



**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**

Área Departamental de Engenharia Civil



**Acompanhamento de Obra Ferroviária: “Linha do Norte – Substituição de travessas monobloco fissuradas, entre os Km 232.500 e 291.000 vias A e D”**

**HÉLIO VALTER DA COSTA SEGURO**  
(Licenciado em Engenharia Civil)

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

Orientador:

Licenciado Especialista Armando do Carmo Martins

Júri:

Presidente: Doutor Paulo José de Matos Martins

Vogais:

Doutor Henrique Manuel Borges Miranda

Licenciado Especialista Armando do Carmo Martins

**Janeiro de 2020**



*Aos meus queridos Avô e Mãe.*



## AGRADECIMENTOS

Quero agradecer em especial, em primeiro a quem ao longo da elaboração deste documento me apoiou, como também ao longo de toda a minha vida acompanhou, acompanha e acompanhará, ao meu Avô e Mãe.

Agradeço à minha companheira o incentivo ao longo do Mestrado.

Agradeço também aos Orientadores do ISEL e da Somafel pela orientação prestada.

Agradeço a todos os meus amigos sem exceção, pois eles sabem quem são, sempre me apoiaram e acreditaram em mim, assim continuarão no futuro, pois palavra e atitude de homem é só uma.

Aos meus colegas da Somafel e grupo Teixeira Duarte, que trabalharam comigo nesta área e nos projetos aqui apresentados, independentemente da posição hierárquica.

A todos aqueles que duma determinada maneira, ou em determinados momentos das nossas vidas nos cruzámos e me fizeram sentir que existo e que sou importante para eles em qualquer parte do mundo.



**ACOMPANHAMENTO DE OBRA FERROVIÁRIA: “Linha do Norte – Substituição de travessas monobloco fissuradas, entre os Km 232.500 e 291.000 vias A e D”**

## **RESUMO**

O presente relatório de estágio é um resumo detalhado do trabalho realizado numa empresa ferroviária, na qual houve oportunidade de acompanhar uma obra, que consistiu na substituição de travessas monobloco de betão, que se encontravam fissuradas.

Este documento contempla a apresentação de conceitos teóricos de ferrovia, desde os tipos de via, passando pelos materiais constituintes, abordando igualmente a manutenção de via e tipos de manutenção. Complementarmente são apresentados alguns casos práticos acompanhados ao longo do estágio.

A empreitada acompanhada localiza-se na Linha do Norte, no troço entre Pampilhosa (Km 232.500) e Válega (Km 291.000), na via Ascendente (VA) e na Via Descendente (VD). Este troço apresenta um elevado estado de degradação das travessas de betão monobloco.

Para além do acompanhamento dos trabalhos da empreitada, também se fez um acompanhamento detalhado de dois trabalhos, essenciais ao futuro da via em termos de segurança, comodidade e prestação de um bom serviço para os utilizadores desta via, sendo eles: a regularização de barras, com a regularização de tensões e as respetivas soldaduras aluminotérmicas.

**Palavras-chave:** Via-férrea, Trabalhos de via, Acompanhamento dos trabalhos de via, Travessas-monobloco.



## ABSTRACT

This internship report is a detailed summary of the work carried out at a railway company, in which there was an opportunity to accompany a work, which consisted of replacing cracked concrete monobloc sleepers.

This document contemplates the presentation of theoretical concepts of railroad, from the types of track, passing through the constituent materials, also approaching the track maintenance and types of maintenance. In addition, some practical cases monitored throughout the internship are presented.

The accompanied contract is located on the Northern Line, in the section between Pampilhosa (Km 232,500) and Válega (Km 291,000), on the ascending way and on the descending way. This section presents a high state of degradation of the monobloc concrete sleepers.

In addition to monitoring the works of the contract, there was also a detailed monitoring of two works, essential to the future of the road in terms of safety, convenience and the provision of a good service for the users of this road, namely: the regularisation of bars, with the regularisation of stresses and the respective aluminothermic welds.

**Keywords:** Railway, Railway works, Railway works accompaniment, Monoblock sleepers.



## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1	Enquadramento.....	1
1.2	Objetivos .....	2
1.3	Metodologia.....	2
1.4	Estrutura do documento .....	3
<b>2</b>	<b>ESTÁGIO .....</b>	<b>5</b>
2.1	Caraterização da empresa Somafel S.A. ....	5
2.1.1	Trabalhos de via.....	6
2.1.2	Trabalhos de Catenária.....	8
2.1.3	Trabalhos de Manutenção .....	9
2.1.4	Engenharia / Estudos e Projetos, Nacionais e Internacionais .....	10
2.2	Descrição do estágio e respetiva planificação .....	10
<b>3</b>	<b>VIA-FÉRREA.....</b>	<b>13</b>
3.1	Conceitos gerais.....	13
3.1.1	Bitola .....	13
3.1.2	Via Algaliada .....	14
3.1.3	Número de vias .....	15
3.1.4	Entrevia .....	16
3.1.5	Entreeixo .....	16
3.1.6	Escala .....	17
3.1.7	Traçado geométrico .....	18
3.2	Tipos de via .....	20
3.2.1	Via balastrada .....	21
3.2.2	Via não balastrada .....	25
3.3	Superestrutura - Materiais de via .....	29
3.3.1	Balastro .....	31
3.3.2	Travessas.....	33
3.3.3	Carril.....	36
3.3.4	Material de fixação ou fixações.....	40
3.3.5	Material de ligação .....	44
3.4	Manutenção.....	45
3.4.1	Tipos de Manutenção.....	46
3.4.2	Manutenção corretiva (MC).....	46
3.4.3	Manutenção preventiva sistemática (MPS).....	49
3.4.4	Manutenção preventiva condicionada (MPC) .....	51
<b>4</b>	<b>EMPREITADA.....</b>	<b>55</b>

4.1	Trabalhos previstos .....	56
4.1.1	Principais condicionantes .....	57
4.1.2	Planificação dos trabalhos e duração da empreitada .....	58
4.1.3	Metodologia executada durante a empreitada .....	59
4.2	Trabalhos realizados .....	59
4.2.1	Transporte e descarga de travessas .....	59
4.2.2	Distribuição das travessas.....	63
4.2.3	Substituição de travessas de betão monobloco por travessas de betão monobloco .....	66
4.2.4	Ataque Mecânico Pesado com regularização de balastro e estabilização dinâmica da via.....	71
4.2.5	Regularização de barras e soldaduras aluminotérmicas.....	78
4.2.6	Problemas encontrados na regularização de barras.....	83
4.2.7	Causas dos problemas encontrados na regularização de barras .....	84
4.2.8	Resolução dos problemas na regularização de barras .....	85
4.2.9	Problemas encontrados nas soldaduras aluminotérmicas .....	87
4.2.10	Causas dos problemas encontrados nas soldaduras aluminotérmicas .....	87
4.2.11	Resolução dos problemas nas soldaduras aluminotérmicas .....	88
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>93</b>
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	97

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Pórticos hidráulicos para substituição de via. [6].....	6
Figura 2.2 - Pórticos hidráulicos para substituição de AMV. [6] .....	6
Figura 2.3 - Desguarnecedora-crivadora de balastro. [6] .....	7
Figura 2.4 - Vagão balastreiro. [6] .....	7
Figura 2.5 - Regularizadora de balastro com silo. [6] .....	7
Figura 2.6 - Atacadeira pesada. [6].....	8
Figura 2.7 - Esmeriladora de carris. [6].....	8
Figura 2.8 - Estabilizadora dinâmica de via. [6] .....	8
Figura 2.9 - Máquina de soldadura elétrica de carris. [6].....	8
Figura 2.10 - Dresine com grua e plataforma elevatória. [6].....	9
Figura 2.11 - Veículo automotriz, tipo estrada / carril. [6] .....	9
Figura 2.12 - Ataque mecânico pesado. ....	9
Figura 2.13 - Manutenção de lubrificador. ....	9
Figura 2.14 - Substituição de JIC por fecho.....	10
Figura 2.15 - Ataque ligeiro.....	10
Figura 2.16 - Reparação de catenária. ....	10
Figura 2.17 - Desbobinagem. ....	10
Figura 2.18 - Organograma da Obra. ....	11
Figura 3.1 - Medição de Bitola. (adaptado) de [19].....	13
Figura 3.2 - Via algaliada, com 3 carris, 2 bitolas. (Mauro Vaz, Somafel, 2019) .....	15
Figura 3.3 – Via dupla [8].....	15
Figura 3.4 - Esquema de via múltipla. [8] .....	16
Figura 3.5 – Entreeixo com escala [8]. ....	16
Figura 3.6 - Entreeixo de via sem escala. [8].....	16
Figura 3.7 - Entreeixo de via com escala. [8].....	17
Figura 3.8 - Escala. (adaptado) de [8] .....	17
Figura 3.9 - Esquema das curvas de transição. (adaptado) de [8] .....	18
Figura 3.10 - Perfil longitudinal tipo. (adaptado) de [8] .....	19
Figura 3.11 - Esquema de medição para cálculo da inclinação. (adaptado) de [8] .....	19
Figura 3.12 - Constituição da via-férrea. [8].....	20
Figura 3.13 - Elementos constituintes de uma via balastrada. [12] .....	21
Figura 3.14 - Via balastrada.....	22
Figura 3.15 - Modelo de rigidez da via balastrada. (adaptado) de [13] .....	22
Figura 3.16 - Bolbo de cargas transmitidas. (adaptado) de [43].....	24
Figura 3.17 - Tipos de Via não Balastrada. ....	25
Figura 3.18 - Apoio discreto com travessas assentes. ....	26
Figura 3.19 - Apoio discreto com travessas embebidas. (Mauro Vaz, Somafel, 2016) .....	26

Figura 3.20 – Travessas de madeira na ponte de Constância.....	27
Figura 3.21 - Metro Argélia. (Mauro Vaz, Somafel, 2016).....	27
Figura 3.22 - Laje em betão com profundidade de 840mm. (adaptado) de [16].....	28
Figura 3.23 - Camada superior em Mistura betuminosa. (adaptado) de [15].....	28
Figura 3.24 - Constituição da superestrutura – via balastrada. Adaptado de [44] [45].....	30
Figura 3.25 - Processo de transmissão das tensões. [45].....	31
Figura 3.26 - Distribuição de pressões pela camada de balastro. [10].....	31
Figura 3.27 - Balastro na pedreira, granito.....	32
Figura 3.28 - Balastro na pedreira, diorito.....	32
Figura 3.29 - Travessas de madeira.....	33
Figura 3.30 - Travessas bi-bloco em cima, Travessas monobloco em baixo.....	33
Figura 3.31 - Travessas metálicas. [46].....	34
Figura 3.32 - Travessas em material compósito. [47].....	34
Figura 3.33 - Desenho esquemático de travessa monobloco. (adaptado) de [23].....	35
Figura 3.34 - Constituição do carril. [48].....	36
Figura 3.35 - Perfil de carril UIC60. [49].....	37
Figura 3.36 - Barra curta. [26].....	38
Figura 3.37 - Barra longa soldada. [26].....	38
Figura 3.38 - Identificação do processo de fabrico marcadas no carril. [10].....	38
Figura 3.39 - Carril com desgaste para o exterior. [10].....	39
Figura 3.40 - Desgaste ondulatório (Linha da Beira Alta, Km 118.924).....	39
Figura 3.41 - Esmeriladora de carris. [6].....	40
Figura 3.42 - Parafusos ou tirefons, fixações rígidas. [25].....	41
Figura 3.43 - Fixação tipo RNP/GUIDE/PRX120. (Ricardo Magalhães, Somafel, 2019).....	41
Figura 3.44 - Fixação Vossloh com escala. [26].....	42
Figura 3.45 – Força e braço, para o cálculo do momento de aperto. [26].....	43
Figura 3.46 - Barreta metálica.....	44
Figura 3.47 - Barreta de madeira.....	44
Figura 3.48 - JIN.....	44
Figura 3.49 - JIC. [26].....	45
Figura 3.50 - Carril fissurado superficialmente.....	47
Figura 3.51 - Furação de carril para colocação de barretas.....	47
Figura 3.52 - Barretas de reforço instaladas.....	48
Figura 3.53 - Reaperto.....	50
Figura 3.54 - Medição de bitola.....	50
Figura 3.55 - Dresine da IP.....	52
Figura 3.56 - JIC colocada, acabamento com ataque ligeiro.....	52
Figura 4.1 - Identificação do local de degradação das travessas. [35].....	55
Figura 4.2 - Travessa degradada no Km 266.500. [36].....	55

Figura 4.3 - Semana 29 da VA e semana 37 da VD.....	58
Figura 4.4 - Transporte de travessas.....	60
Figura 4.5 - Empilhamento de travessas em estaleiro.....	60
Figura 4.6 - Esquema de empilhamento de travessas. [22].....	60
Figura 4.7 - Esquema do mecanismo de manuseamento de travessas monobloco. [22].....	61
Figura 4.8 - Grade de manuseamento de travessas monobloco com aperto.....	61
Figura 4.9 - Grade de manuseamento de travessas monobloco com grampos.....	61
Figura 4.10 – Travessas em vagão.....	62
Figura 4.11 - Acondicionamento da carga nos vagões.....	63
Figura 4.12 - Comboio carregado em distribuição de travessas.....	64
Figura 4.13 - Distribuição na VA com Grade / Canga de ganchos.....	64
Figura 4.14 - Enganchamento na fixação elástica Vossloh.....	65
Figura 4.15 - Travessas distribuídas ao longo da via.....	65
Figura 4.16 - Desguarnecimento.....	67
Figura 4.17 - Marcação de colocação das travessas.....	68
Figura 4.18 - Desaperto de fixações existentes.....	68
Figura 4.19 - Desaperto de fixações nas travessas novas.....	68
Figura 4.20 - Retirar travessa.....	69
Figura 4.21 - Instalação de travessas novas.....	69
Figura 4.22 – Guarnecimento das novas travessas.....	70
Figura 4.23 - Intervenção da equipa responsável pelos equipamentos de sinalização.....	70
Figura 4.24 - Balde de desguarnecimento e guarnecimento.....	71
Figura 4.25 - Grupo de ataque, com Regularizadora, Atacadeira e Estabilizadora.....	71
Figura 4.26 - Charruas de banquetas e limpeza de carril.....	72
Figura 4.27 - Brossa para limpeza de travessas.....	72
Figura 4.28 - Fases de ataque. [38].....	73
Figura 4.29 - Penetração das pioches no balastro.....	73
Figura 4.30 - Aperto e compactação do balastro.....	74
Figura 4.31 - Esquema de funcionamento da Estabilizadora. [38].....	75
Figura 4.32 - Estabilização da via.....	75
Figura 4.33 - Impressora da Estabilizadora.....	76
Figura 4.34 - Gráfico da Estabilizadora.....	76
Figura 4.35 – Troço finalizado após segundo ataque pesado.....	77
Figura 4.36 - Pantógrafo digital.....	77
Figura 4.37 - Corte de carril.....	79
Figura 4.38 - Libertação de tensões.....	79
Figura 4.39 - Zona de corte de carril em excesso.....	79
Figura 4.40 - Instalação de tensores em ambas as filas.....	80
Figura 4.41 - Soldadura aluminotérmica, ao Km 286.851.....	80

Figura 4.42 - Aperto de fixações. ....	81
Figura 4.43 - Esmerilagem de soldadura. ....	81
Figura 4.44 - Medição de temperatura no carril. ....	84
Figura 4.45 - Diagrama teórico de esforços numa BLS. [51] .....	85
Figura 4.46 - Identificação do Kit de soldadura. ....	87
Figura 4.47 - Soldadura no sub-troço R1. ....	89
Figura 4.48 - Soldadura no sub-troço R2.1. ....	89
Figura 4.49 - Conjunto de “ferros” para marcação de identificação das soldaduras. ....	90
Figura 4.50 - Marcação das soldaduras. ....	90
Figura 4.51 - Forma de identificação da soldadura. [10].....	91

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 3.1 - Coeficiente prático de escala. [8].....	17
Quadro 3.2 - Execução da Manutenção Corretiva.....	47
Quadro 3.3 - Execução da MPS – Reaperto de fixações. ....	50
Quadro 3.4 - Execução da MPC – substituição de JIC.....	51
Quadro 4.1 - Cálculo da carga das travessas no transporte rodoviário.....	62
Quadro 4.2 - Cálculo da carga das travessas no transporte ferroviário. ....	63
Quadro 4.3 - Distribuição de travessas. – Equipamento e pessoal.....	66
Quadro 4.4 - Substituição de travessas. – Equipamentos e pessoal .....	67
Quadro 4.5 - Ataque mecânico pesado. – Equipamento e pessoal.....	72
Quadro 4.6 - Regularização de BLS. – Equipamento e pessoal .....	78
Quadro 4.7 - Soldaduras. – Equipamento e pessoal .....	78
Quadro 4.8 - Localização de soldaduras na Via Ascendente. ....	82
Quadro 4.9 - Regularização de barras.....	83



## LISTA DE SIGLAS

AMV	Aparelho de Mudança de Via
ANESRIF	<i>Agence Nationale d'Études et de Suivi de la Réalisation des Investissements Ferroviaires</i>
ASL	<i>Asphalt Supportive Layer</i>
BLS	Barra Longa Soldada
CCFL	Companhia Carris de Ferro de Lisboa
CP	Comboios de Portugal
CSL	<i>Concrete Supportive Layer</i>
DR	Diário da República
FPL	<i>Frost Protection Layer</i>
HBL	<i>Hydraulic Bonded Layer</i>
IP	Infraestruturas de Portugal
ISEL	Instituto Superior de Engenharia de Lisboa
JIC	Junta Isolante Colada
JIN	Junta Isolante Normal
MC	Manutenção Corretiva
MPC	Manutenção Preventiva Condicionada
MPS	Manutenção Preventiva Sistemática
MQT	Mapa de Quantidades de Trabalho
MST	Metro do Sul do Tejo
POC	Parque Oficinal do Carregal
PTFM	Plano de Trabalho Final de Mestrado
REFER	Rede Ferroviária Nacional, S.A.
RFF	<i>Réseau Ferré de France</i>
RIV	Renovação Integral de Via
SIGMA	Sistema de Gestão da Manutenção
SNCF	<i>Société Nationale des Chemins de Fer Français</i>
TFM	Trabalho Final de Mestrado
TRANSTU	<i>Société des Transports de Tunis</i>
VA	Via Ascendente
VD	Via Descendente
VU	Via Única
VUT	Via Única Temporária



## 1 INTRODUÇÃO

O presente documento corresponde a um Relatório de Estágio suportado no acompanhamento de uma obra ferroviária cujo tema ACOMPANHAMENTO DE OBRA FERROVIÁRIA: “Linha do Norte – Substituição de travessas monobloco fissuradas, entre os Km 232.500 e 291.000 Vias A e D”. A entidade promotora do Estágio foi a empresa Somafel S.A. e este teve a duração de 7 meses, entre março e setembro de 2019.

A Ferrovia é um tema que tem sido bastante debatido ultimamente, nomeadamente através de alguns debates decorridos na Ordem de Engenheiros. De notar que este meio de transporte cada vez mais está a ser considerado importante para a deslocação de pessoas e pela esfera empresarial, para o transporte de mercadorias.

Também se tem constatado nos últimos 10 anos a redução da rede ferroviária, mas têm sido feitos diversos investimentos com o intuito de melhorar a rede, com a renovação de troços e diversas manutenções que diariamente são feitas e monitorizadas.

A manutenção diária e a modernização das linhas existentes têm como principal objetivo a durabilidade e a manutenção dos parâmetros de segurança e conforto da rede existente. São diversos projetos concretizados e a decorrer, em especial nas linhas do Norte, Sul, Minho e Douro. Para além disso, estão ainda em curso estudos e projetos para intervenções no corredor Atlântico, Plataformas logísticas do Porto/Leixões e Lisboa e o corredor Ferroviário de Mercadorias Atlântico “Sines-Lisboa/Leixões”.

### 1.1 Enquadramento

Este relatório procura descrever a estratégia e metodologia desenvolvidas ao longo do estágio no acompanhamento da intervenção já mencionada.

A ligação ferroviária entre as cidades de Lisboa e Porto constitui a via principal da ferrovia portuguesa e é nesta Linha que está situada a obra acompanhada.

A linha do norte eletrificada e maioritariamente em via dupla contempla um total de 336 Km, sendo o seu limite a sul a estação de Lisboa-Santa Apolónia e a norte a estação de Porto-Campanhã.

A linha do Norte constitui o principal eixo da rede ferroviária nacional e permite ligações à linha do sul em Lisboa, às linhas do Minho e do Douro, no Porto e à linha da Beira Alta, na Pampilhosa.

Em 2012 entrou ao serviço o alfa pendular que entre Lisboa-Oriente e Porto-Campanhã faz o trajeto em 2 horas e 44 minutos, com paragens intermédias em Lisboa-Oriente, Coimbra-B, Aveiro e Vila Nova de Gaia.

## **1.2 Objetivos**

Com o presente documento pretende dar-se a conhecer o conjunto de técnicas e metodologias construtivas a utilizar, os meios humanos e equipamentos necessários para a execução de trabalhos de via, o cumprimento de prazos estipulados bem como as normas e procedimentos de segurança, ambiente, saúde e higiene no trabalho.

Para além do acompanhamento da empreitada, também se pretende apresentar um acompanhamento detalhado de duas atividades inerentes aos trabalhos da empreitada em questão.

Numa primeira fase, procede-se à apresentação teórica dos principais conceitos utilizados na via-férrea.

Numa segunda fase, de cariz prático e presencial descrevem-se os objetivos primordiais de acompanhamento de trabalhos na via. Estes objetivos são:

- Acompanhamento de trabalhos de manutenção de via;
- Acompanhamento dos trabalhos da empreitada de substituição das travessas;
- Acompanhamento detalhado dos trabalhos de regularização de barras e respetivas soldaduras aluminotérmicas, depois das tensões internas regularizadas.

## **1.3 Metodologia**

Para desenvolver este Trabalho Final de Mestrado (TFM) foram analisados todos os documentos inerentes à obra em questão, disponibilizados pela Somafel S.A..

Foi consultado o planeamento proposto com o qual se ganhou o concurso da obra, publicada em Diário da República II Série, n.º 177, em 13 de setembro de 2018, com o anúncio de procedimento n.º 7462/2018 [5].

Para uma melhor inserção do estagiário dentro do departamento e da obra a ser acompanhada, foram consultados os documentos produzidos pelo dono de obra e pela Somafel S.A., inerentes à empreitada. Também junto dos diversos colaboradores do departamento de produção, onde o estagiário foi inserido foram feitas diversas perguntas referentes à obra e outras obras semelhantes decorridas no passado.

