Infraestruturas Ferroviárias*. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

Simões, G. M. P. (2008). *RAMS analysis of railway track infrastructure*. IST - Instituto Superior Técnico.

# ANEXOS

## Ficha Técnica dos Equipamentos Ferroviários

### Veículo de medição de via e catenária

#### VEICULO DE MEDIÇÃO DE VIA E CATENÁRIA



DESIGNAÇÃO	VEICULO DE MEDIÇÃO DE VIA E CATENÁRIA	
MARCA	GV1	
MODELO	AMP200	
ANO DE FABRICO / TRANSFORMAÇÃO	2010	
Nº DE SÉRIE	354010-10	
CÓDIGO INTERNO	0270012 (MVM02)	
N.º NEV	03 04 0160 001-4	
N.º XCS	18 / 11 - 1ª e 2ª admissão	
MOTOR	MARCA	Deutz
	MODELO	TCD 2013
	POTÊNCIA	300 hp
TRANSMISSÃO	MARCHA	Hidráulica
	TRABALHO	Hidráulica
DIMENSÕES	COMPRIMENTO	11,27 m
	LARGURA	3,00 m
	ALTURA	3,70 m
TARA	27,00 t (eixo dianteiro 14,40 t ; eixo traseiro 13,54 t)	
VELOCIDADE MÁXIMA DE CIRCULAÇÃO	AUTOPROPULSIONADA	100 km/h
	REBOCADA	100 km/h
Nº DE EIXOS / Nº EIXOS MOTORES	2 / 2	
SISTEMA DE FRENAGEM	TRABALHO	Ar comprimido, freio directo e feio indirecto
	ESTACIONAMENTO	Mecânico, por volante
BITOLA	1 435 mm ; 1 068 mm	
TRIPULAÇÃO	2	
VELOCIDADE MÁXIMA DE MEDIÇÃO DE VIA E CATENÁRIA, GABARITO E VIDEOGRAFIA	60 km/h	
PARÂMETROS DA MEDIÇÃO GEOMÉTRICA DE VIA	Nivelamento Dir. e Esq., Nivelamento Transversal, Alinhamento Dir. e Esq., Bitola, Empeno, Pontas Notáveis	
	Nivelamento transversal em relação à linha de referência, Empeno 0 m a 12 m, Flecha Dir., Esq. e Centro, Bitola de defeito e Bitola Média, Nivelamento em relação à linha de referência, Alinhamento na linha de referência	
	Lista de Defeitos	
	Quadro dos Índices de Qualidade	
PARÂMETROS DA MEDIÇÃO GEOMÉTRICA DE CATENÁRIA	Medição do desgaste indutório	
	Altura e Desalinhamento do Fio de Contacto, Pontas Notáveis, Lista de Defeitos	
GABARITO	Medição do gabarito por LIDAR	
	Visualização de Imagens 3D	
PERFIL DO CARRIL	Visualização do desgaste do perfil do carril	
VIDEOGRAFIA	Aquisição de imagens geo-referenciadas de via e de catenária	