Não obstante todo o conhecimento académico adquirido ao longo da Licenciatura e do Mestrado, foi feita uma pesquisa bibliográfica na área da ferrovia, desde artigos científicos, artigos de imprensa antigos, livros técnicos diversos, sebatas e apontamentos.

No seguimento dos objetivos preconizados, no início do estágio, e enquanto se aguardou pelo início da obra, foi feito o acompanhamento de uma equipe de manutenção de via, (Linha da Beira Alta, entre os Km 65+500 e 151+896), que serviu para ter noção e contato direto com operações de manutenção, a cargo da Somafel.

Após o início da obra prosseguiu-se para o acompanhamento da mesma, bem como dos trabalhos de regularização de barras e soldaduras aluminotérmicas.

## 1.4 Estrutura do documento

O presente documento está estruturado da seguinte forma:

- **INTRODUÇÃO:** neste capítulo para além do enquadramento do tema escolhido, apresentam-se os objetivos do documento, seguidos da metodologia adotada e de apresentação do próprio documento;
- **ESTÁGIO:** trata-se da caracterização da empresa onde o estágio foi realizado, acompanhando a obra. Também neste capítulo se faz uma breve descrição do estágio e a sua planificação;
- **VIA-FÉRREA:** este capítulo está subdividido em quatro subcapítulos, sendo o primeiro relativamente a conceitos gerais de via, seguido de outro subcapítulo sobre os tipos de via. O terceiro subcapítulo foca-se na superestrutura e materiais de via, onde se identifica e caracteriza os mesmos que integram o

armamento de via/superestrutura. Como quarto e último subcapítulo descreve-se a manutenção da via-férrea, através das diferentes ações a tomar perante cada situação;

- **EMPREITADA:** este capítulo está dividido em dois subcapítulos, sendo o primeiro subcapítulo referente aos trabalhos previstos, com as respetivas condicionantes, a sua planificação e a metodologia de execução. No subcapítulo seguinte apresentam-se resumidamente os trabalhos acompanhados;
- **CONCLUSÕES:** este último capítulo analisa os objetivos iniciais que se pretendiam atingir e uma análise dos trabalhos bem sucedidos e os que não tiveram tanto sucesso.

## **2 ESTÁGIO**

Uma das vertentes para o TFM poderá traduzir-se na produção de um relatório de estágio, tendo o mesmo sido possível pela disponibilização da empresa Somafel.

Nos subcapítulos seguintes faz-se uma breve caracterização da empresa onde se realizou o estágio.

O estágio decorreu no Departamento de Produção, mais especificamente no estaleiro da empreitada de manutenção do Lote 1, integrado no Parque Oficinal do Carregal (POC), situado em Oliveirinha – Carregal do Sal, o que permitiu o contato direto com a maioria das intervenções normalmente realizadas no âmbito da manutenção ou de intervenções em linhas existentes.

### **2.1 Caracterização da empresa Somafel S.A.**

A Somafel é uma empresa que foi fundada em novembro de 1956 e desde o seu início que tem mantido viva a tradição ferroviária em Portugal [6].

No princípio a denominação desta empresa era “Somafel – Sociedade de Materiais Ferroviários, Lda.”, presentemente tem a denominação de “Somafel – Engenharia e Obras Ferroviárias, S.A.” [6].

Pode-se afirmar que foi uma das primeiras empresas portuguesas privadas e com capacidade de resposta para execução de todos os tipos de trabalhos ferroviários, sem necessidade de recorrer a empresas externas. Dado o crescimento do volume de trabalhos ao longo dos anos foi, e por vezes ainda é necessário recorrer a outras empresas através da contratação de subempreitadas, para a execução de obras públicas mas igualmente de obras particulares.

Em Portugal tem duas localizações fixas, começando pela sede situada no Lagoas Park, em Porto Salvo – Lisboa. Ainda em Portugal e onde o estágio decorreu, existe o POC, que fica situado em Carregal do Sal. A empresa também tem representação fora do país onde até à presente data estão a decorrer obras sendo elas: em Marrocos, Argélia, Brasil, Reino Unido e Gabão. Também já executou obras em Angola e Moçambique, França e Tunísia.

### 2.1.1 Trabalhos de via

A Somafel está capacitada com diversos tipos de equipamentos e tecnologia, tendo uma grande e vasta experiência, para todas as intervenções no âmbito da via-férrea, incluindo as de alta velocidade, desde a construção de vias novas, renovação integral da via ou na realização de ações de manutenção.

No que diz respeito à Renovação Integral de Via (RIV) trata-se de um processo em que se procede à substituição dos materiais da superestrutura da via, em fim de ciclo de vida ou que decorre da necessidade de otimização do desempenho das vias-férreas. Este processo tem como característica principal a condicionante de em geral ser realizado com as vias em exploração, ou seja, com necessidade de recurso a trabalhos em períodos de suspensão da circulação ferroviária [6].

A Somafel tem vasta experiência neste tipo de intervenções, nomeadamente:

- A substituição de via corrida com pórticos (Figura 2.1);
- Substituição de AMV (Figura 2.2);
- Desguarnecimento mecânico pesado (Figura 2.3);
- Descarga de balastro (Figura 2.4);
- Regularização mecânica (Figura 2.5).



Figura 2.1 - Pórticos hidráulicos para substituição de via. [6]



Figura 2.2 - Pórticos hidráulicos para substituição de AMV. [6]



Figura 2.3 - Desguarnecedora-crivadora de balastro. [6]



Figura 2.4 - Vagão balastreiro. [6]



Figura 2.5 - Regularizadora de balastro com silo. [6]

Quanto à construção de vias novas trata-se de um tipo de obra diferente, isto porque acontece com base numa plataforma para assentamento de via totalmente nova, e assim não existe o levantamento de material existente, nem a situação de se ter em conta a exploração da ferrovia. Também neste campo a Somafel possui diverso equipamento pesado, apesar do mesmo poder ser utilizado em ambos os casos, via nova e via existente, como por exemplo:

- Atacadeira (Figura 2.6);
- Esmeriladora de carris (Figura 2.7);
- Estabilizadora dinâmica (Figura 2.8);
- Máquina de soldadura elétrica (Figura 2.9).



Figura 2.6 - Atacadeira pesada. [6]



Figura 2.7 - Esmeriladora de carris. [6]



Figura 2.8 - Estabilizadora dinâmica de via. [6]



Figura 2.9 - Máquina de soldadura elétrica de carris. [6]

### 2.1.2 Trabalhos de Catenária

Em 1993 a Somafel começou a desenvolver a sua atividade na especialidade de catenária, criando um departamento com essa finalidade. Desde o início que se dotou de equipamentos como dresines com grua (Figura 2.10) e veículos motorizados tipo estrada/carril (Figura 2.11) bem como de recursos técnicos humanos adequados ao desempenho da função, onde também está incluído um gabinete de projeto da especialidade. Desde então tem desenvolvido diversos trabalhos da especialidade para os Caminhos de Ferro Portugueses (CP), Rede Ferroviária Nacional (REFER), Infraestruturas de Portugal (IP) e mais recentemente para o Metro do Porto (MP), Metro do Sul do Tejo (MST), em França para a *Société Nationale des Chemins de Fer Français* (SNCF), na Tunísia para a *Société des Transports de Tunis* (TRANSTU) e na Argélia e para a *Agence Nationale d'Études et de Suivi de la Réalisation des Investissements Ferroviaires* (ANESRIF).



Figura 2.10 - Dresine com grua e plataforma elevatória. [6]



Figura 2.11 - Veículo automotriz, tipo estrada / carril. [6]

### 2.1.3 Trabalhos de Manutenção

Relativamente à conservação / manutenção de via, desde 1974 tem sido em Portugal uma das atividades mais importantes e ininterrupta na rede ferroviária nacional. Este tipo de atividade é efetuada com as vias em exploração, sendo geralmente realizada, dependendo do tipo de manutenção, em regime laboral noturno com interdições de via.

Nos atuais contratos de manutenção assinados com a IP, as ações de manutenção são subdivididas em três grupos:

- Manutenção Preventiva Condicionada (MPC) como por exemplo ataque mecânico pesado (Figura 2.12);
- Manutenção Preventiva Sistemática (MPS), como por exemplo manutenção de lubrificadores (Figura 2.13);
- Manutenção Corretiva (MC) como por exemplo substituição de JIC por fecho (Figura 2.14), e ataque ligeiro (Figura 2.15).

Ações de manutenção são realizadas também na catenária nomeadamente reparação de catenária (Figura 2.16) e substituição de cablagem com bobines (Figura 2.17).

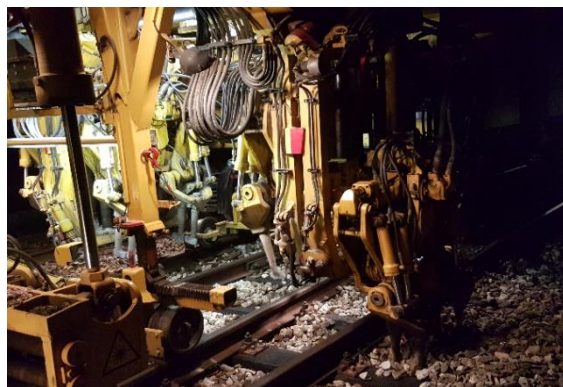


Figura 2.12 - Ataque mecânico pesado.

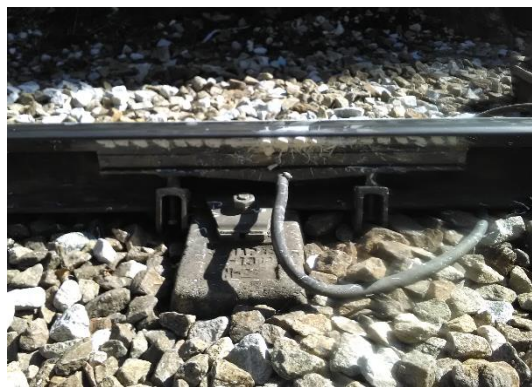


Figura 2.13 - Manutenção de lubrificador.



Figura 2.14 - Substituição de JIC por fecho.



Figura 2.15 - Ataque ligeiro.



Figura 2.16 - Reparação de catenária.

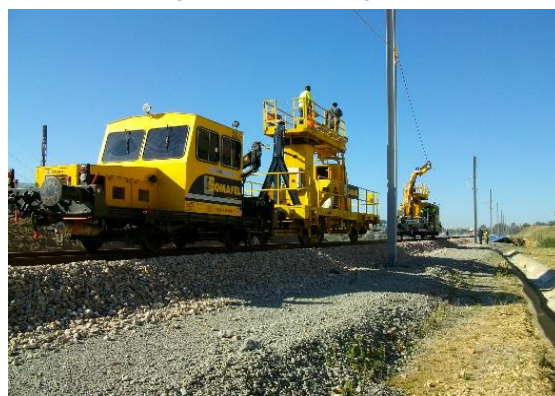


Figura 2.17 - Desbobinagem.

#### 2.1.4 Engenharia / Estudos e Projetos, Nacionais e Internacionais

Este departamento está em funcionamento desde 1994 e tem como objetivo dar resposta a concursos nacionais e internacionais, na conceção de obras de via-férrea e também de catenária, estando devidamente capacitado e dotado de técnicos e meios especializados.

## 2.2 Descrição do estágio e respetiva planificação

O estágio decorreu na empresa Somafel tendo como principal objetivo o acompanhamento da obra mencionada e dar a conhecer técnicas e procedimentos utilizados na empreitada em questão - “Substituição de travessas-monobloco” -, com todos os trabalhos complementares inerentes.

O estágio decorreu em três fases distintas:

- Acolhimento na empresa: na fase inicial do estágio, por um período de 2 dias, o estagiário foi colocado na sede da empresa, onde lhe foi dada a conhecer a estrutura e organização da empresa e o seu modelo de funcionamento.

Posteriormente e durante 60 dias foi integrado no Parque Oficial do Carregal (POC), onde teve a oportunidade de conhecer como funciona a organização e quais as funções de cada departamento;

- Acompanhamento dos trabalhos: no POC foi possível ter contato direto com os diversos equipamentos e pesados.

Foi igualmente possível a participação em reuniões no âmbito da empreitada da substituição das travessas, nomeadamente no que se refere à sua planificação. Nesta fase e por forma a consolidar os conhecimentos na área foi igualmente possível identificar os trabalhos a acompanhar.

- Acompanhamento da obra: concretização do contato direto com os trabalhos previstos, devidamente suportado no planeamento previamente elaborado. Em termos de enquadramento o estagiário foi colocado na dependência direta do diretor técnico da empreitada conforme se pode observar na Figura 2.18.

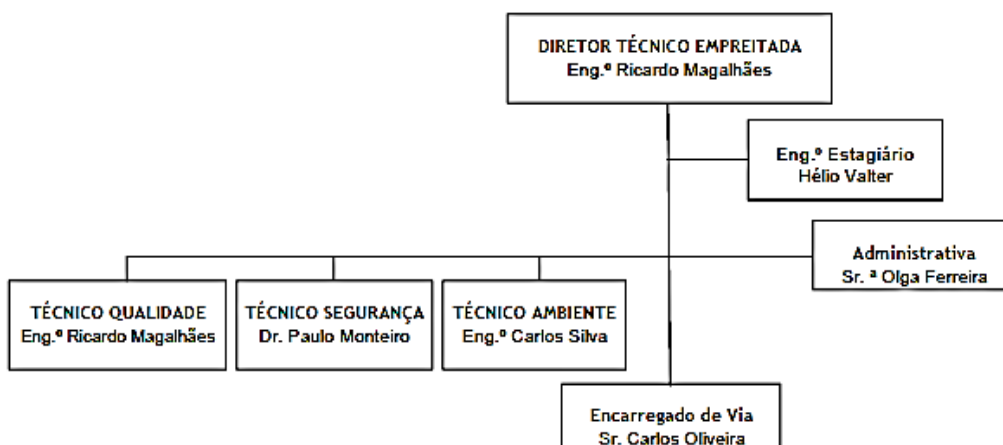


Figura 2.18 - Organograma da Obra.



### 3 VIA-FÉRREA

A via-férrea também designada por caminho-de-ferro constitui um dos sistemas de transporte, por onde circulam os comboios sobre dois carris, paralelamente predispostos. Este tipo de transporte é utilizado nos países com grande componente industrial, tendo nascido na Europa mais especificamente no Reino Unido, alastrando-se para a Ásia, nomeadamente para a Índia que tem uma taxa de população extremamente elevada. Nos continentes em desenvolvimento como África e América Latina, este sistema de transporte ainda não está tão desenvolvido e pouca manutenção tem.

#### 3.1 Conceitos gerais

A via-férrea sendo um sistema de transporte terrestre com elevada capacidade de transporte de carga e de pessoas apresenta vantagens significativas relativamente à rodovia.

Trata-se de um sistema que possui diversos conceitos, sendo estes bastante próprios e característicos que o distinguem da rodovia. Nos subcapítulos seguintes é feita a apresentação de algumas dessas especificidades.

##### 3.1.1 Bitola

Corresponde à distância entre as faces internas de dois carris da mesma linha, medida 15mm abaixo do plano de rolamento (Figura 3.1).

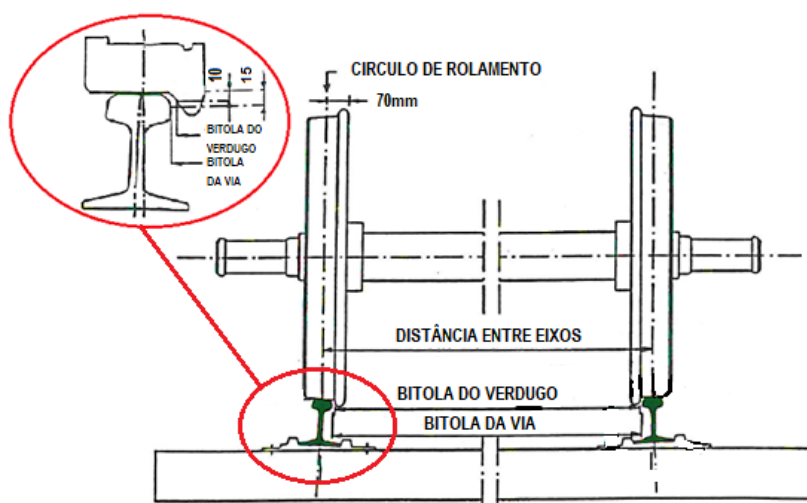


Figura 3.1 - Medição de Bitola. (adaptado) de [19]

Em Portugal, na rede tutelada pela IP, apenas existem as bitolas 1668mm (bitola ibérica) e 1000mm (bitola métrica).

Outras bitolas podem ser observadas em outras redes, nomeadamente:

- 1435mm, no Metropolitano de Lisboa, no Metro do Porto (MP) e no Metro do Sul do Tejo (MST);
- 900mm, na rede de elétricos da Companhia Carris de Ferro de Lisboa (CCFL).

Fora de Portugal as bitolas mais utilizadas são as seguintes:

- 1668mm, utilizada em Espanha;
- 1435mm na maioria dos países europeus;
- 1524mm, utilizada nomeadamente na Finlândia e na Rússia;
- 1067mm, utilizada em África do Sul e Central, principalmente em Angola e Moçambique, sendo também é utilizada no Japão, Indonésia, Taiwan, Filipinas, Nova Zelândia e Austrália;
- Via reduzida, utilizada em países de origem inglesa;
- 1676mm, utilizada na Índia, Paquistão, Argentina e Chile;
- 1600mm, utilizada na Irlanda, Austrália e Brasil;
- 1520mm, utilizada na Rússia, Estónia, Lituânia e Mongólia;
- 1430mm no metro de São Paulo;
- 1350mm em elétrico de Santos, única no mundo;
- 1100mm no elétrico de Santa Teresa;
- 800mm nas docas de Santos;
- 760mm na ligação de São João Del Rey;
- 600mm em Pirapóra;

### 3.1.2 Via Algaliada

Em casos especiais para permitir a passagem de composições com valores de bitolas diferentes, nos casos de interoperabilidade, implementam-se as denominadas vias algaliadas (Figura 3.2), que se podem definir como sendo uma via-férrea composta por mais do que uma bitola, tendo ela a capacidade de em simultâneo operar comboios com diferentes bitolas. Para isto acontecer, para além do par de carris normalmente instalados é necessário a incorporação de mais um ou até dois carris na via, dependendo do número de bitolas / linhas que se pretende instalar.



Figura 3.2 - Via algaliada, com 3 carris, 2 bitolas. (Mauro Vaz, Somafel, 2019)

### 3.1.3 Número de vias

Relativamente ao número de vias, a via-férrea pode ser classificada do seguinte modo:

- Via única (VU): esta via tem a particularidade de assegurar, não em simultâneo, a circulação nos sentidos ascendente e descendente;
- Via dupla: já esta linha, ao contrário da anterior, serve para a circulação de comboios nos dois sentidos, na via esquerda para o sentido ascendente, e na via direita para o sentido descendente (Figura 3.3).

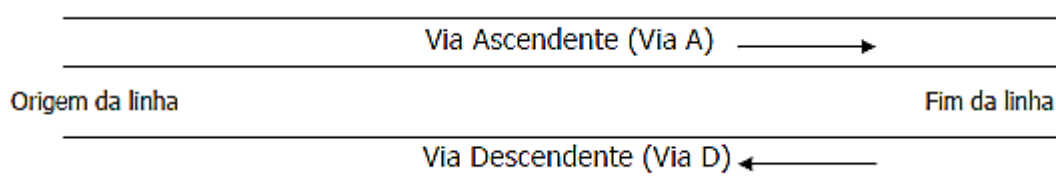


Figura 3.3 – Via dupla [8]

- Via múltipla: já este tipo de via é utilizado em zonas com elevada intensidade de tráfego de comboios. Como o próprio nome indica, é uma via com quatro linhas, sendo duas Ascendentes e duas Descendentes, em que normalmente uma em cada sentido destina-se a tráfego rápido, e as outras a tráfego lento, como se pode observar esquematicamente na Figura 3.4.

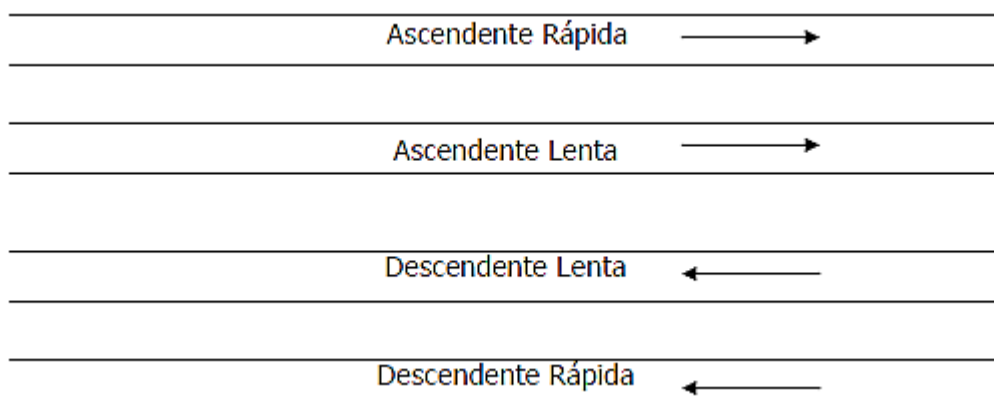


Figura 3.4 - Esquema de via múltipla. [8]

### 3.1.4 Entrevia

Define-se por entrevia ser o afastamento entre duas faces de guiamento dos carris de duas vias contíguas, medido pela face interior dos carris, no mesmo local como é medida a bitola (Figura 3.5).

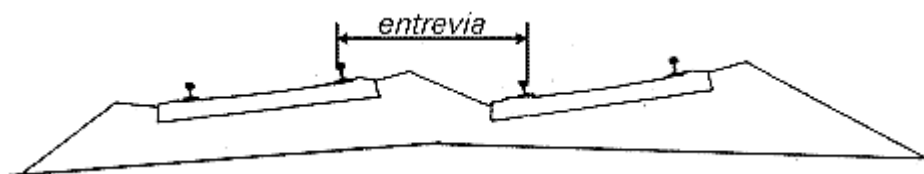


Figura 3.5 – Entrevia com escala [8].

### 3.1.5 Entreeixo

Entende-se por entreeixo o afastamento entre os eixos de duas vias contíguas. Estas dimensões são variáveis. No caso de Portugal, deve ser respeitada a dimensão mínima de 4300mm. Em linhas existentes o valor pode ser até 3808mm.

Na figura 3.6 pode observar-se o entreeixo para uma zona sem escala (reta ou curva sem escala) e na figura 3.7 numa zona com escala (curva).

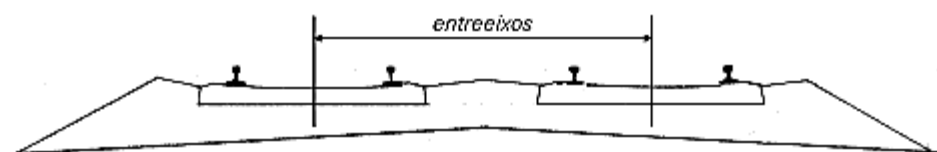


Figura 3.6 - Entreeixo de via sem escala. [8]

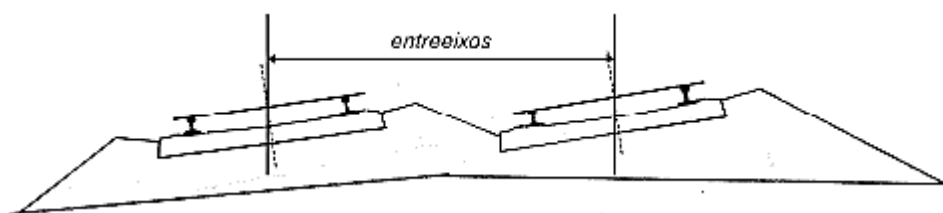


Figura 3.7 - Entreeixo de via com escala. [8]

### 3.1.6 Escala

Corresponde à diferença de cota entre a fila baixa e a fila alta (Figura 3.8) e tem como função contrariar o efeito da força centrífuga sobre os veículos em curva.

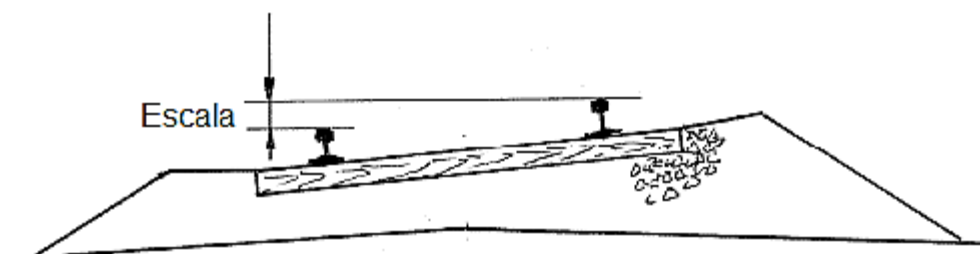


Figura 3.8 - Escala. (adaptado) de [8]

Este valor deve ser calculado por (3.1) perante diversas condicionantes, sendo elas a bitola, a velocidade, o raio e um coeficiente prático de escala, em que no caso da via-férrea portuguesa são dados pelo Quadro 3.1.

$$E = \frac{bv^2}{R} c \quad [8] \quad (3.1)$$

Em que:

- E – Escala (mm);
- b – Bitola da via (mm);
- v – Velocidade (Km/h);
- R – Raio da curva em planta (m);
- c – Coeficiente prático de escala (Quadro 3.1).

Quadro 3.1 - Coeficiente prático de escala. [8]

VIA LARGA		VIA ESTREITA	
traçados pouco sinuosos	traçados sinuosos	traçados pouco sinuosos	traçados sinuosos
c = 0,0048	c = 0,0042	c = 0,005	c = 0,004

### 3.1.7 Traçado geométrico

Ao longo do seu percurso, o traçado geométrico de uma linha contempla, tal como na rodovia, duas vertentes:

- Planimetria (alinhamento reto e curvas circulares);
- Altimetria (trainéis e curvas de concordância vertical).

A definição da geometria (planimetria e altimetria) deverá ser o mais possível integrada com a orografia do terreno a atravessar.

Na planimetria, o aspeto mais relevante prende-se com o raio das curvas em planta (Figura 3.9) uma vez que a circulação de composição sobre as mesmas conduzirá a esforços decorrentes da força centrífuga (3.2), razão pela qual se impõe, regra geral, a existência de escala (3.3).

$$F = m * \frac{v^2}{R} \quad (3.2)$$

$$h = 13,7 * \frac{v^2}{R} \quad (3.3)$$

Em que:

- F – Força centrífuga (N);
- m – Massa (Kg);
- $v^2$  – Velocidade (Km/h);
- R – Raio (m);
- h – Escala teórica para bitola ibérica (mm).

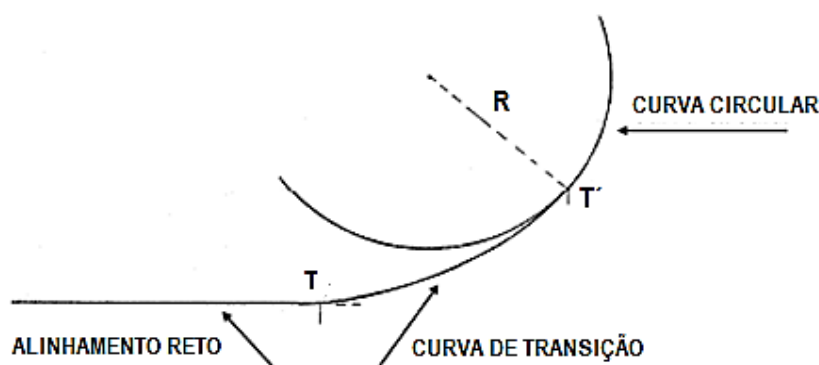


Figura 3.9 - Esquema das curvas de transição. (adaptado) de [8]

Ainda deve ser cumprido o normativo descrito na norma ENV13803 e na IT.VIA.023.

- O perfil longitudinal duma via de comunicação representa o seu percurso no que se refere a subidas e descidas (Figura 3.10).



Figura 3.10 - Perfil longitudinal tipo. (adaptado) de [8]

Existem diversos componentes constituintes deste traçado longitudinal a ter em consideração:

- Inclinação de trainel ( $i$ ): designa-se por inclinação de trainel ou também chamado de declive a relação que existe entre duas dimensões, a vertical e a horizontal. Esta é calculada por (3.4):
- Trainel: considera-se trainel um troço da via com inclinação constante. O trainel com inclinação nula designa-se por patamar.

$$i = \frac{a}{b} [8] \quad (3.4)$$

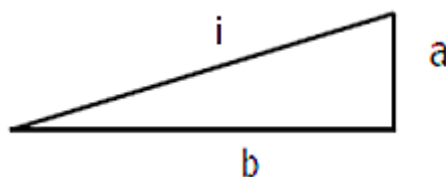


Figura 3.11 - Esquema de medição para cálculo da inclinação. (adaptado) de [8]

Em que:

- $i$  – Inclinação do trainel;
- $a$  – Distância medida na vertical;
- $b$  – Distância medida na horizontal.

Regra geral, as inclinações situam-se abaixo dos 15‰ sendo que, para linhas novas, para circulação de comboios de mercadorias não se deve ultrapassar os 12,5‰. Em linhas existentes verifica-se que as inclinações podem atingir valores na ordem dos

20‰, o que poderá, no caso do transporte de mercadorias, obrigar ao recurso a tração múltipla com todos os encargos daí decorrentes.

As inclinações podem ser positivas ou negativas, ou também descritas por a subir ou descer:

- Rampa ou sentido positivo, é quando o percurso é feito a subir;
- Pendente ou sentido negativo, acontece quando o percurso é feito a descer.

Para fazer a ligação entre dois trainéis utilizam-se curvas verticais, podendo ser côncavas ou convexas.

A definição das curvas verticais deverá ter em conta a aceleração vertical (fruto de velocidade a que é percorrida a curva) e a interação do material circulante (decorrente do afastamento entre os eixos do material circulante), conforme definido nos normativos em vigor, nomeadamente a IT.VIA.023 e ENV13803.

### 3.2 Tipos de via

Via-férrea é um conjunto de elementos que servem de base de sustentação e encaminhamentos de comboios [10].

A via-férrea é constituída por dois grandes grupos de elementos (Figura 3.12):

- A infraestrutura: sendo esta constituída pela plataforma da qual fazem parte as obras de arte e as infraestruturas, tais como os elementos de drenagem, sinalização, energia, telecomunicações e de monitorização e vigilância;
- A superestrutura: da qual fazem parte o chamado armamento de via, constituído pelos carris, travessas, balastro e o material de ligação e fixação.

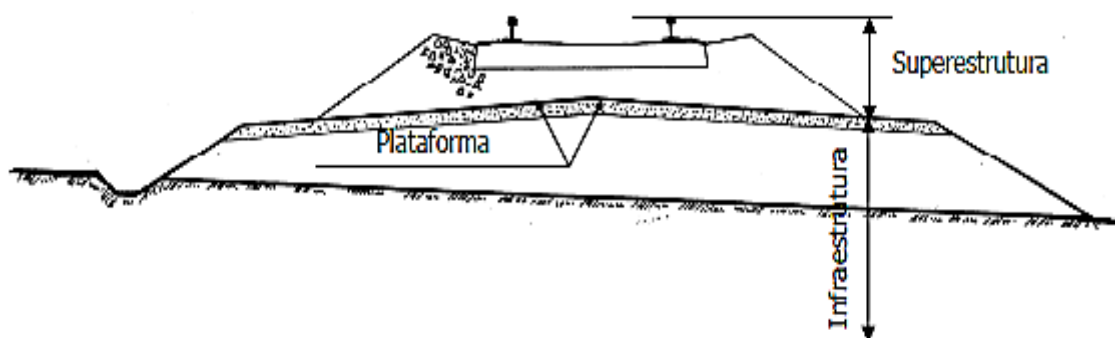


Figura 3.12 - Constituição da via-férrea. [8]

Existem diversos tipos de via, subdividindo-se em dois grandes grupos:

- A via balastrada: a sua principal característica é ter como um dos elementos constituintes o Balastro;
- Via não balastrada: substituição do balastro por outro elemento de suporte (betão, metálico, ...).

### 3.2.1 Via balastrada

A via balastrada, também denominada via convencional ou tradicional, tem esta designação por ser provida de balastro, elemento que lhe confere o seu comportamento elástico [11].

A via balastrada tem como elementos constituintes:

- Carril;
- Travessas;
- Elementos de fixação;
- Elementos de ligação;
- Balastro.

Estes são os elementos constituintes de armação de via (Figura 3.13), também designado por superestrutura. Abaixo desta existe ainda a infraestrutura ou subestrutura. Nesta última incluem-se as camadas de sub-balastro, a camada de

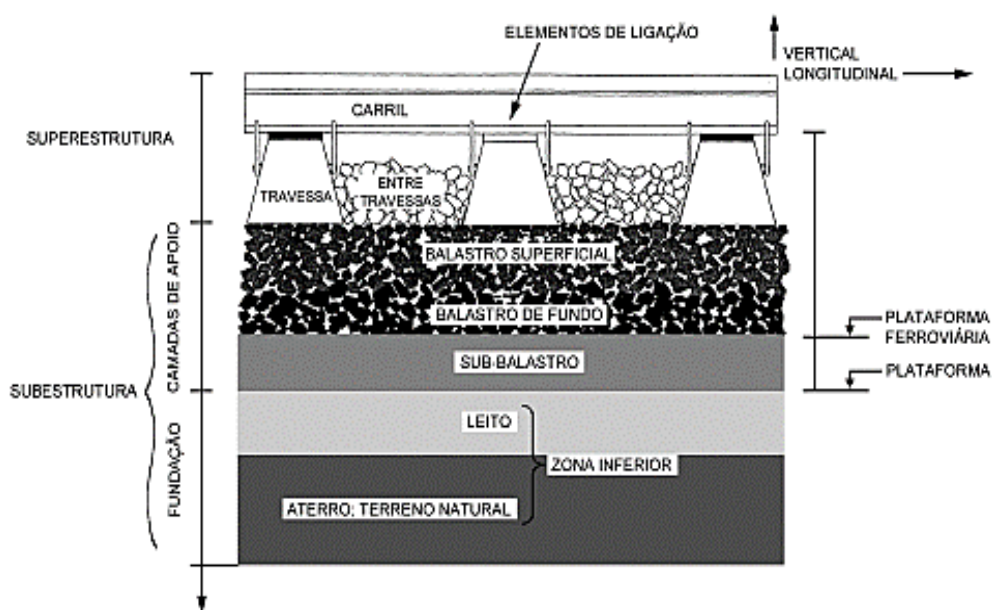


Figura 3.13 - Elementos constituintes de uma via balastrada. [12]

coroamento e a plataforma. Ainda existem os elementos de drenagem, sinalização, eletrificação, telecomunicações, sistema de monitorização e vigilância.

Na maioria dos casos este tipo de via permite atingir e manter os requisitos de qualidade geométrica de forma económica, beneficiando do fato de as degradações da geometria que ocorrem poderem ser corrigidas por equipamentos mecânicos automáticos [12].

Os elementos constituintes da superestrutura de uma via balastrada (Figura 3.14) são elementos de desgaste por vezes elevados, dependendo do tráfego de passagem nessa via (frequência e cargas).

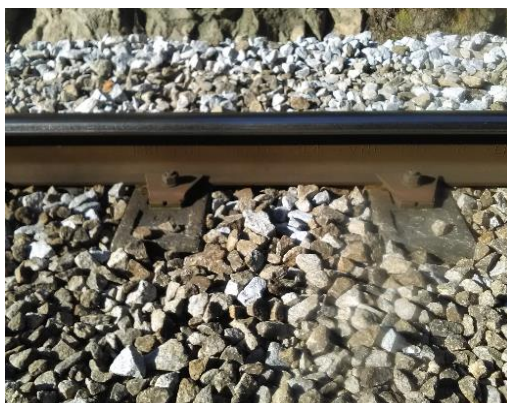
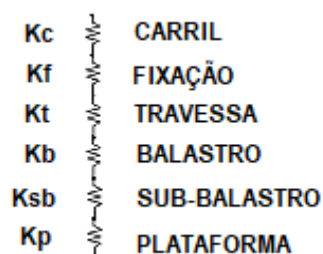


Figura 3.14 - Via balastrada.

Este tipo de via oferece um bom comportamento entre a rigidez e o amortecimento das cargas transmitidas pelos comboios.

Diversos autores estudaram o comportamento da via balastrada, e *Berggren* [13], através do estudo dos materiais constituintes deste tipo de via assumiu que o módulo de rigidez tem um valor de 100Kn/mm.



$$\frac{1}{K_{mod}} = \frac{1}{K_c} + \frac{1}{K_f} + \frac{1}{K_t} + \frac{1}{K_b} + \frac{1}{K_{sb}} + \frac{1}{K_p}$$

Figura 3.15 - Modelo de rigidez da via balastrada. (adaptado) de [13]

A rigidez é um parâmetro de cálculo que está ligado ao somatório do comportamento elástico, de todos os seus materiais constituintes (Figura 3.15).

Existem três fatores a ter em consideração no comportamento da subestrutura:

- Características físicas e comportamento mecânico do terreno de fundação;
- Percentagem de água presente nos terrenos de fundação;
- Os materiais constituintes da camada de sub-balastro.

Sub-balastro: esta camada está localizada entre o terreno de fundação e a camada de balastro, tem na sua constituição, material de granulometria extensa, mas também apresenta uma espessura geralmente de 30cm [14].

Esta camada deve estar devidamente limpa sem outro tipo de materiais como a madeira, matéria orgânica, metal, plástico e outro tipo de rochas que não sejam as estipuladas em Caderno de Encargos, devendo igualmente respeitar a granulometria definida.

Ao ser dimensionada esta camada devem-se ter em consideração dois aspetos:

- As características e condições em que a fundação se encontra e qual a sua capacidade de suporte de carga;
- A carga limite para que a camada de balastro está preparada a receber.

Plataforma: esta pode ser designada juntamente com a camada de coroamento como a fundação da via-férrea. Abaixo da camada de coroamento pode estar o terreno natural devidamente decapado de terra vegetal, ou em casos alternativos ser constituída por um aterro de solos selecionados.

A mais importante solicitação sobre a plataforma resulta das cargas devidas à passagem dos comboios, as quais têm dois aspetos fundamentais, que são a sua respetiva grandeza e o fato de serem cargas repetidas [12].

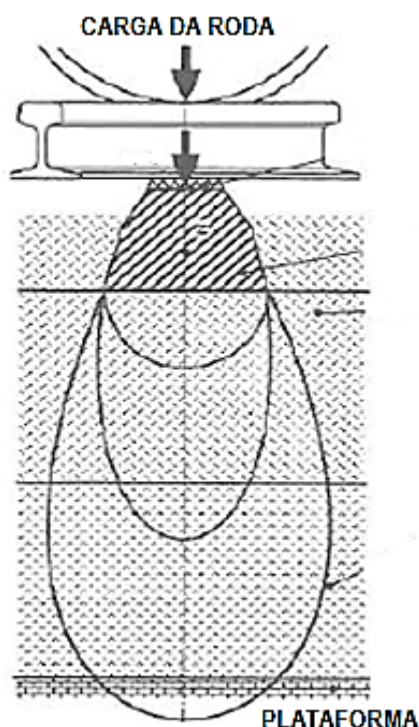


Figura 3.16 - Bolbo de cargas transmitidas. (adaptado) de [43]

Através do estudo geotécnico que é feito à plataforma com as cargas transmitidas pela passagem dos comboios, resulta o chamado bolbo de cargas (Figura 3.16), que pode ser calculado em cada uma das camadas constituintes abaixo da base das travessas.

No topo da plataforma situa-se a camada de coroamento. Essa camada de coroamento serve para regularizar a fundação, podendo ser tratada com diversos tipos de materiais tais como por exemplo *tout-venant*, cal, cimento, betão betuminoso, ou geossintéticos, ficando assim a superfície desempenada e pronta a receber a camada de sub-balastro, ou na ausência desta a camada de balastro.

As vantagens da via balastrada, são:

- Existe uma longevidade histórica e vasta experiência de todos os materiais a aplicar;
- Este tipo de via é de fácil manutenção, reparação e substituição integral;
- Apresenta um bom comportamento à dissipação de ruído e vibração que lhe é inculcida à passagem dos comboios;
- Todos os seus materiais constituintes podem ser reciclados e em alguns casos até ser reaplicados;
- Relativamente a uma via não balastrada tem custos mais baixos de construção.

As desvantagens da via balastrada, são:

- Com a passagem dos comboios podem acontecer eventuais projeções de balastro;
- Requer uma manutenção constante dos materiais constituintes da superestrutura.

### 3.2.2 Via não balastrada

Este tipo de via não contém balastro, apresenta uma constituição diferente de superestrutura, dependendo do tipo de apoio do carril.

O tipo de apoio do carril neste tipo de via pode ser discreto ou contínuo. No entanto ainda dentro destes dois tipos de apoios existem outros tipos de via que são distinguidos pelo tipo de apoio das travessas, ou pelo tipo de apoio do carril (Figura 3.17).

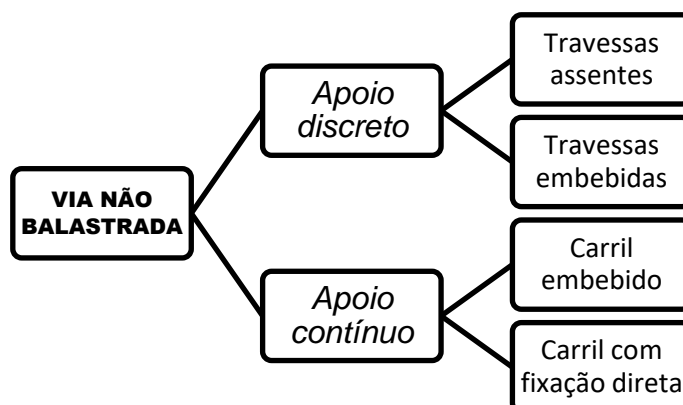


Figura 3.17 - Tipos de Via não Balastrada.

Em termos de apoio discreto, as travessas podem ser assentes, ou embebidas numa laje de betão (Figura 3.18), no entanto em seu torno é instalada uma manta em borracha com uma espessura de 5 a 6mm (Figura 3.19). Esta manta de borracha serve para dissipar as vibrações transmitidas pelo carril.



Figura 3.18 - Apoio discreto com travessas assentes.



Figura 3.19 - Apoio discreto com travessas embebidas.  
(Mauro Vaz, Somafel, 2016)

Neste tipo de via facilmente se podem identificar três camadas. Começando de cima para baixo, sendo elas:

- Laje de betão ou mistura betuminosa: estas camadas servem para o suporte de armamento de via, segundo *Esveld* [14] estas camadas também são conhecidas por CSL - *Concrete Supportive Layer* e no caso da betuminosa ASL- *Asphalt Supportive Layer* [16];
- Camada de agregados tratada: nesta camada podem-se encontrar várias dimensões de agregados, que devem sempre obedecer ao fuso de cálculo constante no Caderno de Encargos. Em casos excecionais esta camada não sendo suficiente para a dissipação das cargas deve ser tratada com ligantes hidráulicos, podendo ser em cal hidráulica ou cimento, e neste caso pode ser camada HBL- *Hydraulic Bonded Layer* [16];
- Camada de agregados: esta camada similar à anterior apresenta uma constituição também de agregados britados mas de granulometria maior. Não é tratada e serve de base para suportar as cargas transmitidas pela camada superior; esta camada contribui imenso para a drenagem eficaz do pavimento, tendo uma granulometria superior à anterior e contém espaços vazios maiores. Logo como tal protege a ação de gelo e degelo e também é chamada de FPL - *Frost Protection Layer* [16].



Figura 3.20 – Travessas de madeira na ponte de Constância. Figura 3.21 - Metro Argélia. (Mauro Vaz, Somafel, 2016)

Em alguns casos os carris assentam nas travessas e estas assentam diretamente na estrutura da ponte (Figura 3.20) ou, no caso do metropolitano, as travessas estão embebidas numa laje de betão (Figura 3.21).

O módulo de rigidez deste tipo de via também depende de todos os seus materiais constituintes. Segundo *Billow* [15] deve ser entre 800 e 900 Kn/mm, superior ao da via balastrada.

Este tipo de via tem algumas características próprias nomeadamente:

- Em geral tem uma profundidade entre os 800mm e os 900mm de acordo com o estudo de Michas [16], como se pode ver no esquema da figura 3.22;
- Também de acordo com o estudo de *Michas* [16], para este tipo de pavimento a camada base que serve de drenagem, tem cerca de 300mm;
- Abaixo da camada de base tem o solo de fundação, e este deve ter um módulo de deformabilidade superior a 60N/m<sup>2</sup>. No caso de vias novas, no que concerne a vias existentes em plena exploração, nunca deve ser inferior a 45N/m<sup>2</sup>, segundo *Billow* [15].