## Atacadeiras

### ATACADEIRA PESADA DE VIA CORRIDA E AMV PLASSER & THEURER 08-475 / 4S



DESIGNAÇÃO	ATACADEIRA PESADA DE VIA CORRIDA E AMV's	
MARCA	PLASSER & THEURER	
MODELO	08 - 475 / 4S	
ANO DE FABRICO	2004	
N.º DE SÉRIE	1243	
CÓDIGO INTERNO	500/0007 (MVAT17)	
N.º UIC	9 3 94 4 51 0038 - 0 <sup>º</sup>	
N.º ICS	63/04 e 1.º aditamento	
HOMOLOGAÇÃO PARA TRABALHO	fax REFER Ref 7371F05-EN de 02-05-2005	
MOTOR	MARCA	Deutz
	MODELO	BF 8M 1015 C
	POTÊNCIA	503 hp
TRANSMISSÃO	MARCA	Hidrodinâmica
	TRABALHO	Hidroestática
DIMENSÕES	COMPRIMENTO	27,44 m
	LARGURA	3,00 m
	ALTURA	3,74 m
TARA	85,5 t	
VELOCIDADE	AUTOPROPULSIONADA	100 km/h
MÁXIMA	REBOCADA	100 km/h
N.º DE EIXOS / N.º EIXOS MOTORES	em marcha 5/2 ; em trabalho 5/3	
SISTEMA DE	TRABALHO	Ar comprimido
FRENAGEM	ESTACIONAMENTO	Mecânico
BITOLA	1 668 mm / 1 435 mm	
RENDIMENTO	450 m/h	
TRIPULAÇÃO	4	
CAPACIDADE	LEVANTE	250 kN (200 mm)
	RIPAGEM	170 kN (+/-250 mm)
GRUPO DE ATAQUE	ATAQUE	2 x (2 x 4 plosches), frequência 35 Hz
	DISTÂNCIA MÁXIMA	3 000 mm do eixo da via
LEVANTE SINCRONIZADO DO 3.º CARRIL COM CONTROLE LASER	LEVANTE	Hidráulico a partir da máquina, sem apoiar no balastro
	FORÇA MÁX. DE LEVANTE	60 kN (120 mm)
	DISTÂNCIA MÁXIMA	3 300 mm
OUTRAS CARACTERÍSTICAS	NIVELAMENTO E ALINHAMENTO:	Sistema combinado LASER e Visor Óptico c/ telecomando
		Sistema de optimização e correcção de traçado (CGVS e Rectif)
		Registador de 8 canais (Alinhamento, Nivelamento longitudinal, Escala, Empeno, Ripagem, Levante à esquerda e à direita e Marcas)
		Sistema de Levante Sincronizado do 3.º Carril
	Sistema de homem-morto	

## ATACADEIRA PESADA DE PLENA VIA PLASSER 09-32 CSM



DESIGNAÇÃO	ATACADEIRA PESADA DE PLENA VIA	
MARCA	PLASSER & THEURER	
MODELO	09 - 32 CSM	
ANO DE FABRICO	1999	
Nº DE SÉRIE	2895	
CÓDIGO INTERNO	500/0005 (MVAT12)	
N.º UIC	9 0 94 4 51 0023 - 5 <sup>º</sup>	
Nº ICS	18/99, 1º aditamento e 2º aditamento	
HOMOLOGAÇÃO DE TRABALHO	Fax REFER Refº 076/00/EI de 18-07-2000	
MOTOR	MARCA	Deutz
	MODELO	BF8M 1015C
	POTÊNCIA	503 hp
TRANSMISSÃO	MARCHA	Hidrodinâmica
	TRABALHO	Hidroestática
DIMENSÕES	COMPRIMENTO	27,64 m, com vagão
	LARGURA	3,12 m
	ALTURA	3,80 m
TARA	72 t	
VELOCIDADE MÁXIMA	AUTOPROPULSIONADA	90 km/h
	REBOCADA	100 km/h
Nº DE EIXOS / Nº EIXOS MOTORES	6 / 4	
SISTEMA DE FRENAGEM	TRABALHO	Ar comprimido
	ESTACIONAMENTO	Mecânico
BITOLA	1 668 mm / 1 435 mm	
RENDIMENTO MÉDIO	1 100 m/h	
TRIPULAÇÃO	4	
CAPACIDADE	ATAQUE	Contínuo, 2 travessas simultâneas, 2x16 ploches freq. 35Hz
	LEVANTE	Curso 150 mm; Força de levante 125 kN por cantil
	RIPAGEM	Curso 100 mm; Força de ripagem 150 kN
OUTRAS CARACTERÍSTICAS	NIVELAMENTO E ALINHAMENTO: Sistema combinado LASER	
	Sistema de optimização e correção de traçado (CGV 4 e RECTIF)	
	Registador de 8 canais (Alinhamento, Nivel. Long., Escala, Empeno, Levante esquerdo, Levante direito, Ripagem e Marcas)	
	Sistema de homem-morto	
EQUIPAMENTO ADICIONAL	Vagão de material	