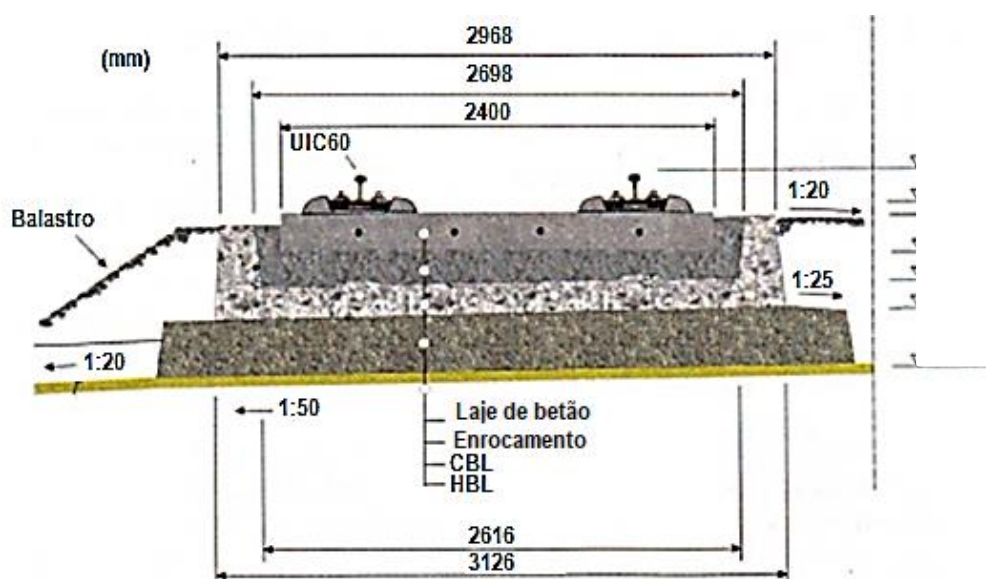


Figura 3.22 - Laje em betão com profundidade de 840mm. (adaptado) de[16]

A camada superior em laje de betão, para este tipo de via segundo *Billow* [15] deve ser de uma classe C30/37 (Figura 3.23), contendo uma quantidade de cimento entre 350 a 370Kg/m<sup>3</sup>.

A laje de betão deve ter uma espessura não inferior a 200mm. Também esta pode ser armada, com e sem passadores, dependendo segundo *Billow* [15] do cálculo resultante do Tráfego.

- 1- Carril
- 2- Fixações
- 3- Camada betuminosa
- 4- Camada de betão
- 5- 625mm
- 6- 4950mm
- 7- 15mm
- 8- Plataforma

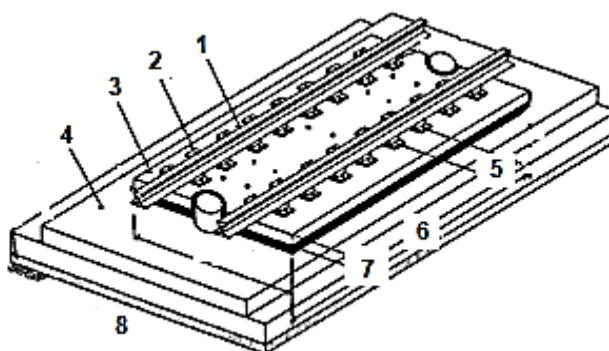


Figura 3.23 - Camada superior em Mistura betuminosa. (adaptado) de [15]

No caso da camada superior ser em mistura betuminosa, este tipo de camada (Figura 3.23) segundo *Billow* [15], para além de no mínimo ter uma espessura de 200mm, deve ser aplicada entre três a quatro camadas.

Como em todas as misturas betuminosas, esta também é constituída por diversos agregados de várias dimensões, que variam entre o *filler* até uma dimensão máxima de

40 mm. Segundo o EAPA [17], esta camada também deve estar preparada para temperaturas superiores a 50°C.

Este tipo de camada justifica-se com o aspeto relacionado com a elasticidade da via, ou seja está preparada para níveis de deformação maiores relativamente à camada de betão, como tal está preparada para níveis de tensão superiores maiores.

Também é de conhecimento comum, na área de Engenharia, que uma camada de betuminoso permite uma rápida execução de trabalhos relativamente ao betão. Para além disso após a sua aplicação rapidamente adquire resistência.

### **3.3 Superestrutura - Materiais de via**

Desde o século XIX, época em que iniciou o funcionamento do caminho-de-ferro que até aos dias de hoje tem estado em constante evolução, estando diretamente ligado aos avanços tecnológicos das composições circulantes como também aos tipos de materiais que utiliza. Como tal é de grande importância a análise dos tipos e características de cada material utilizado, quais as suas aplicações e respetiva localização na superestrutura, e por último as condições em que pode ser aplicado.

Conforme já referido a superestrutura contempla:

- Carril;
- Travessas;
- Elementos de fixação;
- Elementos de ligação;
- Balastro.

A superestrutura da via, pelos seus componentes básicos, carris, travessas e balastro, tem por objetivo absorver as cargas induzidas pelo tráfego das composições ferroviárias, dissipando-as de tal forma que, ao atingir o subleito, elas sejam inferiores à sua capacidade de suporte [18].

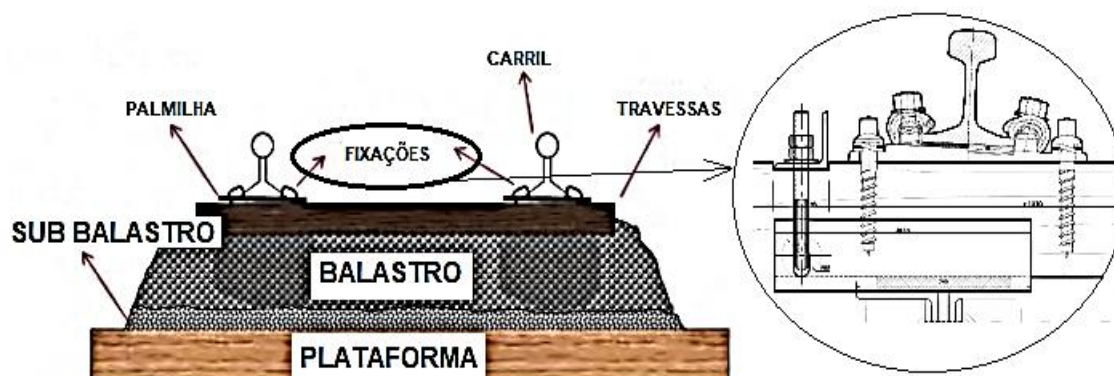


Figura 3.24 - Constituição da superestrutura – via balastrada. Adaptado de [44] [45]

Na figura 3.24, pode-se observar a constituição da superestrutura, com pormenor da zona das fixações.

A superestrutura, também denominada como armamento de via, recebe todos os esforços diretamente incutidos pelo tráfego. Todos os elementos constituintes estão sujeitos à degradação dos esforços incutidos pelo material circulante, porém também sofrem degradações devido ao meio ambiente em que se encontram.

Quando as travessas assentam diretamente sobre uma laje de betão armado ou não armado, e, também quando os carris assentam diretamente sobre uma viga é entendida como uma estrutura rígida.

Embora não o sendo, no caso de vias balastradas o seu modelo de cálculo pode aproximar-se de um modelo elástico.

Relativamente à distribuição de cargas as mesmas são distribuídas por cada um dos elementos constituintes até chegar à plataforma conforme se ilustra na figura 3.25.

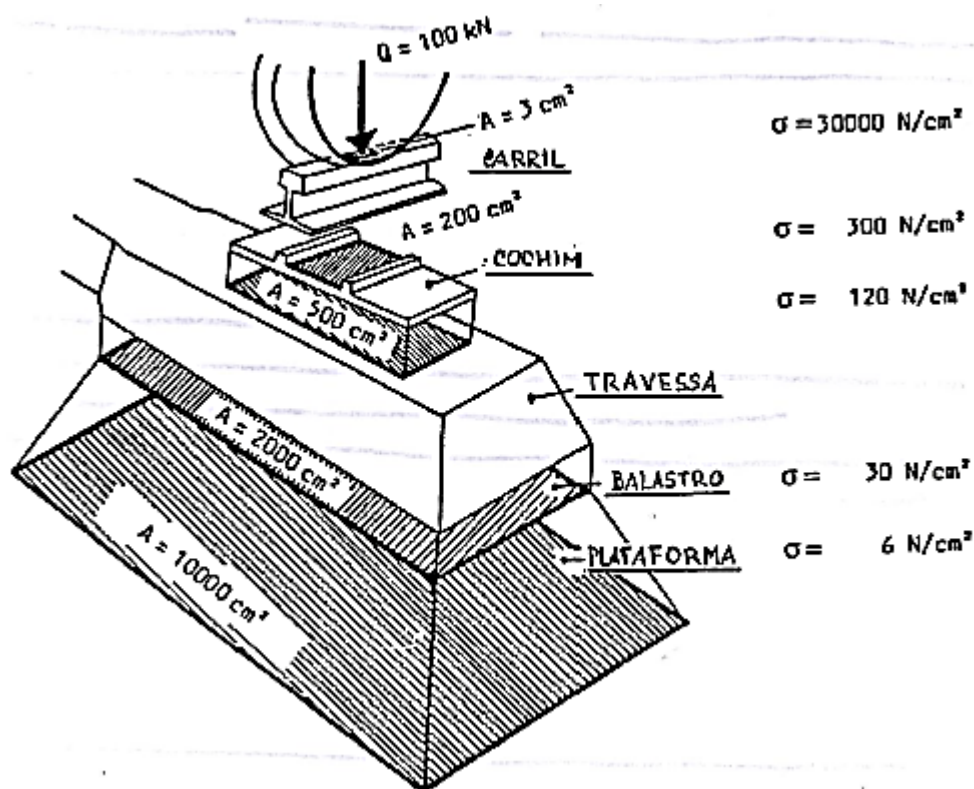


Figura 3.25 - Processo de transmissão das tensões. [45]

### 3.3.1 Balastro

Como definição geral pode-se dizer que o balastro é uma camada de pedra britada sobre a qual assenta o conjunto das travessas com os carris [19].

É de fácil compreensão que a camada de balastro se destina ao encastramento (Figura 3.24) das travessas funcionando também como “almofada” para a distribuição das cargas (Figura 3.26) que serão distribuídas pela plataforma da via.

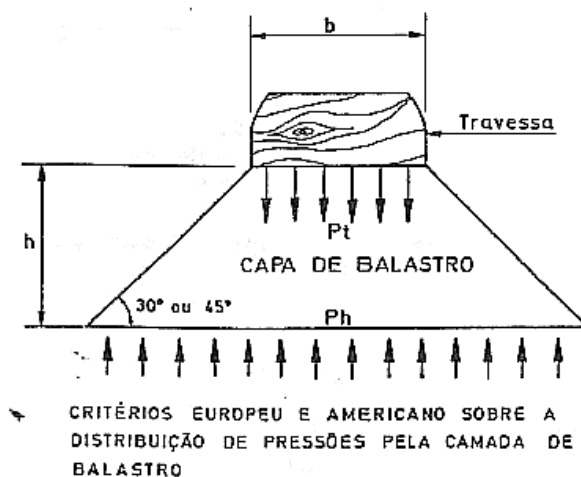


Figura 3.26 - Distribuição de pressões pela camada de balastro. [10]

Estando as travessas “encastradas” no balastro permitem contrariar os deslocamentos longitudinais e transversais a que a via está sujeita, sejam eles resultantes da circulação das composições ou das variações da temperatura.

Assim as principais funções do balastro são:

- Conceder estabilidade à via;
- Distribuição na plataforma as cargas resultantes da circulação dos comboios;
- Função de elasticidade, amortecendo os choques provocados pela circulação dos comboios;
- Oposição às deslocações transversais e longitudinais da via;
- Facilitar a circulação de águas pluviais;
- Reposição da qualidade geométrica da via, através de meios mecânicos, por meio de métodos expeditos.

Habitualmente usa-se para o balastro granito (Figura 3.27) podendo também ser usado o diorito (Figura 3.28).



Figura 3.27 - Balastro na pedreira, granito.



Figura 3.28 - Balastro na pedreira, diorito.

O diâmetro médio do balastro está associado à degradação das cargas. Este não deve ser inferior a 25mm em via velha, onde se executa recuperação e depuração do balastro existente. Em via nova o balastro a aplicar não deve ser inferior a 30mm. Em Portugal o balastro deve obedecer ao normativo IT.GEO.001.02 [20].

Para apurar a qualidade do balastro, são realizados diversos ensaios:

- Resistência mecânica;
- Resistência à fragmentação de acordo com a NP EN 13450:2002 anexo C;
- Resistência ao desgaste de acordo com a NP EN 13450:2002 anexo E e características geométricas, nomeadamente a dimensão;
- Granulometria NP EN 933-1 e 2:2000;

- Quantidade de partículas finas NP EN 933-1:2000, finos NP EN 933:2000;
- Quanto à forma nomeadamente índice de achatamento NP EN 933-3, Índice de forma NP EN 933-4 e Comprimento.

Também se analisam os elementos prejudiciais, nomeadamente fragmentos de rochas alteradas, friáveis, grumos argilosos ou silteosos e elementos estranhos à rocha a utilizar, tais como pedaços de madeira, de plástico e de metal [20].

A verificação e auditoria do controlo realizado pelo fornecedor é efetuado pela IP, diretamente ou através de uma entidade por si contratada para essa finalidade e abrange a determinação da qualidade da rocha, a comprovação das características do produto acabado e a aprovação das condições de fornecimento, carga e transporte do balastro e da gravilha [20].

### 3.3.2 Travessas

As travessas são elementos transversais sobre ao quais os carris assentam. A roda do comboio transmite tensões elevadas ao carril. Consequentemente essas tensões são transmitidas à travessa e degradadas à camada de balastro.

As travessas mais vulgarmente utilizadas no caminho-de-ferro são as de:

- Madeira (Figura 3.29);
- Betão armado bi-bloco (Figura 3.30);
- Betão armado esforçado monobloco (Figura 3.30);
- Metálicas (Figura 3.31);
- Material compósito (Figura 3.32).



Figura 3.29 - Travessas de madeira.



Figura 3.30 - Travessas bi-bloco em cima, Travessas monobloco em baixo.



Figura 3.31 - Travessas metálicas. [46]



Figura 3.32 - Travessas em material compósito. [47]

As travessas presentemente mais usadas na via-férrea nacional são as de betão armado pré-esforçado, podendo ser de dois tipos: do tipo monobloco e bi-bloco (Figura 3.30).

As vantagens da utilização deste tipo de travessas, em detrimento do uso de travessas de aço ou de madeira, são a resistência e a durabilidade. No entanto, apresentam também algumas desvantagens, tais como: maior dificuldade de manuseamento, maior fragilidade, conservação mais cara, maior dificuldade em manter o nivelamento em plataformas medíocres, em face das forças de inércia mais importantes que se mobilizam à passagem das cargas, [12]. É de referir que atualmente esta situação mudou, pois as travessas de madeira são de preço mais elevado do que as de betão.

O espaçamento entre as travessas é definido pela IT.VIA.004.01. As travessas serão dispostas com os seus eixos longitudinais perpendiculares ao eixo da via (quadradas) e distanciada de 0,60m umas das outras [22].

As travessas de betão do tipo monobloco (Figura 3.33) têm uma massa de 295 Kg, possuindo as seguintes dimensões: comprimento (c)= 2,60m, com uma tolerância de +10mm e -5mm; largura (l)= 0,300m, com uma tolerância de +3mm e -1mm, e altura de 0,251m, com uma tolerância de +6mm e -2mm. Estas dimensões estão definidas na IMV-019, nas peças desenhadas M-99205 e M-99207 [23].

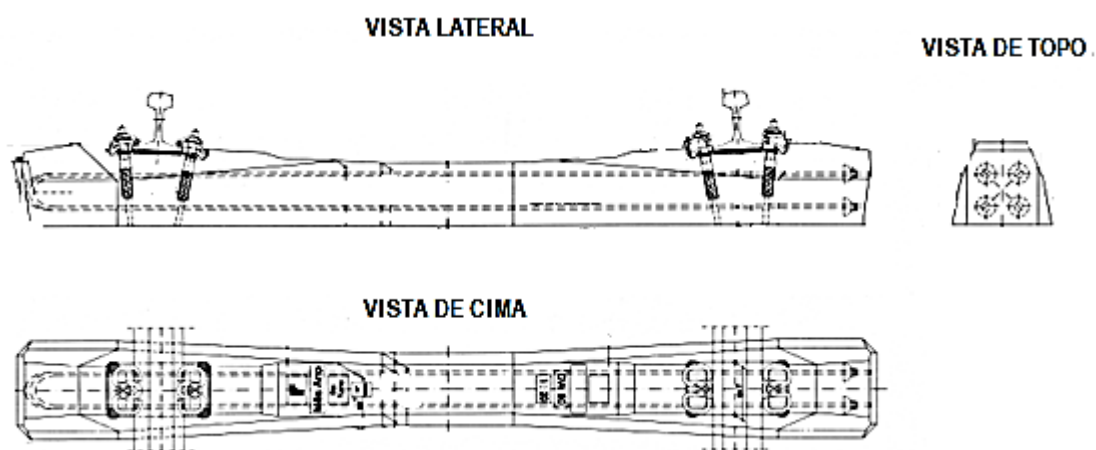


Figura 3.33 - Desenho esquemático de travessa monobloco. (adaptado) de [23]

As principais funções das travessas são:

- Servir de suporte aos carris, onde são fixados e assegurada a posição no que se refere à cota, garantindo a bitola e o tombo;
- Manter a estabilidade da via nos planos horizontal e vertical, relativamente aos fatores de peso próprio, variações de temperatura, bem como em relação aos esforços dinâmicos inculidos à passagem dos comboios;
- Receber os esforços resultantes das cargas verticais e ações horizontais transmitidas pelos carris.

As travessas de betão surgiram há cerca de 45 anos. Desde o seu início surgiram diversos tipos de travessas:

- *Dywidag*;
- *Costain*;
- *Casa Grande*;
- *Dow-Mac*;
- *Cristian Nielsen*;
- *Thosti*.

As mais utilizadas a nível mundial são as *Dywidag*. A travessa monobloco de betão foi criada para dar maior estabilidade à via e diminuir as operações de conservação [10].

### 3.3.3 Carril

Os carris são perfis de aço laminado, em que se podem distinguir três partes bastante distintas (Figura 3.34):

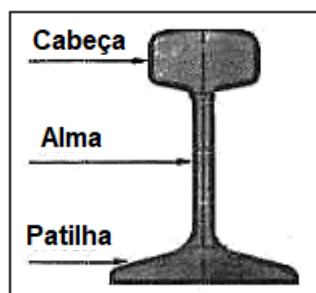


Figura 3.34 - Constituição do carril. [48]

- Cabeça: Parte superior do perfil, a sua face serve para rolamento;
- Alma: Elemento vertical que liga a cabeça à patilha;
- Patilha: Base inferior do carril, com a maior largura, que oferece a maior resistência à inclinação transversal dos carris, esta parte assenta nas travessas, alternada com uma palmilha.

Este elemento caracteriza-se principalmente pelo contato entre ele próprio e a roda do comboio. O carril permite o guiamento do comboio e tem ainda como funções:

- Transmitir parte da energia elétrica necessária à sinalização da via;
- Resistir às tensões resultantes da passagem dos comboios.

Existem diversos tipos de carril, desde o de 26Kg, passando pelo de 54Kg (54E1), até ao perfil 60Kg (60E1). As características físicas deste perfil são as constantes na figura 3.35.

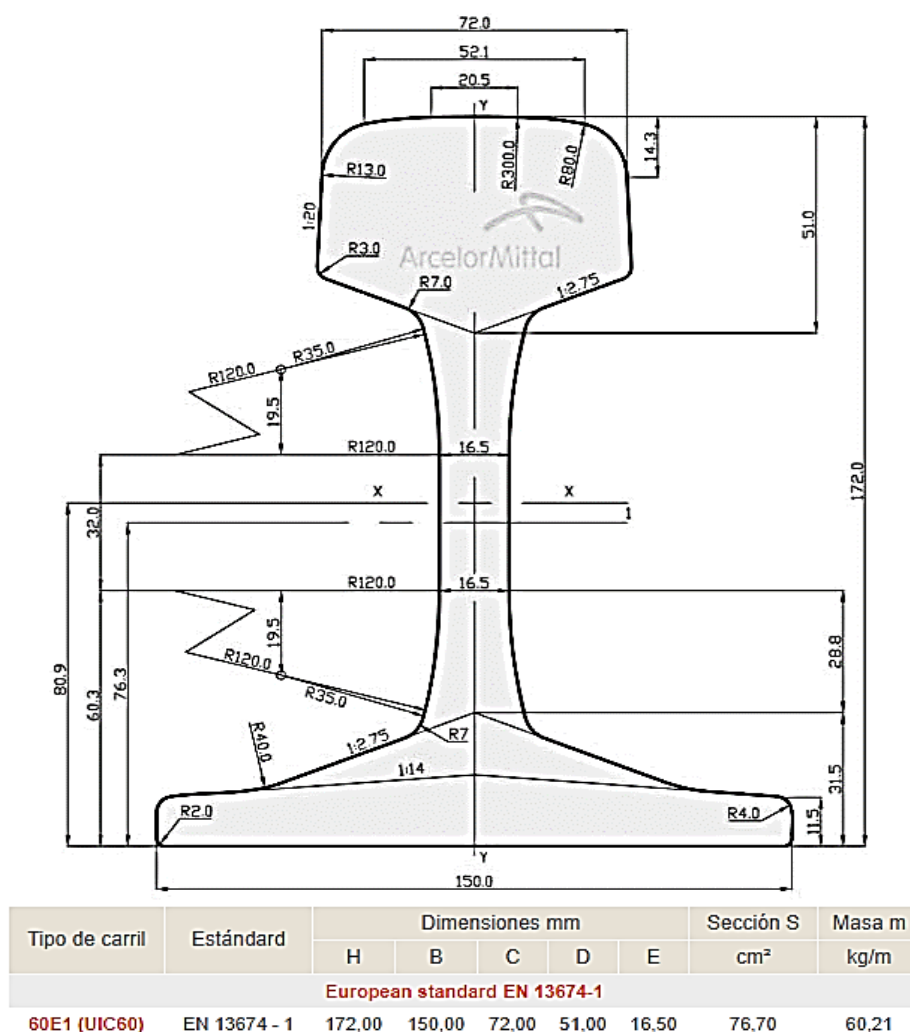


Figura 3.35 - Perfil de carril UIC60. [49]

Este perfil é fabricado segundo a norma europeia EN 13674-1 e tem uma massa de 60,21Kg/m.

Ainda e relativamente às características físicas, são de salientar as seguintes:

- Resistência mínima à tração é de 70Kg/mm<sup>2</sup>;
- Resistência ao desgaste é entre 90 Kg/ mm<sup>2</sup>;
- Resistência à tração é de 110 Kg/ mm<sup>2</sup>;
- Massa de 60,21Kg/m;
- $\lambda = 1,05 \times 10^{-5}$ ;
- Módulo de  $E = 2 \times 10^4 \text{Kg/cm}^2$ ;
- Dureza de 210 a 250 ud *Brinell*;
- Alongamento de rotura de 9 a 14%.

No que diz respeito à fabricação, os comprimentos dos carris são variáveis produzindo-se com 18, 36, 72 e 100m ou mais.

O carril pode ser denominado de barra curta, com um comprimento máximo de 36m, e barra longa soldada – BLS. As denominadas de barras curtas são usadas nas filas interiores ou em zona de curva na fila baixa (Figura 3.36). No que diz respeito à BLS regra geral tem um comprimento mínimo de 300m (Figura 3.37).

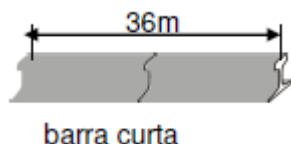


Figura 3.36 - Barra curta. [26]

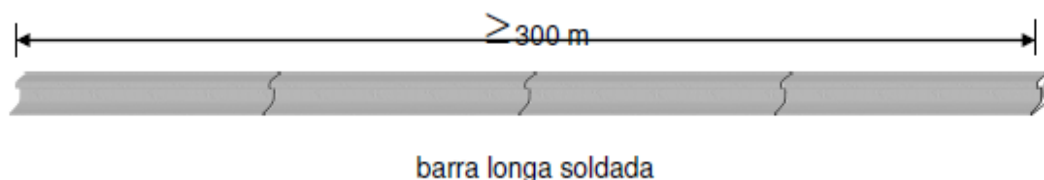


Figura 3.37 - Barra longa soldada. [26]

As barras têm uma face da cabeça com melhor acabamento. Esta face é destinada ser a face de guiamento da roda do comboio, ficando para o interior da via, onde assenta a roda, e encosta o *bogie* da mesma. Esta face fica assinalada com setas no final do processo de fabrico, e chama-se a face ativa.

Após a fabricação, o carril fica identificado (Figura 3.38) com dois modos, sendo eles em relevo, ou em punção. Estas marcas identificam o processo de fabrico, data de laminagem, nome do fabricante, tipo de aço e sentido de laminagem.

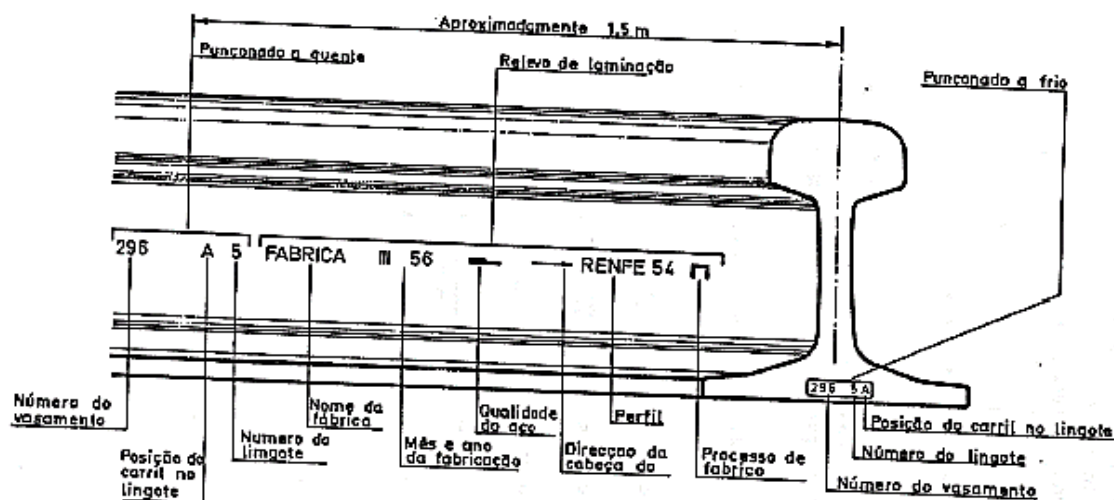


Figura 3.38 - Identificação do processo de fabrico marcadas no carril. [10]

Por vezes, pode-se reutilizar carril, retirado de outras linhas. As tolerâncias relativamente ao seu uso na rede ferroviária nacional, devem cumprir o estipulado na IT.VIA.021 [24]. Este carril, ao ser reaplicado, deve ser invertido e assim a face de guiamento interno passa a ficar virada para o exterior da via. O desgaste sofrido pelo rolamento dos *bogies* fica virada para o exterior (Figura 3.39).



Figura 3.39 - Carril com desgaste para o exterior. [10]

Para além do desgaste da face de rolamento ainda existem outros tipos de desgaste do carril, concretamente:

- Desgaste ondulatório: este tipo de desgaste resulta do aparecimento de uma ondulação longitudinal na mesa de rolamento, e é resultante de cargas elevadas, onde se praticam velocidades baixas, e em curvas de raios reduzidos, é mais comum aparecer na fila baixa. Relativamente à fila alta, na figura 3.40, pode-se observar um desgaste ondulatório;



Figura 3.40 - Desgaste ondulatório (Linha da Beira Alta, Km 118.924).

- Desgaste de Onda Curta: este tipo de desgaste é caracterizado por uma distância entre os pontos altos da onda que pode variar entre 30 a 200mm. Relativamente

à profundidade a variação geralmente é entre 20 a 30 décimas de milímetro, mais característico na fila baixa;

- Desgaste de Onda Longa: ao contrário da anterior, trata-se de uma ondulação mais desfasada, ou seja o comprimento entre os picos de onda, varia desde os 200mm até aos 3000mm, com a mesma variação de profundidade, mais característico na fila alta.

Quando esta ondulação excede os limites das tolerâncias [24], a mesa de rolamento pode ser retificada, através de esmerilagem, por intermédio de equipamento pesado especializado (Figura 3.41).



Figura 3.41 - Esmeriladora de carris. [6]

### 3.3.4 Material de fixação ou fixações

As fixações têm como objetivos principais assegurar o posicionamento e amarração do carril sobre as travessas bem como resistir vertical, lateral e longitudinalmente aos movimentos de tombamento dos carris provocados pela passagem de veículos ou pelas variações de temperatura [25].

Existe uma grande gama de fixações, também chamadas de pregação do carril à travessa. No entanto é possível fazer duas grandes distinções entre elas: de cariz rígido ou elástico

As fixações rígidas não garantem resiliência vertical à via, principalmente quando as travessas são de betão. Isto por ser um material mais rígido em comparação com as travessas de madeira. Deste modo este tipo de fixações provoca picos de tensão nas zonas dos aparafusamentos das travessas, que vão crescendo com o passar do tempo.

As fixações elásticas ou flexíveis garantem uma maior elasticidade vertical mais adequada à via, e, assim, transmitem tensões para as travessas de uma forma mais homogénea e constante, ao longo do tempo, e mais lenta, o que faz com que a sua durabilidade seja maior.

Na figura 3.42 estão presentes alguns exemplos de fixações rígidas. Na figura 3.43, está um exemplo de fixação elástica do tipo PRX 120.



Figura 3.42 - Parafusos ou tirefons, fixações rígidas. [25]



Figura 3.43 - Fixação tipo RNP/GUIDE/PRX120.  
(Ricardo Magalhães, Somafel, 2019)

As fixações elásticas regra geral são constituídas por uma palmilha em material plástico sob o carril e grampos de aço de mola que garantem o aperto permanente do carril. No mercado existem diversos tipos de fixação elástica, sendo os mais utilizados os seguintes:

- Pregação elástica com garra e plaquete;
- Pregação elástica com chapim metálico e garra RN;
- Pregação elástica com chapim metálico e garra nabra;
- Pregação RNP/GUIDE/PRX;
- Pregação RN com grampo nabra;
- Pregação CIL;
- Pregação tipo CIL com grampos nabra;
- Pregação *Vossloh* (Figura 3.44);
- Pregação Pandrol;
- Fixação *Vossloh* com chapim metálico;

- Fixação em pontes metálicas.

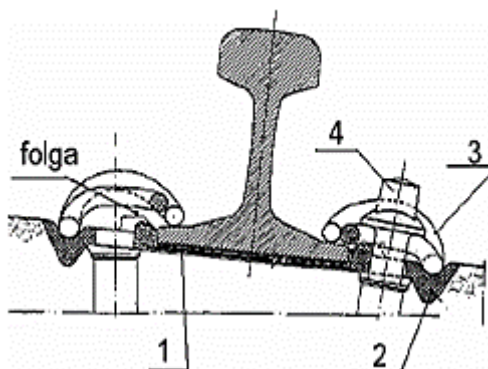


Figura 3.44 - Fixação Vossloh com escala. [26]

Ao instalar este tipo de fixação devem ter-se determinados procedimentos para uma boa fixação concretamente:

- O isolamento é assegurado pelas placas angulares e pelas buchas plásticas, onde as buchas já vêm embutidas na própria travessa aquando da sua fabricação. As placas são separadas da travessa mas devem ser devidamente encaixadas no lugar devido;
- Antes de se enroscar o *tirefond*, deve-se centrá-lo na bucha e rodar para a esquerda até este cair no primeiro filete da rosca, com o intuito de este não encavalitar na mesma. Este procedimento deve ser feito manualmente até finalizar o seu enroscamento através de chave manual ou tirefonadora mecânica. Também não se deve exagerar no aperto para não desconsolidar a bucha plástica do betão constituinte da travessa;
- Se por alguma razão os furos dos *tirefonds* ficarem à vista por um prolongado período de tempo, estes devem ser tamponados para evitar a entrada de detritos.

Relativamente ao aperto, deve-se ter em consideração o seu momento (Figura 3.45). O momento de aperto é calculado por (3.5):

$$Ma = F \times d \quad [8] \quad (3.5)$$

Em que:

- $Ma$  – momento de aperto;
- $F$  – força de aperto;

- d – comprimento do “braço” de aperto.

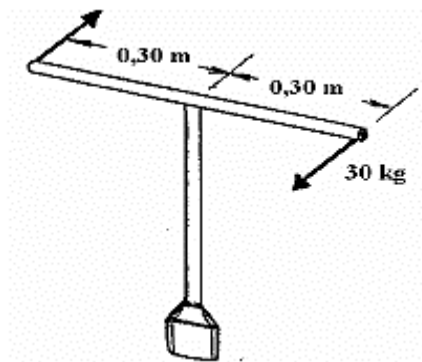


Figura 3.45 – Força e braço, para o cálculo do momento de aperto. [26]

O aperto pode ter dois problemas:

- Aperto excessivo: entende-se por aperto excessivo acima do recomendado pelo fabricante. Pode danificar a rosca, ou seja os seus filetes, ou até mesmo em caso extremo destacar a bucha da própria travessa;
- Aperto insuficiente: não garante a fixação eficaz para o qual se destina. O carril fica em livre movimento na zona de fixação.

As tirefonadoras mecânicas, são alvo constante de aferição do momento de aperto antes de cada empreitada, que pode ser feito do seguinte modo:

- Esperar o aquecimento da tirefonadora durante 15 min de trabalho do motor, regulado no aperto leve [26];
- Apertar 20 *tirefons* em travessas de condição semelhante às da maioria. [26];
- Medir as folgas no 2.º contato e determinar a folga média das travessas apertadas [26];
- Ajustar o momento de aperto até obter a folga média indicada para o tipo de fixação [26];
- Registrar o momento de aperto indicado no mostrador da máquina; o valor registado é válido para aquela tirefonadora e aquela situação [26];
- Dar início à tirefonação, onde se verifica o aperto, medindo as folgas em algumas travessas em cada hora de trabalho [26].

### 3.3.5 Material de ligação

A ligação de carris é a forma de estabelecer a continuidade de duas barras ou carris, e pode ser feita de diversas formas:

- Junta soldada: este tipo de ligação é feito por meio de soldadura, garantindo a continuidade do carril. As soldaduras podem ser de dois tipos: aluminotérmicas com introdução de novo material ou elétricas, onde não existe introdução de novo material;
- Juntas ligadas com barretas metálicas (Figura 3.46) ou madeira (Figura 3.47).



Figura 3.46 - Barreta metálica.



Figura 3.47 - Barreta de madeira.

- Junta Isolante Normal – JIN: Este tipo de junta faz o isolamento elétrico dos carris (Figura 3.48).



Figura 3.48 - JIN.

- Junta Isolante Colada – JIC: É uma junta idêntica à anterior com uma diferença, ou seja, é feita de peças coladas (Figura 3.49).

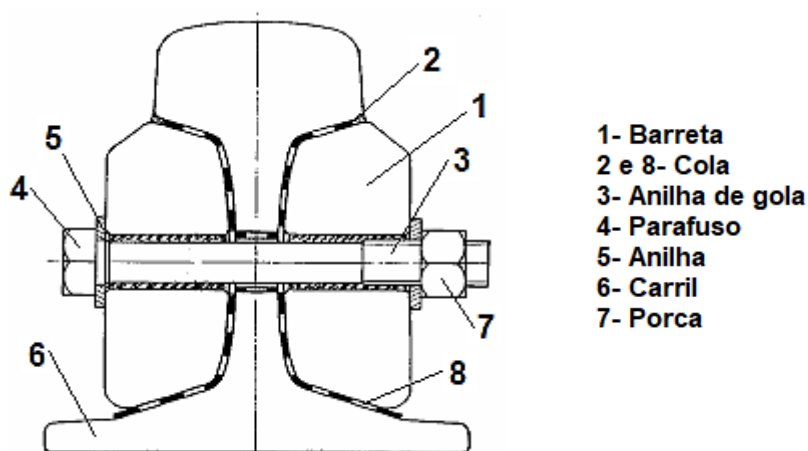


Figura 3.49 - JIC. [26]

Relativamente à JIC, geralmente a montagem é feita em estaleiro. A secagem da resina epox é feita com o aperto dos parafusos, e estes devem ficar com as seguintes características:

- O momento de aperto após a sua total secagem deve ficar com 30 a 40 m Kg;
- O isolamento em tempo húmido não deve ser inferior a 2000  $\Omega$ . Quando o tempo é seco não deve ser inferior a 10000  $\Omega$ ;
- A resistência longitudinal, nos dois sentidos, ou seja à tração ou à compressão deve estar entre 1000 a 1400 Kn.

### 3.4 Manutenção

Por manutenção entende-se como o processo total de manutenção e (renovação) requerido para assegurar que a via cumpre as normas de segurança e qualidade ao custo mínimo [27].

A manutenção da ferrovia portuguesa é de responsabilidade da IP. Apesar de ser feita por diversos empreiteiros, deve obedecer a diversos normativos, nomeadamente a ITV n.º1 [28] descreve os “Conceitos gerais de conservação metódica da via”.

É de conhecimento geral que com o aumento de carga por eixo se necessita de uma estrutura com uma capacidade de resposta maior e fiável para satisfazer as necessidades, o que obriga a uma manutenção mais atenta e exigente.

### 3.4.1 Tipos de Manutenção

Em Portugal existe um modelo de manutenção determinado pela IP, que está dividido em três categorias:

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

Para realização de ações de manutenção é necessário que os intervenientes tenham a formação adequada, a qual é ministrada pela IP.

### 3.4.2 Manutenção corretiva (MC)

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 [29].

A principal norma e sucessivos aditamentos a ter em consideração é a IET n.º77 [30] [31] [32].

Estas ocorrências são inesperadas e, como tal, devem existir equipas prontas a intervir 24h por dia, 365 dias por ano, pelo que os empreiteiros possuidores dessa responsabilidade devem ter sempre prontas as chamadas de Equipas de Intervenção.

As atividades de MC são executadas em função da necessidade momentânea, ou seja, reparação de avarias imediatas, que ponham em causa o normal funcionamento da exploração normal da via. Tratando-se de emergências, não estão sujeitas a planeamentos, Em diversas situações sucedem-se a esta uma MPC. Conforme se ilustra em seguida.

O trabalho de acompanhado consistiu na colocação de barretas seguida de fecho MPC, este realizado na Linha do Norte, no PK 305.993.

Esta MC, consistiu na colocação de barretas, e resultou de uma inspeção à via por parte da IP. Durante a inspeção à via constatou que na zona em que se interveio com urgência o carril se encontrava fissurado internamente e superficialmente, com alto risco de partir e assim a via ficar interdita. Na figura 3.50, pode-se observar como se encontrava o carril no momento em que foram colocadas as barretas.



Figura 3.50 - Carril fissurado superficialmente.

Após a localização e deteção do defeito de carril, efetuaram-se as furações (Figura 3.51) no carril para colocação das barretas metálicas.



Figura 3.51 - Furação de carril para colocação de barretas.

Esta tarefa foi executada por uma equipa de trabalhadores e equipamentos como se apresenta no quadro 3.2.

Quadro 3.2 - Execução da Manutenção Corretiva.

FUNÇÃO / EQUIPAMENTO / MATERIAL	QUANT.
Arvorado	1
Soldador	1
Operário de via	3
Parafusos de alta resistência	4
Anilhas de alta resistência	4
Porcas de alta resistência	4
Barretas metálicas	2
Máquina de furar carril	1
Chave de bocas	2
Abre roscas	1
Óleo lubrificante	qb

A sequência de realização de trabalhos foi a seguinte:

- Inspeção à via e deteção do fissuramento superficial (feita anteriormente pela IP);
- Ativação da MC para colocação de barretas, com resposta de execução do trabalho no local em 1h;
- Chegada ao local, transporte do material para reparação para o local da intervenção;
- Fixação da furadora de carril e furação de quatro furos para os parafusos;
- Execução da rosca nos quatro furos;
- Limpeza da superfície em ambos os lados do carril para a colocação das barretas;
- Colocação das barretas com os parafusos, anilhas e porcas roscadas;
- Aperto dos parafusos externos e depois nos internos;
- Limpeza do local e recolha das ferramentas, retorno ao estaleiro.

Esta operação consumiu cerca de 2h, ficando as barretas instaladas (Figura 3.52), para mais tarde ser instalado um fecho de cerca de 6m. A esta operação precedeu-se uma MPC de colocação de fecho.



Figura 3.52 - Barretas de reforço instaladas.

Cerca de dois meses mais tarde fez-se a instalação do fecho de 6m. Esta operação consistiu em cortar um comprimento de carril no mínimo com 6m de comprimento, e ser substituído por um novo carril com o mesmo comprimento final. Esta tarefa está inerente aos trabalhos de corte de carril, regularização de barras e soldaduras, com os respetivos apertos e desapertos de fixações.

### 3.4.3 Manutenção preventiva sistemática (MPS)

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 [29].

É de responsabilidade da IP verificar e inspecionar a via. A inspeção é um ponto fulcral da manutenção de via, e como tal resultante desta inspeção passa a existir a quantificação de trabalhos a realizar de manutenção em regime sistemático. Estes trabalhos representam pequenas intervenções com a principal finalidade de manter o conforto do traçado e a segurança a longo prazo. Este tipo de manutenção também tem como finalidade prolongar a vida útil dos elementos constituintes da superestrutura, já que se considera que o estado limite último do material nunca será atingido, por ação das atividades de MPS [33].

Este tipo de manutenção é feito de acordo com um planeamento anual proposto ao dono de obra pela empresa prestadora de serviços, e carece sempre da sua aprovação antecedente. Geralmente são feitos planos quinzenais ou mensais.

Houve a oportunidade de fazer um acompanhamento de MPS, que consistiu nos reapertos de fixações, e monitorização de bitola na Linha da Beira Alta, entre o Km 56+710 e o Km 58+806.

Em termos de reapertos, foram feitos em cada travessa, em ambos os lados do carril e foi verificado se as fixações estavam devidamente apertadas, se faltavam elementos de cada conjunto de fixação, e, apertaram-se os mesmos posicionando-os devidamente. No caso de faltarem alguns elementos de fixação estes foram repostos e reapertados.

No quadro 3.3 pode-se constatar os equipamentos, materiais e funcionários afetos a este tipo de trabalhos. Na figura 3.53 pode-se observar a tarefa de reaperto e na figura 3.54 a medição de bitola.

Quadro 3.3 - Execução da MPS – Reaperto de fixações.

FUNÇÃO / EQUIPAMENTO / MATERIAL	QUANT.
Régua de escala / bitola	1
Tirefunadora	2
Chave de bocas	2
Óleo lubrificante	qb
Parafusos	3
Porcas	3
Anilhas	3
Arvorado	1
Soldador	1
Operários de via	4

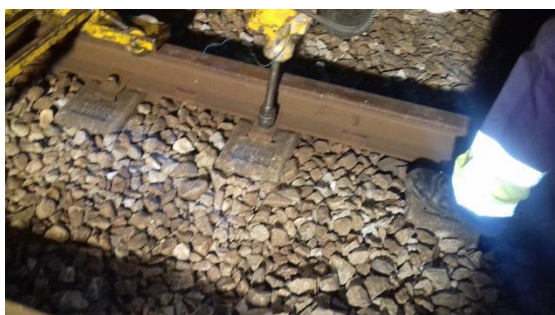


Figura 3.53 - Reaperto.



Figura 3.54 - Medição de bitola.

No que diz respeito à medição de bitola tal consiste em medir a bitola espaçadamente de 3,00m para aferir se esta se encontra dentro dos parâmetros estipulados pela norma da IP, descrita na norma da IP (IT.VIA.018) [34]. Neste caso sendo via de categoria IV, com velocidades praticadas entre 80 a 120 Km/h, tem uma tolerância entre -2 a +5mm da bitola, ou seja, os valores medidos a cada 3m devem estar entre os 1666mm e 1673mm.

A sequência de execução de trabalhos foi a seguinte:

- Colocação de ferramentas e materiais para possíveis substituições na vagoneta;
- Deslocação até ao início da localização dos trabalhos;
- Início de reaperto das fixações (as que necessitavam);
- Substituição de elementos de fixação (os que necessitavam);
- Medição de bitola desde o Km inicial, até ao Km final;
- Recolha de ferramentas e material inutilizado, na vagoneta;
- Deslocação até ao local de saída da via.

#### 3.4.4 Manutenção preventiva condicionada (MPC)

Entende-se por Manutenção Preventiva Condicionada o conjunto de intervenções regeneradoras a efetuar sobre um equipamento, ou sistema de equipamentos, programados em tempo, de modo a garantir a sua funcionalidade e aptidão, após a deteção de anomalias, nas Inspeções Internas da IP ou nos trabalhos de MPS do Dono de Obra [29].