## Reguladora

### REGULADORA DE BALASTRO, PLASSER ESPANHOLA PDB-110



DESIGNAÇÃO	REGULADORA DE BALASTRO	
MARCA	PLASSER ESPANHOLA	
MODELO	PDB-110	
ANO DE FABRICO	2001	
Nº DE SÉRIE	122	
CÓDIGO INTERNO	501/0007 (MVRG11)	
N.º UIC	9 3 94 4 55 0026 - 6 <sup>º</sup>	
N.º ICS	54/05 e 1.º aditamento	
HOMOLOGAÇÃO PARA TRABALHO	Fax REFER ReP 28/02/EI de 28-06-2002	
MOTOR	MARCA	Deutz
	MODELO	BF6M 1015C
	POTÊNCIA	408 hp
TRANSMISSÃO	MARCHA	Hidroestática
	TRABALHO	Hidroestática
DIMENSÕES	COMPRIMENTO	17,24 m
	LARGURA	3,21 m
	ALTURA	4,03 m
TARA	35 t	
VELOCIDADE MÁXIMA	AUTOPROPULSIONADA	90 km/h
	REBOCADA	90 km/h
Nº DE EIXOS / Nº EIXOS MOTORES	2 / 2	
SISTEMA DE FRENAGEM	TRABALHO	Ar comprimido
	ESTACIONAMENTO	Mola antagonista
BITOLA	1 668 mm / 1 435 mm	
TRIPULAÇÃO	1	
EQUIPAMENTO	Dispositivo de recolha e armazenagem de balastro, 4,5m <sup>3</sup>	
EQUIPAMENTO ADICIONAL	Está equipada com sistema de Homem-Morto	
RENDIMENTO MÉDIO	700 m/h	

## Estabilizadora

### ESTABILIZADORA DINÂMICA DE VIA HTT TS-50



DESIGNAÇÃO	ESTABILIZADORA DINÂMICA DE VIA	
MARCA	HARSCO TRACK TECHNOLOGIES ( HTT )	
MODELO	TS-50	
ANO DE FABRICO	2002	
Nº DE SÉRIE	6100831	
CÓDIGO INTERNO	602/0002 (MVED03)	
N.º UIC	9 3 94 4 54 0005 - 3 <sup>º</sup>	
Nº ICS	41/04 e 1º Aditamento	
HOMOLOGAÇÃO PARA TRABALHO	Fax REFER Refº 658/04/EN de 04-05-2004	
MOTOR	MARCA	Cummins
	MODELO	6CTA8.3
	POTÊNCIA	265 hp
TRANSMISSÃO	MARCA	Hidrostática
	TRABALHO	Hidrostática
DIMENSÕES	COMPRIMENTO	16,19 m
	LARGURA	2,93 m
	ALTURA	3,90 m
TARA	50 t	
VELOCIDADE MÁXIMA	AUTOPROPULSIONADA	80 km/h
	REBOCADA	100 km/h
Nº DE EIXOS/ Nº EIXOS MOTORES	4 / 4	
SISTEMA DE FRENAGEM	TRABALHO	Ar comprimido
	ESTACIONAMENTO	Mecânico
BITOLA	1 668 mm	
TRIPULAÇÃO	1	
RENDIMENTO MÉDIO	1 100 m/h	
CARACTERÍSTICAS	FREQUÊNCIA	0 - 45 Hz
	FREQUÊNCIA TRABALHO	30 - 35 Hz
	CARGA VERT.	240 kN
	FORÇA DE OSCILAÇÃO HORIZONTAL	200 kN a 33 Hz
EQUIPAMENTO ADICIONAL	EQUIPADA COM REGISTADOR (Assentamento dir.; Assentamento esq.; Pressão esq.; Pressão dir.; Escala antes e após trabalho; Bitola; Marcas e Distância percorrida).	
	Equipada com sistema de Homem-Morto	