Este tipo de atividades também resultam da inspeção à via, ou subsequentes a uma MC, sendo devidamente planeadas e programadas de acordo com as prioridades estabelecidas.

Este tipo de manutenção também pode ocorrer após a execução de uma MPS, ou seja na execução de uma tarefa semelhante à anterior pode-se constatar que ao verificar bitolas existem defeitos de carril ou até mesmo uma JIC com os elementos de aperto estando a ficar danificados. Neste caso irá proceder-se a uma MPC de substituição de JIC, para que esta não agrave a situação, e assim não venha a condicionar a circulação ferroviária, que irá gerar uma MC, ou em circunstâncias piores, provocar um incidente.

No âmbito de MPC acompanhou-se um trabalho de manutenção da substituição de JIC, na Linha da Beira Alta ao Km 86.423.

Para se elaborar este tipo de trabalho necessitou-se de uma determinada equipa, materiais e ferramentas constantes no quadro 3.4.

Quadro 3.4 - Execução da MPC – substituição de JIC.

FUNÇÃO / EQUIPAMENTO / MATERIAL	QUANT.
Arvorado	1
Soldador	3
Operário de via	5
Kit de soldadura	2
Carril com JIC (fornecido pelo Dono de Obra)	1
Kit tensor	1
Cunhas	3
Réguas de nivelamento de carril	2
Esquadro de quadramento	1
Guilhotina	1
Esmeriladora	1
Serra de cortar carril	1
Gerador	1
Tirefunadora	2

Uma das dificuldades iniciais que se constatou para a execução deste trabalho foi o local onde se encontrava a JIC a substituir, sendo os acessos diminutos. O único local de acesso era pedestre, o que tornava bastante difícil o acesso à Via e transporte do equipamento/ferramentas a utilizar. Face às dificuldades, a IP disponibilizou uma dresine para transporte de pessoas, equipamentos e materiais (Figura 3.55).

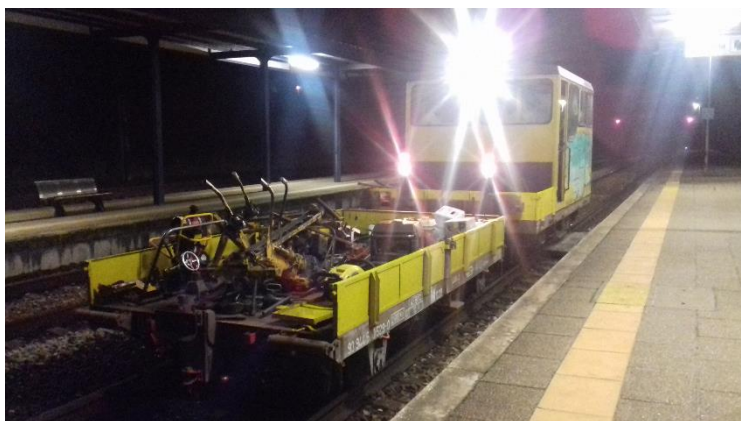


Figura 3.55 - Dresine da IP.

A substituição da JIC, deveu-se ao facto de esta se encontrar com defeitos nos parafusos de aperto. Esta atividade constava no mapa de trabalhos de manutenção de via que consistia na substituição da mesma, mas também como as soldaduras se encontravam desquadradas com uma diferença de entre 30 a 40 cm das existentes na outra fila, optou-se por se executar o quadramento das mesmas. Assim esta substituição de JIC teve um comprimento total de 16m (Figura 3.56).

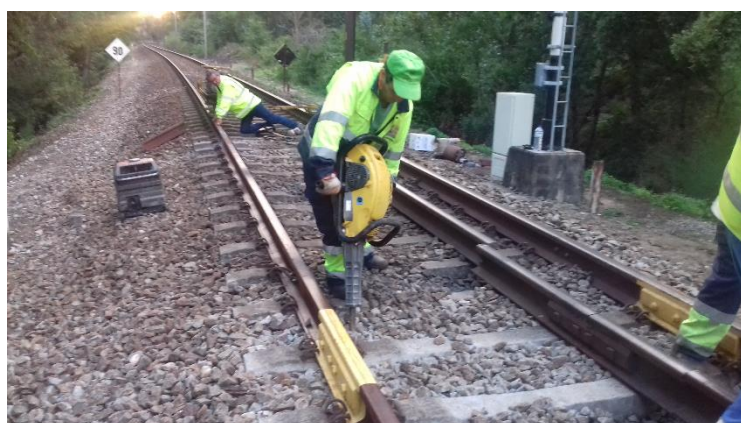


Figura 3.56 - JIC colocada, acabamento com ataque ligeiro.

A sequência de execução dos trabalhos foi a seguinte:

- Carregamento na dresine de equipamentos e materiais;
- Deslocação até ao local de intervenção;

- Desaperto das fixações no comprimento a interencionar, incluindo o comprimento de regularização de BLS;
- Corte de carril, com respetivo quadramento de soldaduras;
- Colocação da JIC nova;
- Colocação de fixações sem aperto final;
- Instalação de tensor;
- Regularização de BLS;
- Execução de soldaduras;
- Corte do excesso de soldadura;
- Esmerilagem e limpeza das soldaduras;
- Retirada dos tensores;
- Reperfilamento da zona das banquetas;
- Aperto final das fixações;
- Carregamento de todo o equipamento e material removido;
- Deslocação na dresine até ao local de saída da via.



## 4 EMPREITADA

A empreitada objeto de acompanhamento localiza-se na Linha do Norte, mais precisamente entre os Pk 232+500 e 291+000, em ambas as vias (VA e VD) e tem por objetivo a substituição das travessas degradadas.

O procedimento para identificação do estado de degradação das travessas é definido pela IT.VIA.017 [35]. Em cada via, e em cada parte da travessa é identificada a degradação respetiva como se pode observar na figura 4.1.

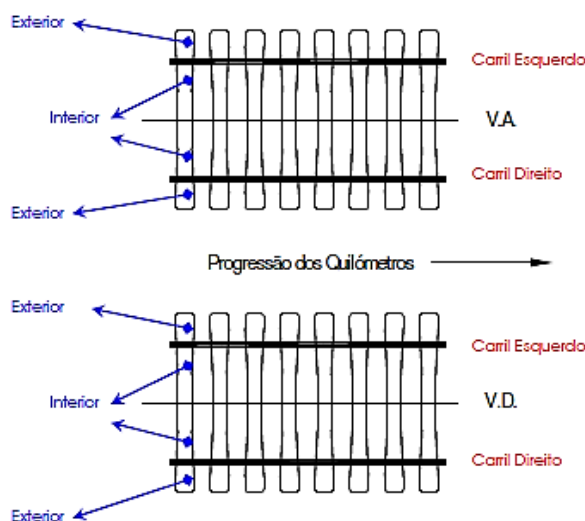


Figura 4.1 - Identificação do local de degradação das travessas. [35]

Considerando o acentuado estado de degradação em que se encontram as travessas de betão monobloco no troço da linha do Norte entre Pampilhosa e Válega, nas vias VA e VD, pretende-se com a referida ação substituir as travessas de betão monobloco que se encontram fissuradas entre os Pk 232.500 e o Pk 291.000 e, ambas as vias, em extensões nunca inferiores a 500 metros [36].

Algumas travessas encontram-se num estado elevado de degradação, como se pode ver na figura 4.2.



Figura 4.2 - Travessa degradada no Km 266.500. [36]

Desde o início do processo de concurso, estava determinado pelo dono de obra fazerem-se intervenções de substituição de travessas, em troços de 500m de forma alternada.

Após a adjudicação da obra foi acordado por ambas as partes, que a obra seria executada não em troços alternados de 500m, mas sim numa extensão contínua, repartida em quantidades aproximadamente iguais em ambas as vias VA e VD. Manter-se-ia assim a quantidade de substituição de travessas, previstas no Mapa de Quantidade de Trabalhos (15.500 travessas), o que conduziu a cerca de 10Km de substituição (5Km em cada uma das vias).

Foi também acordado que a empreitada de substituição não se iniciaria ao Pk 291.000, mas sim ao Pk 291.072, por forma a otimizar a intervenção com um AMV existente no local, na VA.

A Linha do Norte é a principal via da rede ferroviária nacional, e como tal, qualquer incidente, ou até mesmo atraso de tempos de exploração, implica repercussões em toda a rede ferroviária nacional. A velocidade máxima praticada nesta linha é de 220 Km/h.

Esta superestrutura possui um carril de 60 Kg/m em BLS e como referido as travessas são de betão do tipo monobloco estando estas assentes em balastro granítico.

A substituição das travessas num só troço contínuo aproximadamente repartido igualmente entre as duas vias, faz com que os parâmetros geométricos da via sejam garantidos, conforme mencionado no caderno de encargos do dono de obra [36].

#### **4.1 Trabalhos previstos**

Como em qualquer empreitada, esta também teve como primeiro trabalho de campo a mobilização de equipamentos e trabalhadores para a respetiva montagem de estaleiro. Na estação de Estarreja foram armazenados equipamentos ligeiros e pesados inerentes à execução da mesma, bem como as travessas.

O estaleiro ficou localizado na estação ferroviária de Estarreja, mas algum equipamento pesado nomeadamente a atacadeira, a regularizadora e a estabilizadora ficaram estacionados no Ramal de Estarreja / Amoníaco, mais precisamente na linha IV.

No âmbito da intervenção foram realizados diversos trabalhos, nomeadamente:

- Transporte e descarga de travessas;
- Distribuição de travessas;
- Substituição de travessas de betão (monobloco por travessas de betão monobloco);
- Ataque mecânico pesado com regularização de balastro e estabilização dinâmica da via;
- Regularização de barras e soldaduras aluminotérmicas;
- Fornecimento e aplicação de balastro;
- Ataque mecânico pesado e estabilização dinâmica da via (definitivo).

#### 4.1.1 Principais condicionantes

Durante a execução dos trabalhos noturnos a circulação só se fez numa via. Como tal, o Dono de Obra teve de reprogramar a circulação dos comboios noturnos, maioritariamente de mercadorias, desviando todo o seu tráfego para uma só via, Via Única Temporária (VUT), entre a 1:15h e 5:20h.

Durante a execução dos trabalhos houve medidas de segurança adequadas à existência de comboios em circulação, nomeadamente não existirem materiais e trabalhadores na entrevista.

Para minimizar as interferências com a exploração ferroviária e simultaneamente otimizar a própria realização dos trabalhos, a intervenção foi dividida em duas etapas, tendo a primeira envolvido a VA e a segunda a VD.

Outra das condicionantes foi a velocidade de circulação na via em intervenção, ou seja, a velocidade de intervenção passou de 220 Km/h para 30 Km/h (após a substituição de travessas), depois de 30 Km/h para 80 Km/h (após o primeiro ataque mecânico pesado), e em última fase de 80 Km/h para a velocidade de exploração normal de 220 Km/h (após o segundo ataque mecânico pesado).

Outro dos principais constrangimentos de execução dos trabalhos foi a interdição de tempo concedida para execução dos trabalhos, que para além de ser feita em período noturno, teve uma duração de 4h. Tal requereu um grande planeamento dos trabalhos e preparação dos mesmos fora da zona de intervenção.

#### 4.1.2 Planificação dos trabalhos e duração da empreitada

O prazo de execução desta empreitada era de 180 (cento e oitenta dias), como está descrito no art.º 6.1 do Caderno de Encargos [37]. Os trabalhos iniciaram-se no dia 24 de Junho de 2019 com previsão de conclusão a 24 de Dezembro de 2019.

Relativamente à planificação da obra, esta foi feita com 3 semanas de antecedência, até porque este planeamento deve ser inserido no programa SIGMA, pertencente ao Dono de Obra, sendo esta uma das condições contratuais.

Após esta inserção no sistema informático do dono de obra, semanalmente o planeamento é revisto e atualizado e posteriormente enviado ao Dono de Obra. O planeamento da semana seguinte também é enviado, para um melhor controlo pelo Dono de Obra. A título de exemplo na figura 4.3, mostram-se duas semanas do planeamento respeitante à VA e VD.

SOMAFEL		PLANO DE TRABALHOS SEMANAL						
SUBSTITUIÇÃO DE TRAVESSAS MONOBLOCO FISSURADAS, ENTRE OS KM 232,500 E 291,000 VIAS A E D.								
ECONTRATOS	5010033941	LINHA	NORTE				SEMANA	29
AÇÃO	36003079	VIA	A					
DIA	ATIVIDADE	PK INICIAL	PK FINAL	RENDIMENTO	EQUIPAMENTO	AFROUXAMENTO	SINALIZAÇÃO	
15/7/19	Distribuição de travessas + substituição de travessas	289,600	289,468	0,132	1 locomotiva+ 4 vagões+ 2 rail route	30 km/h 289,600 a 289,267 VA	x	
16/7/19	Distribuição de travessas + substituição de travessas	289,468	289,366	0,102	1 locomotiva+ 4 vagões+ 2 rail route		x	
17/7/19	Distribuição de travessas + substituição de travessas	289,366	289,267	0,099	1 locomotiva+ 4 vagões+ 2 rail route		x	
	AMP (1º passe)	290,025	289,450	0,345	Grupo de ataque e estabilização		x	
18/7/19	Distribuição de travessas + substituição de travessas	289,267	289,168	0,099	2 locomotiva+ 4 vagões+ 2 rail route	30 km/h 289,267 a 289,070 VA 80 km/h 289,600 a 289,267 VA	x	
	AMP (2º passe)	290,025	289,450	0,345	Grupo de ataque e estabilização		x	
19/7/19	Distribuição de travessas + substituição de travessas	289,168	289,070	0,098	1 locomotiva+ 4 vagões+ 2 rail route		x	
20/7/19	Recolha de travessas				1 locomotiva+ 4 vagões (incluindo recolha por fora)			

SOMAFEL		PLANO DE TRABALHOS SEMANAL						
SUBSTITUIÇÃO DE TRAVESSAS MONOBLOCO FISSURADAS, ENTRE OS KM 232,500 E 291,000 VIAS A E D.								
ECONTRATOS	5010033941	LINHA	NORTE				SEMANA	37
AÇÃO	36003079	VIA	D					
DIA	ATIVIDADE	PK INICIAL	PK FINAL	RENDIMENTO	EQUIPAMENTO	AFROUXAMENTO	SINALIZAÇÃO	
10/09/2019	Distribuição de travessas + substituição de travessas	290,300	290,150	0,150	1 locomotiva+ 4 vagões+ 2 rail route	80 km/h 290,978 a 290,300 VD	x	
	AMP	290,978	290,300	0,678	Grupo de ataque e estabilização	30 km/h 290,300 a 289,600 VD		
11/09/2019	Distribuição de travessas + substituição de travessas	290,150	290,000	0,150	1 locomotiva+ 4 vagões+ 2 rail route		x	
	AMP	290,978	290,300	0,678	Grupo de ataque e estabilização			
12/09/2019	Distribuição de travessas + substituição de travessas	290,000	289,850	0,150	1 locomotiva+ 4 vagões+ 2 rail route			
13/09/2019	Distribuição de travessas + substituição de travessas	289,850	289,700	0,150	1 locomotiva+ 4 vagões+ 2 rail route		X	
	Regularização de Barras 1 Fila	290,978	290,300	0,678				
14/09/2019	Distribuição de travessas + substituição de travessas	289,700	289,550	0,150	1 locomotiva+ 4 vagões+ 2 rail route	80 km/h 290,300 a 289,600 VD	X	
	Regularização de Barras 2 Fila	290,978	290,300	0,678		30 km/h 289,600 a 289,000 VD		
	AMP	290,300	289,700		Grupo de ataque e estabilização	TVM 290,978 a 290,300		
15/09/2019	Distribuição de travessas + substituição de travessas	289,550	289,400	0,150	1 locomotiva+ 4 vagões+ 2 rail route			

Figura 4.3 - Semana 29 da VA e semana 37 da VD.

#### 4.1.3 Metodologia executada durante a empreitada

A empreitada teve início com os trabalhos de montagem de estaleiro, pelo que foi necessário proceder à mobilização de meios humanos e materiais para a realização de tarefas inerentes, nomeadamente: criação de acessos ao estaleiro, verificação e adaptação provisória da vedação existente e localizada na estação de Estarreja.

Foi também mobilizada uma locomotiva com 4 vagões para, após o início da chegada das travessas ao estaleiro, estas serem descarregadas para os mesmos, e assim iniciarem-se os trabalhos de distribuição das mesmas ao longo da via. Outros trabalhos foram realizados, nomeadamente:

- Transporte e descarga de travessas;
- Distribuição de travessas ao longo da via;
- Substituição das travessas;
- Ataque mecânico pesado com regularização de balastro e estabilização dinâmica da via;
- Regularização de barras e soldaduras aluminotérmicas.

Em seguida apresenta-se, de forma detalhada, a metodologia de execução dos trabalhos envolvidos.

## 4.2 Trabalhos realizados

Antes de se ter iniciado a obra, foi feita uma visita ao local com o intuito de se identificarem entre outras as soldaduras existentes, o distanciamento entre elas e a potencial localização das novas soldaduras após a regularização de barras.

#### 4.2.1 Transporte e descarga de travessas

O fornecimento das travessas foi da incumbência da IP e estas foram transportadas desde as instalações do fabricante (Satepor), no Tramagal, até ao local de aplicação da responsabilidade da Somafel.

O empilhamento das travessas, quer se tratasse no meio de transporte rodoviário (Figura 4.4), ou em estaleiro (Figura 4.5) e por último nos vagões de distribuição, foi feito de acordo com o normativo IT.VIA.004.01 (Figura 4.6).



Figura 4.4 - Transporte de travessas.



Figura 4.5 - Empilhamento de travessas em estaleiro.

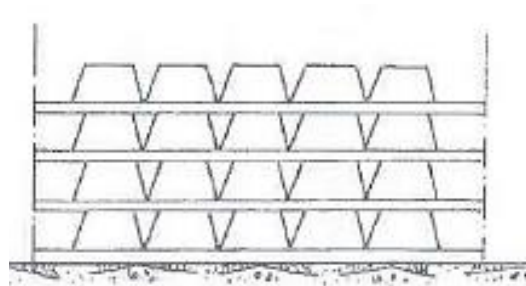


Figura 4.6 - Esquema de empilhamento de travessas.  
[22]

Dado que o terreno no estaleiro onde estas foram armazenadas era irregular, as travessas foram armazenadas de acordo com os normativos em vigor, não excedendo mais do que 4 fiadas.

Em todo o seu manuseamento de descarga para o estaleiro e posterior carga nos vagões de transporte e distribuição pela via, foram e devem ser feitos segundo a norma IT.VIA.004.01 [22].

Para tal o sub-empregado contratado para os trabalhos de transporte e descarga em estaleiro estava munido de equipamentos e dispositivos, que permitiam carregar quatro travessas de cada vez [22]. Este tipo de dispositivos pode ser observado na figura 4.7, na figura 4.8 e na figura 4.9.

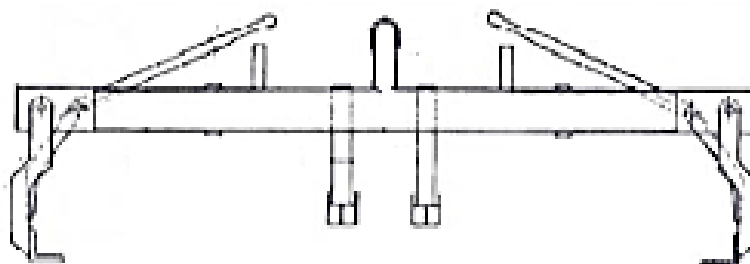


Figura 4.7 - Esquema do mecanismo de manuseamento de travessas monobloco. [22]



Figura 4.8 - Grade de manuseamento de travessas monobloco com aperto.

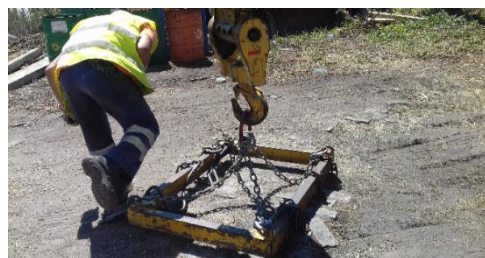


Figura 4.9 - Grade de manuseamento de travessas monobloco com grampos.

Esta grade seja hidráulicamente de aperto ou através de ganchos, é denominada por canga.

Foram utilizados estes dois tipos de grade:

- Grade hidráulica: foi utilizada nos vagões de 12m, por serem mais largos permitindo assim a abertura e fecho das pinças (Figura 4.8);
- Grade de ganchos: nos vagões de 10m, sendo estes vagões mais estreitos (Figura 4.9).

Durante a distribuição das travessas ao longo da via foi utilizada a grade de ganchos.

A ordem de execução de trabalhos foi a seguinte:

- Carga das travessas no parque da Satepor situado no Tramagal;
- Transporte das travessas desde o Tramagal até à estação de Estarreja por meio rodoviário;
- Descarga das travessas no estaleiro na estação de Estarreja;
- Carga das travessas em estaleiro na estação de Estarreja para os vagões, procedendo-se em seguida à sua distribuição ao longo da via.

De salientar que não só a carga no meio de transporte rodoviário, como também no meio de transporte e distribuição ferroviário foram devidamente calculadas. Isto para se apurar a segurança do transporte e se era compatível com a capacidade de carga de cada um deles. Como tal seguidamente se apresenta um pequeno cálculo da situação da carga rodoviária:

- Cálculo da carga rodoviária: a capacidade de carga das galeras transportadoras constante na figura 4.4 é de 24 t e o cálculo é o constante no quadro 4.1. Assim se pode constatar que a carga não excede a capacidade de carga do transporte rodoviário;

Quadro 4.1 - Cálculo da carga das travessas no transporte rodoviário.

DESIGNAÇÃO	QUANT. (un)	PESO (Kg)	TOTAL (Kg)
Capacidade da galera	1		24 000
Travessas	80	300	24 000
Diferença			0

Algumas travessas foram transportadas diretamente do transporte rodoviário para o transporte ferroviário sem ficarem armazenadas em estaleiro. Isto dependia das quantidades que chegavam ao estaleiro no próprio dia, e estando também sempre dependentes da quantidade máxima de carga nos vagões (Figura 4.10).



Figura 4.10 – Travessas em vagão.

- Cálculo da carga ferroviária: no quadro 4.2, pode-se verificar a capacidade de carga de cada vagão e a carga efetuada na sua totalidade.

Quadro 4.2 - Cálculo da carga das travessas no transporte ferroviário.

DESIGNAÇÃO	QUANT. (un)	PESO (Kg)	TOTAL (Kg)
Vagão de 12m	132	300	39 600
Vagão de 12m	132	300	39 600
Vagão de 10m	100	300	30 000
Vagão de 10m	36	300	10 800
TOTAIS	400		<b>120 000</b>
<b>CAPACIDADE DE CARGA</b>			
Vagão de 12m	2	51000	102 000
Vagão de 10m	1	29000	29 000
Vagão de 10m	1	29000	29 000
Mini giratória	1	3630	3 630
TOTAIS	5		<b>163 630</b>
Diferença			<b>43 630</b>

Como se pode confirmar através do cálculo de carga e capacidade nos dois meios de transporte, estava dentro dos limites de peso.

#### 4.2.2 Distribuição das travessas

Cada vagão não poderia ter mais de quatro fiadas de travessas, pois se ultrapassasse ficaria em risco de a lança da giratória ficar em contato com a catenária e assim ser danificada a mesma.

A distribuição das travessas ao longo da via foi feita por modo ferroviário.

Estas foram também devidamente acondicionadas em termos de segurança. No que diz respeito às fiadas em cada vagão, e ao espaçamento em cada fiada devidamente garantido por meio de barrotes, para evitar o embate entre estas (Figura 4.11).



Figura 4.11 - Acondicionamento da carga nos vagões.

Após a carga, iniciaram-se os trabalhos de distribuição das travessas pela via.

A distribuição de travessas foi feita com recurso a um comboio constituído por uma locomotiva e quatro vagões (Figura 4.12) que, depois de carregado em estaleiro, saiu da estação de Estarreja e entrou na VA, tendo avançado progressivamente e parado ao longo da mesma para descarga/distribuição das travessas.



Figura 4.12 - Comboio carregado em distribuição de travessas.

A descarga foi feita por meio de uma mini giratória com a ajuda de uma grade de ganchos (Figura 4.13).

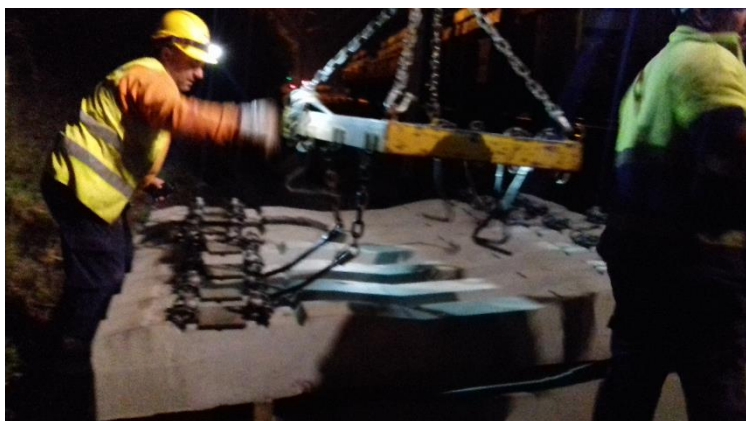


Figura 4.13 - Distribuição na VA com Grade / Canga de ganchos.

Ao longo da via, no carril, registaram-se as quantidades de travessas distribuídas.

A distribuição de travessas tornou-se uma tarefa bastante fácil de executar, uma vez que os ganchos da canga foram feitos à medida para engancharem nas fixações elásticas *Vossloh* e assim garantir o seu manuseamento com a devida segurança (Figura 4.14).

Foi possível executar o trabalho com os rendimentos previstos inicialmente, sem danificar as travessas.



Figura 4.14 - Enganchamento na fixação elástica Vossloh.

Na distribuição das travessas foram tidos em conta diversos fatores, nomeadamente o comprimento do comboio, a dimensão das equipas de substituição, bem como a quantidade de travessas a retirar.



Figura 4.15 - Travessas distribuídas ao longo da via.

Conforme já referido, foi previamente feita a distribuição (Figura 4.15) com algum avanço em relação a todo o equipamento pesado.

Na primeira semana somente se executaram os trabalhos de transporte e acondicionamento de travessas em estaleiro e a sua correspondente distribuição na via.

A distribuição de travessas teve um rendimento diário de 400 unidades por dia. Relativamente ao transporte e acondicionamento de travessas em estaleiro verificou-se um rendimento diário médio de 420 unidades.

Na realização deste trabalho o equipamento e pessoal foram os apresentados no constante no quadro 4.3.

Quadro 4.3 - Distribuição de travessas. – Equipamento e pessoal.

FUNÇÃO / EQUIPAMENTO / MATERIAL	QUANT.
Locomotiva	1
Vagões de 12m	2
Vagões de 10m	2
Mini giratória	1
Grade / Canga de ganchos	1
Condutor de Locomotiva	1
Manobrador de Giratória	1
Operários de via	2

Os trabalhos foram realizados com a seguinte ordem:

- Marcação no carril de quantidades de travessas a descarregar;
- Carga das travessas, no estaleiro;
- Descarga / distribuição de travessas por meio de mini giratória;
- Distribuição das travessas e regresso ao estaleiro;
- Retirada dos barrotes e preparação para a carga no dia seguinte.

Esta metodologia foi realizada na substituição da totalidade das travessas.

#### 4.2.3 Substituição de travessas de betão monobloco por travessas de betão monobloco

Na segunda semana de trabalhos iniciou-se a atividade de substituição das travessas (monobloco por monobloco).

Na segunda semana decorreram dois trabalhos ao mesmo tempo, ou seja houve a continuidade de distribuição de travessas, e o trabalho de substituição de travessas. Este último foi efetuado com duas equipas, pois só assim poderia ser possível atingir os rendimentos necessários no cumprimento do contrato.

No quadro 4.4 pode-se observar equipamento e equipas de trabalhadores envolvidas:

Quadro 4.4 - Substituição de travessas. – Equipamentos e pessoal

FUNÇÃO / EQUIPAMENTO / MATERIAL	QUANT.
Rail route	3
Tirefunadoras	3
Chefes de equipa	2
Operários de via	15
Operadores / manobreadores	4

Esta atividade foi dividida em duas frentes de trabalhos distintas, a única diferença contemplou-se com a interveniência da equipa responsável da sinalização numa das frentes. Nos locais da via onde não se encontravam equipamentos de sinalização, a ordem de trabalhos foi a seguinte:

- Marcação no carril da localização das travessas existentes;
- Desaperto alternado das fixações na via;
- Desaperto das fixações nas travessas novas;
- Desaperto das fixações em falta na via;
- Desguarnecimento de 6 a 7 travessas (Figura 4.16);



Figura 4.16 - Desguarnecimento.

- Retirar as travessas existentes, por meio de uma corrente enganchada ao balde de desguarnecimento;
- Colocação das novas travessas, por meio de corrente enganchada ao balde de desguarnecimento;
- Aperto das fixações das travessas novas;
- Guarnecimento das travessas novas;
- Limpeza de balastro (em excesso em cima do carril) e reperfilamento das banquetas na zona das travessas substituídas.

Este ciclo foi repetido para a colocação de grupos de 6 a 7 travessas novas.

Nos locais com existência de equipamentos de sinalização tais como pedais, balizas, JIC, contadores de eixos e cabos de terra ou de shunt, a ordem de trabalhos foi a seguinte:

- Marcação no carril da localização das travessas existentes (Figura 4.17);



Figura 4.17 - Marcação de colocação das travessas.

- Desaperto das fixações na via alternadamente (desaperto de 5, mantendo a sexta apertada) (Figura 4.18);



Figura 4.18 - Desaperto de fixações existentes.

- Desaperto das fixações nas travessas novas (Figura 4.19);

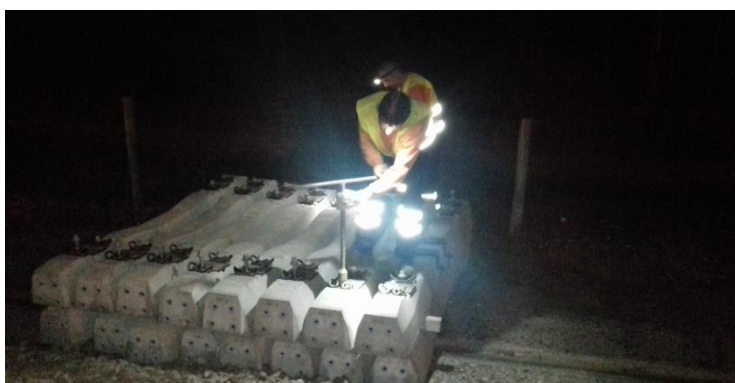


Figura 4.19 - Desaperto de fixações nas travessas novas.

- Desaperto das fixações anteriormente não desapertadas na via;
- Desguarnecimento de 6 a 7 travessas;
- Retirada das travessas existentes, por meio de um grampo com corrente (Figura 4.20);



Figura 4.20 - Retirar travessa.

- Intervenção da equipa do empreiteiro responsável pela sinalização, para desligar os equipamentos de sinalização;
- Colocação das novas travessas, por meio de dois grampos e corrente (Figura 4.21);



Figura 4.21 - Instalação de travessas novas.

- Aperto das fixações das travessas novas;
- Intervenção da equipa do empreiteiro responsável pela sinalização, para ligar os equipamentos de sinalização;
- Guarnecimento das travessas novas (Figura 4.22);



Figura 4.22 – Guarneçamento das novas travessas.

- Intervenção da equipa do empreiteiro responsável pela sinalização (verificação de funcionamento do equipamento recolocado) (Figura 4.23);



Figura 4.23 - Intervenção da equipa responsável pelos equipamentos de sinalização.

- Limpeza de balastro (em excesso em cima do carril), e reperfilamento das banquetas na zona das travessas substituídas.

Um aspeto bastante importante que se teve em consideração foi a profundidade de desguarnecimento de 25 a 30 cm. Esta profundidade garantiu a remoção das travessas e colocação das travessas novas, sem danificar o chamado “calo de via”.

Para tal tanto a Somafel como o seu sub-empregado estavam munidos de um balde de desguarnecimento (Figura 4.24) adequado à execução deste trabalho e que se apoiava no carril. Este apoio estava munido de um material que permitia rolar sobre a superfície do carril sem o danificar.



Figura 4.24 - Balde de desguarnecimento e guarnecimento.

#### 4.2.4 Ataque Mecânico Pesado com regularização de balastro e estabilização dinâmica da via

Após a substituição de travessas sucedeu-se o ataque mecânico pesado.

Este trabalho foi executado com três equipamentos pesados (Figura 4.25):

- Regularizadora: tem como função limpar a via e regularizar as banquetas;
- Atacadeira: executa o rearranjo das partículas do balastro;
- Estabilizadora: como última função deste grupo, simular a passagem de veículos através de cargas vibratórias.

Este grupo tem uma média de rendimento diário de 650 metros de via simples.



Figura 4.25 - Grupo de ataque, com Regularizadora, Atacadeira e Estabilizadora.

Para a execução deste trabalho foram utilizados o equipamento e pessoal indicados no quadro 4.5.

Quadro 4.5 - Ataque mecânico pesado. – Equipamento e pessoal

FUNÇÃO / EQUIPAMENTO / MATERIAL	QUANT.
Atacadeira	1
Reguladora	1
Estabilizadora	1
Encarregados	2
Manobradores / Operadores de máquina	4

O primeiro equipamento pesado a trabalhar foi a regularizadora. Esta máquina teve a finalidade de regularizar o balastro nas banquetas, retirar o balastro dos carris e limpar o balastro em excesso de cima das travessas.

Complementarmente, para regularizar o balastro nas banquetas e retirar o mesmo dos carris, foram utilizadas duas charruas distintas (Figura 4.26). Para limpar o balastro em excesso na via foi usada uma vassoura com o nome de brossa (Figura 4.27).

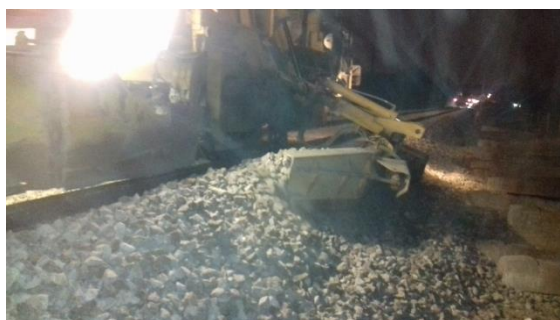


Figura 4.26 - Charruas de banquetas e limpeza de carril.



Figura 4.27 - Brossa para limpeza de travessas.

Após a passagem da regularizadora, deu-se a entrada da atacadeira. Este equipamento pesado teve como função fazer o ataque do balastro em toda a envoltura da travessa, fazendo assim com que estas ficassem devidamente assentes, incluindo o arranjo das partículas entre si, por forma a não existir deformação à passagem dos comboios.

O ataque mecânico pesado compreende 4 etapas sequenciais através de um ciclo contínuo de ataque (Figura 4.28):

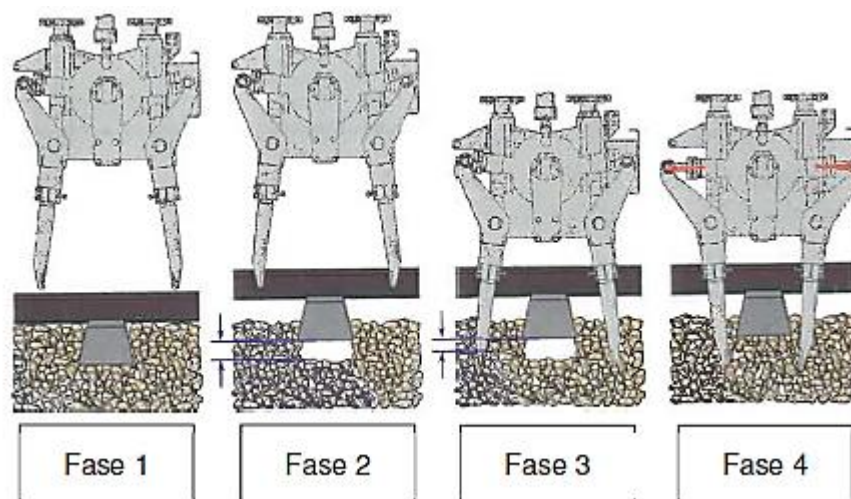


Figura 4.28 - Fases de ataque. [38]

As fases apresentadas são:

- Fase 1 – A unidade de ataque posiciona as *pioches* vibratórias sobre a travessa a ser intervencionada;
- Fase 2 – As unidades de alinhamento e nivelamento, que funcionam em conjunto com a unidade de medição, agarram o carril por baixo da cabeça, levantando a via a uma altura pré-determinada. Nesta fase são corrigidos os defeitos de nivelamento, ao mesmo tempo que se ripa a via até ao seu alinhamento correto;
- Fase 3 – Início do ataque, as unidades são baixadas, ou seja as *pioches* vibratórias mergulham no balastro (Figura 4.29), parando a uma profundidade pré-determinada. As *pioches* vibram por forma a tornar o balastro mais fluido permitindo assim o rearranjo e assentamento da matriz das partículas rochosas do balastro. A vibração das *pioches* também tem a particular importância de facilitar a introdução das mesmas no balastro reduzindo assim a força necessária de penetração;

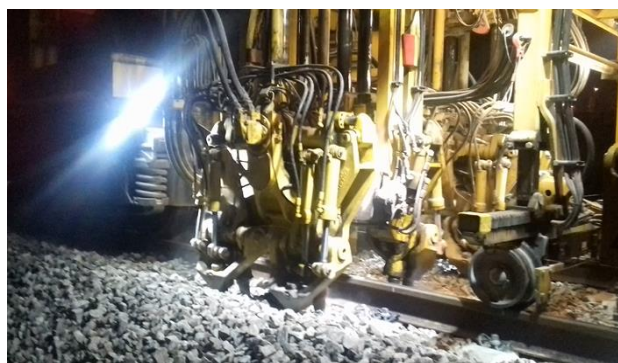


Figura 4.29 - Penetração das *pioches* no balastro.

- Fase 4 – O conjunto de cilindros exerce uma determinada força mecânica nos braços das pioches, criando um movimento de aperto, com a vibração ao mesmo tempo (Figura 4.30). Isto faz com que o balastro se rearranje por baixo das travessas, preenchendo o vazio criado pelo processo de levante da via, (nivelamento e alinhamento).

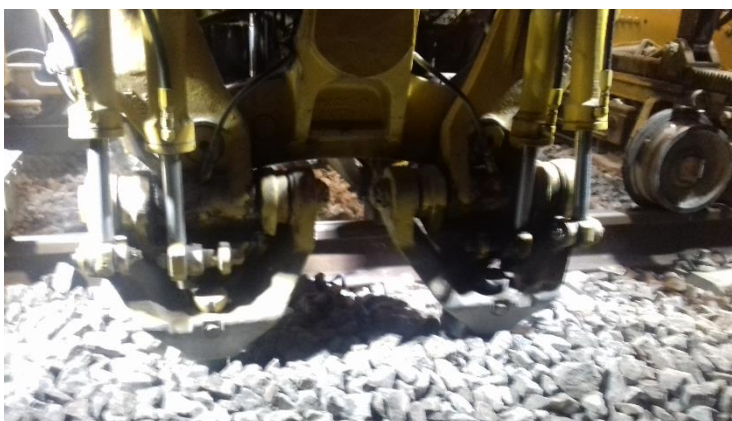


Figura 4.30 - Aperto e compactação do balastro.

Estas fases são repetidas para cada conjunto de travessas, sendo que o equipamento utilizado nesta obra é um equipamento de ataque duplo, ou seja, faz o ataque de 2 travessas ao mesmo tempo.

Após o ataque da via, sucedeu-se a estabilização dinâmica através de outro equipamento pesado chamado estabilizadora dinâmica.

O ataque da via é um processo que causa distúrbios na cama de balastro, e aumenta o volume de vazios entre as pedras, ficando assim numa posição instável e diminuindo a capacidade resistente da via. A redução da resistência faz com que à passagem dos comboios com a respetiva solicitação de carga os assentamentos sejam consideráveis e incontroláveis, danificando assim a qualidade da intervenção do ataque anteriormente realizado. Como tal, após o ataque, a estabilizadora na sua passagem através da vibração (Figura 4.31) faz com que o balastro sofra uma vibração, em simultâneo com a aplicação de uma carga vertical, causando assim um arranjo das pedras de balastro de forma homogénea e uma compactação final de toda a camada de balastro.

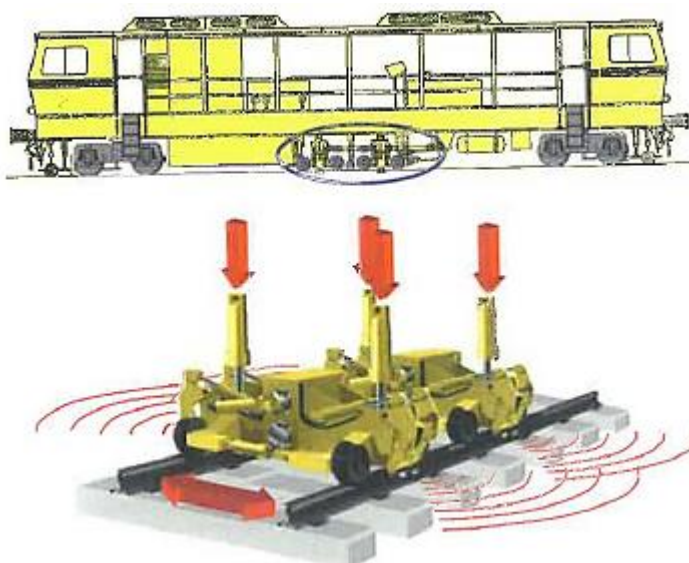


Figura 4.31 - Esquema de funcionamento da Estabilizadora. [38]

A estabilizadora consiste num chassis de *boggies* de 2 eixos equipado com um motor de 160KW, no caso da que foi utilizada nesta obra [38]. Este equipamento terá que obedecer ao normativo NTV-001 [39].

As unidades de estabilização agarram a cabeça dos carris por intermédio de roletes provocando assim uma vibração sincronizada de tal modo que vibra literalmente a via, enquanto a carregam verticalmente (Figura 4.32).



Figura 4.32 - Estabilização da via.

A estabilizadora em pleno funcionamento simulou a passagem de um tráfego em que totalizou numa só passagem de 70.000t a 140.000t, pelo que através desta carga induzida atingiu os 50% do assentamento possível. Assim garantiu-se a estabilização final da via que ficou pronta a ser utilizada para as velocidades e cargas a que está calculada, voltando assim ao seu pleno funcionamento.

Após a passagem do último equipamento pesado (estabilizadora) é por esta produzido um gráfico onde constam diversos parâmetros, nomeadamente:

- Fator de escala;
- Alinhamento de ambas as filas separadas;
- Alinhamento das filas em separado;
- Nivelamento de ambas as filas;
- Nivelamento de ambas as filas em separado.

Este gráfico (Figura 4.33 e Figura 4.34) é entregue ao Dono de Obra que o analisa e em resultado da análise receciona ou não o troço intervencionado e altera (ou não) as reduções de velocidade impostas antes da intervenção.



Figura 4.33 - Impressora da Estabilizadora.

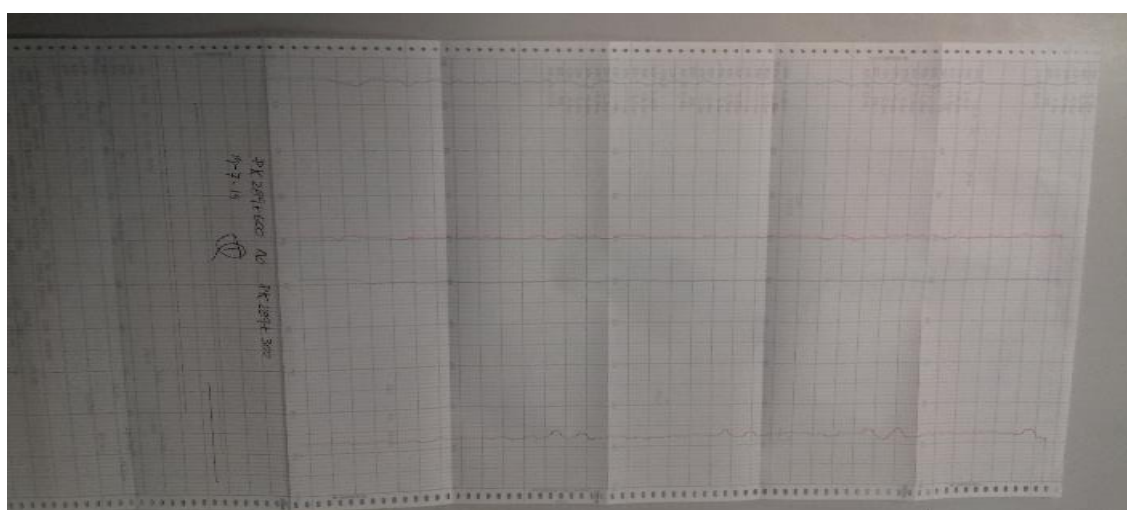


Figura 4.34 - Gráfico da Estabilizadora.

A ordem de realização dos trabalhos foi a seguinte:

- Medição de escala e bitola para introdução de dados no computador da atacadeira;
- Passagem da reguladora para limpeza e reperfilamento das banquetas;
- Ataque de via pesado;
- Estabilização dinâmica;
- Medição da escala e altura da catenária, com pantógrafo digital (Figura 4.36).

Fizeram-se duas passagens de ataque de via com os três equipamentos. Entre as duas passagens houve um interregno de 2 a 3 dias, para que os comboios circulassem mas com uma velocidade máxima de 80 Km/h. Após o segundo ataque pesado (Figura 4.35) foi reposta a velocidade máxima de circulação (220 Km/h).



Figura 4.35 – Troço finalizado após segundo ataque pesado.

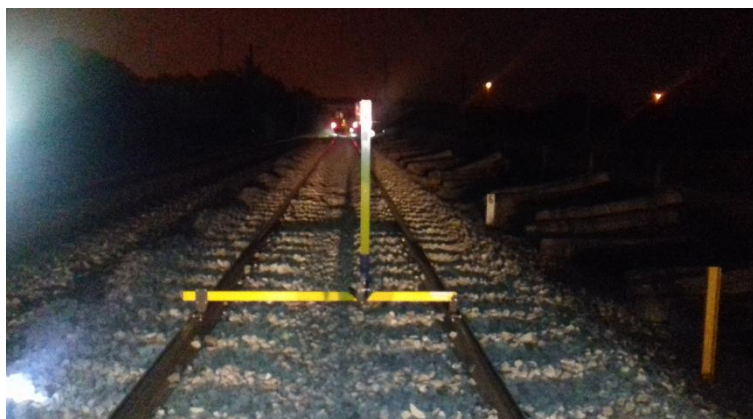


Figura 4.36 - Pantógrafo digital.

#### 4.2.5 Regularização de barras e soldaduras aluminotérmicas

Aos ataques pesados seguiu-se a regularização de barras, com as respetivas soldaduras.

Para estas tarefas foram consideradas duas equipas que devem trabalhar em sintonia, concretamente:

- Equipa de regularização;
- Equipa de soldadura.

No quadro 4.6 pode-se observar o pessoal e equipamento afeto à equipa de regularização e no quadro 4.7 pode-se observar o pessoal e equipamento afeto à equipa de soldadura.

Quadro 4.6 - Regularização de BLS. – Equipamento e pessoal

<b>FUNÇÃO / EQUIPAMENTO / MATERIAL</b>	<b>QUANT.</b>
Chefe de equipa	2
Operários de Via	10
Tirefunadoras	6
Pulsores	4
Tensores	2
Termómetro	1
Martelo de maço em material compósito	8

Quadro 4.7 - Soldaduras. – Equipamento e pessoal

<b>FUNÇÃO / EQUIPAMENTO / MATERIAL</b>	<b>QUANT.</b>
Soldador	1
Ajudante	1
Equipamento de soldadura	1
Kit's de soldadura	2

Em cada troço a regularizar foi cortado o carril aproximadamente a meio da extensão a regularizar (Figura 4.37), para, através de pancadas sobre o carril (Figura 4.38) se libertarem as tensões acumuladas durante a substituição das travessas.

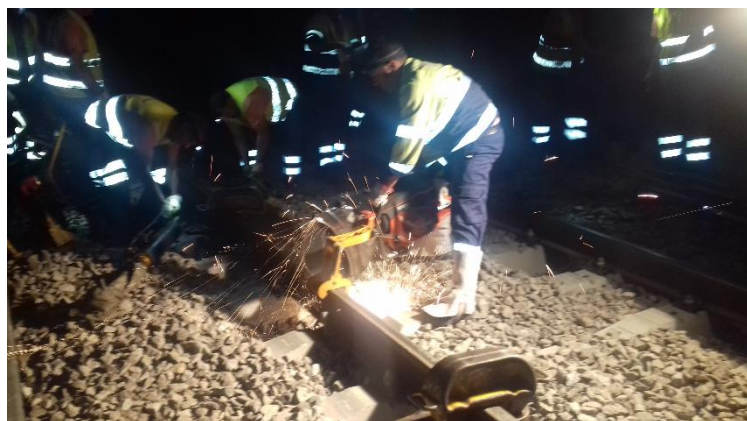


Figura 4.37 - Corte de carril.



Figura 4.38 - Libertação de tensões.

Perante cada comprimento de BLS a regularizar, foram calculadas as extensões ( $\Delta L$  – variação do comprimento do carril em função da variação da temperatura), a cortar em excesso (Figura 4.39), para depois se procederem às soldaduras. É de notar que estas extensões dependem da temperatura no momento da realização das soldaduras, e do comprimento de BLS a regularizar.



Figura 4.39 - Zona de corte de carril em excesso.

Para se libertarem as tensões e se chegar a uma soldadura máxima de cerca de 25mm de espessura, contou-se com a ajuda de tensores (Figura 4.40) para garantir este afastamento máximo, enquanto se executava a regularização seguida da soldadura. Durante o arrefecimento da soldadura, que dura em média cerca de 1h, não se devem remover os tensores, para garantir o arrefecimento da soldadura e não originar quaisquer roturas internas devido às forças em presença, principalmente longitudinais.

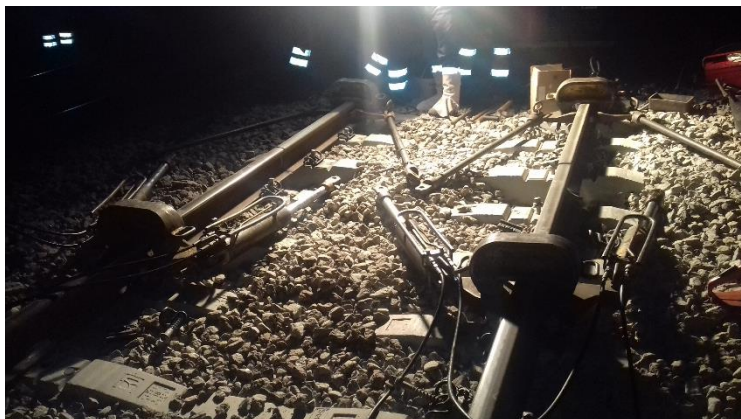


Figura 4.40 - Instalação de tensores em ambas as filas.

Após a colocação dos tensores e alinhamento das barras, executam-se as soldaduras, depois dos moldes devidamente colocados e calafetados (Figura 4.41).



Figura 4.41 - Soldadura aluminotérmica, ao Km 286.851.

Depois das soldaduras efetuadas em ambas as filas, foram retirados os tensores e apertadas as fixações (Figura 4.42). No caso das extensões maiores as soldaduras foram feitas de forma separada e em dois dias seguidos, ou seja uma em cada dia.



Figura 4.42 - Aperto de fixações.

Como trabalho final após o aperto das fixações, executou-se a esmerilagem das soldaduras, com o intuito de as faces ficarem devidamente regulares sem imperfeições superficiais para permitir uma superfície de rolamento perfeita, em devidas condições de segurança e comodidade (Figura 4.43).



Figura 4.43 - Esmerilagem de soldadura.

A ordem de realização dos trabalhos foi a seguinte:

- Descarga e transporte de ferramentas até ao local de corte de carril;
- Marcação das estações;
- Desaperto das fixações;
- Corte e libertação das BLS;
- Cálculo e corte do excesso de carril;
- Libertação de tensões nas BLS;
- Instalação dos tensores;
- Execução de soldaduras;
- Corte do excesso de soldadura;

- Aperto das fixações, externas aos tensores;
- Retirada dos tensores;
- Aperto das fixações internas aos tensores;
- Esmerilagem das soldaduras;
- Recolha de todos os resíduos de soldadura e carga / transporte das ferramentas de soldadura e regularização;
- Reposição e regularização do balastro na zona das soldaduras;
- Saída da via com os trabalhos terminados.

A regularização de barras em toda a obra foi realizada entre AMV.

A título de exemplo a regularização de barras e soldaduras executadas na VA, está descrita no quadro 4.8 seguinte:

Quadro 4.8 - Localização de soldaduras na Via Ascendente.

Designação	PK inicial	PK final	Comprimento (m)	OBS.
R1	291+072	290+081	991	A soldadura foi feita ao PK 290+587.
R2.1	289+970	289+000	970	A soldadura foi feita ao PK 289+500.
R2.2	289+000	288+124	876	Este troço foi feito em dias diferentes as filas separadas. A soldadura foi feita ao PK 288+557.
R3	288+005	287+786	219	A soldadura foi feita ao PK 287+895.
R4	287+697	287+094	603	A soldadura foi feita ao PK 287+374.
R5	287+034	286+667	367	A soldadura foi feita ao PK 286+851.
R6	286+576	286+000	576	Este troço foi feito em dias diferentes as filas separadas. A soldadura foi feita ao PK 286+288.

Um dos problemas encontrados foi o da compatibilização com os troços regularizados. Dividindo ao meio as extensões a regularizar, para ambos os lados, a contar do corte de carril notou-se que, face às soldaduras existentes, a soldadura nova a executar, localizada entre soldaduras existentes, as extensões a jusante e a montante não eram iguais. Isso refletiu-se na extensão medida em cada uma das estações como se pode observar no quadro 4.9.

Como se pode constatar neste exemplo, a regularização é diferente a montante e a jusante. Isto deve-se ao enquadramento para localização da soldadura nova, para deste modo não existir uma distância inferior entre a soldadura nova e a existente de 6,00m, isto para ser considerado uma via corrida de BLS, ou seja comprimentos inferiores a

6,00m conforme o documento normativo “Manual de Conservação e Regularização de Barra Longa Soldada (BLS)” da IP.

Quadro 4.9 - Regularização de barras.

<b>FILA DIREITA</b>			
<b>PK</b>	<b>Estação</b>	<b>Comprimento (m)</b>	<b>Deslocamento (acumulado)</b>
290+111	<i>Início do AMV com PK = 290+081, com respiração de 30 metros.</i>		
290+161	1	50	5
290+211	2	50	11
290+261	3	50	17
290+311	4	50	23
290+361	5	50	28
290+411	6	50	34
290+461	7	50	40
290+511	8	50	46
290+561	9	50	51
290+587	10	26	54
<b>FILA ESQUERDA</b>			
290+587	9	50	5
290+637	8	50	11
290+687	7	50	17
290+737	6	50	23
290+787	5	50	28
290+837	4	50	34
290+887	3	50	40
290+937	2	50	46
290+987	1	55	52
291+042	<i>Final do AMV com PK = 291+072, com respiração de 30 metros.</i>		

#### 4.2.6 Problemas encontrados na regularização de barras

Os problemas encontrados relativamente à regularização de BLS, foram:

- Comprimento da zona de respiração, junto aos AMV;
- Comprimento a considerar de regularização de barras, entre AMV onde o comprimento era igual ou superior a 1000m;
- No caso onde as interdições em termos do tempo de duração, não eram suficientes para realizar a regularização em ambas as filas.

#### 4.2.7 Causas dos problemas encontrados na regularização de barras

As causas dos problemas encontrados, foram as características da zona a intervir:

- Trata-se de uma via existente, onde se encontram instalados diversos AMV, com diferentes distâncias entre eles;
- Trata-se de uma obra de manutenção com substituição parcial do armamento de via (neste caso de travessas), mas para se executar essa substituição de travessas, irão incurrir-se tensões nas BLS que deverão ser regularizadas no final.

Sendo uma substituição parcial do armamento de via, irá ser levantado o calo das travessas, e conseqüentemente em todo o armamento de via, as tensões existentes serão alteradas, e destabilizadas e deverão ser novamente regularizadas para devolver à via a sua estabilidade.

Esta regularização depende de dois fatores, sendo eles a temperatura (Figura 4.44) e o comprimento de regularização, não podendo ser superior a 500m, conforme constante no caderno de encargos contratual. Para além disso ainda se deve considerar o comprimento da zona de respiração subsequente aos AMV existentes.



Figura 4.44 - Medição de temperatura no carril.

Após a caracterização da situação existente foram estudadas as soluções que melhor se ajustavam e que se apresentam em seguida.

#### 4.2.8 Resolução dos problemas na regularização de barras

Para solucionar os problemas encontrados, teve-se em consideração cada troço intervencionado entre AMV, ao analisar-se cada troço, aplicou-se a solução mais adequada. Este procedimento foi feito primeiramente na via ascendente e posteriormente na via descendente. As soluções foram:

- Relativamente à zona e comprimento de respiração e como o comprimento de respiração em todos os casos era junto ao AMV, considerou-se à partida um comprimento mínimo de 30m, como se pode constatar na figura 4.47. Todos os troços são entre 600m e 900m, o que faz com que a montante e a jusante existissem entre 100m a 450m a regularizar.
- Existiram outras situações em que os troços a regularizar eram superiores a 1500m como o caso de R2 (Quadro 4.8) com cerca de 1800m que foi regularizado em duas fases distintas. Isto fez com que a montante e a jusante excedesse os 500m máximos permitidos no Caderno de Encargos contratual da empreitada.

Nestes casos optou-se por se dividir o troço ao meio, criando um ponto fixo, o que fez com que houvesse num dos extremos o comprimento de respiro de 50m, junto ao AMV.

Por se tratarem de extensões maiores e no limite dos 500m, numa segunda fase executou-se o remanescente da regularização da mesma forma. De notar que depois de cada troço regularizado, ainda se libertaram as fixações da zona de respiração até ao AMV mas, depois de devidamente apertadas as fixações do troço regularizado, não restaram tensões acumuladas na zona de respiração, que neste caso estava sempre sucedido de AMV.

Em casos normais essa zona de respiração não é regularizada quando se trata de BLS contínuo, e assim as tensões vão diminuindo constantemente até 0 como se pode observar no diagrama teórico dos esforços numa BLS na figura 4.45.

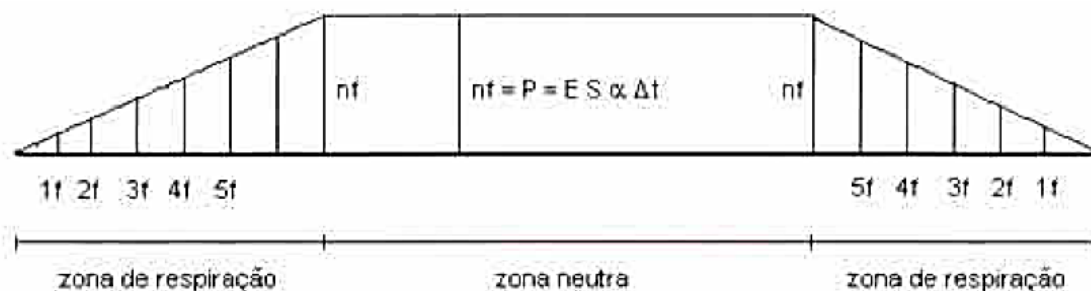


Figura 4.45 - Diagrama teórico de esforços numa BLS. [51]

No caso dos tempos de interdição da via, entende-se pelos mesmos o tempo sem exploração da via que foi concedido pelo dono de obra e que pode ser usado para serem efetuados os trabalhos contratuais.

Tratando-se da linha do Norte os tempos de interdição são bastante diminutos, tendo sido concedida a interdição para toda a empreitada entre as 1:15h e as 5:20h. No caso das regularizações de maior extensão foram efetuadas em dois dias distintos e seguidos, como por exemplo o caso de R2 (Quadro 4.8), que foi subdividido em dois sub-troços efetuados em dois dias seguidos, para que esse mesmo troço ficasse finalizado, e a velocidade de exploração passasse a 220 Km/h.

Assim foram encontradas as duas principais soluções, para troços menores ou iguais a 1000m e, para troços maiores que 1000m.

As soldaduras foram executadas no meio de dois pontos fixos, com o máximo de 1000m de extensão entre eles, ou seja considerando no máximo 500m a montante e a jusante. O ponto aproximadamente mediano foi o ponto de corte de carril, onde foi executada a soldadura.

As soldaduras obedecem a normativos, os quais são:

- Marcação das soldaduras, devem ser feitas de acordo com o normativo NTV-005 [40];
- Receção das soldaduras por parte do Dono de Obra, deve obedecer ao normativo GR.PR.VIA.006 [41];
- Fiscalização de soldaduras deve obedecer ao normativo NT 2/b [42].

Todas as soldaduras foram acompanhadas pelo dono de obra e aprovadas em conformidade com os normativos aplicáveis.

De notar que é de extrema importância tanto para o empreiteiro Somafel, como também para o Dono de Obra que todos os *Kits* de soldadura utilizados tenham sido devidamente aprovados e identificados. Cada um deles está identificado através de uma referência, como se pode ver na figura 4.46, tendo sido este (*Kit* aplicado no Km 290.587).



Figura 4.46 - Identificação do Kit de soldadura.

#### 4.2.9 Problemas encontrados nas soldaduras aluminotérmicas

Os principais problemas encontrados foram:

- Soldaduras existentes, que eram coincidentes com as soldaduras novas a realizar;
- Distância entre soldaduras novas e as soldaduras existentes ser inferior a 6m;
- O carril onde se realizaram as soldaduras não era novo mas sim já existente, o que dificultou o acabamento final, em termos de esmerilagem.

Para cada situação foram consideradas as soluções entendidas como as mais adequadas.

#### 4.2.10 Causas dos problemas encontrados nas soldaduras aluminotérmicas

As causas dos problemas encontrados foram dois, sendo elas:

- Causas naturais, pois a temperatura e os dias de chuva são incontrolláveis;
- O facto de ser um armamento de via existente, o carril tem desgaste. Para além disso todo o restante material constituinte do armamento de via está em seu pleno uso, e como tal parte dos problemas e dificuldades encontradas deveriam-se ao desgaste encontrado nesse material, excetuando as travessas que foram substituídas.

Para se libertarem as tensões nas barras cortaram-se as mesmas, regularizando-se assim as tensões internas.

Após a devida regularização das barras procedeu-se à soldadura das mesmas.

Relativamente à compatibilização das soldaduras existentes, com as soldaduras novas, nada se fez.

Em relação ao carril existente também nada foi feito pois este encontrava-se dentro dos limites de uso no que diz respeito às suas dimensões mínimas de geometria constituinte. Para além disso nesta obra acompanhada não estava incluída a substituição de carril.

Em relação à identificação das soldaduras, uma das dificuldades encontradas foi a da sua leitura pois ao longo dos anos, devido ao desgaste e à corrosão do carril, vai desaparecendo. Isto faz com que estas não sejam identificáveis, e não seja possível cruzar dados de campo recolhidos, com os constantes na base de dados do Dono de Obra.

#### 4.2.11 Resolução dos problemas nas soldaduras aluminotérmicas

Após a identificação dos problemas e suas causas estudaram-se as soluções para cada caso, ou seja para cada soldadura a executar em cada sub-troço em questão, fosse entre AMV, ou no caso das extensões maiores, entre AMV e um ponto fixo da via.

As soluções para os problemas foram as seguintes:

- Em relação às temperaturas, estas foram medidas, diretamente no carril (Figura 4.44), em cada sub-troço a ser executadas as soldaduras respetivas. Assim poderia ser executado o cálculo de carril excedente (4.1), após a regularização de barras, ficando com a dimensão máxima e útil necessária para ser executada a soldadura de 25mm;

$$\Delta l = L \times 0,0105 \times (T_m - T_c) [8] \quad (4.1)$$

Em que:

- $\Delta l$  – Carril excedente ao comprimento total em regularização;
- $L$  – Comprimento total do troço em regularização;

- 0,0105 – Coeficiente do carril UIC60;
- $T_m$  – Temperatura média de referência, considerou-se nesta obra 30°C;
- $T_c$  – Temperatura do carril no momento de execução da regularização de barras e soldaduras respetivas.

Este  $\Delta l$  é o excedente de carril relativamente ao comprimento  $L$  a ser regularizado. Este excesso de carril é cortado antes de a regularização ser efetuada, para no final da regularização efetuada garantir a distância entre as duas BLS de 25mm, para a soldadura ser realizada.

- Relativamente aos dias de chuva, existiam duas soluções que podiam ser utilizadas: a primeira seria garantir que a soldadura era feita sob uma cobertura provisória. No entanto esta solução iria materializar meios excedentes de preparação de equipamento e pessoal.

Como tal optou-se pela segunda solução, que consistiu em cruzar os dados de previsão do tempo semanal e diário com o planeamento e fazer as soldaduras em dias que não houvesse chuva;

- No que diz respeito à coincidência das soldaduras novas com as soldaduras existentes, as soldaduras novas foram desviadas para uma distância mínima de 6m das soldaduras existentes de acordo com o manual da IP.

De seguida apresenta-se um esquema elucidativo de dois casos, em que no caso da figura 4.47, apresenta-se a situação entre dois AMV. No caso da figura 4.48, apresenta-se a situação entre AMV e um ponto fixo.

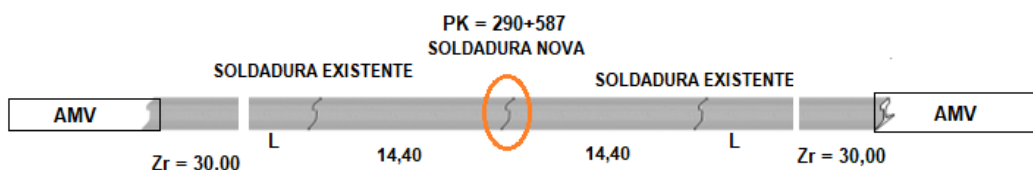


Figura 4.47 - Soldadura no sub-troço R1.

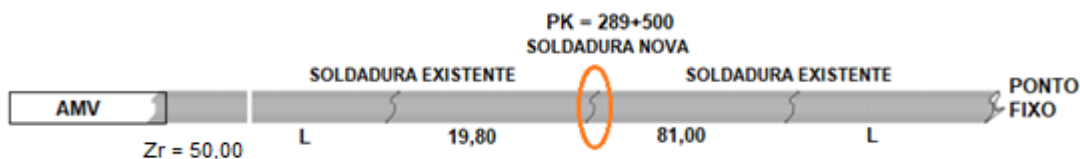


Figura 4.48 - Soldadura no sub-troço R2.1.

Apesar da solução considerada, para a compatibilização entre as soldaduras existentes, com a introdução da nova soldadura, não deve ser efetuado sempre do mesmo modo noutras situações diferentes. Perante cada situação deve-se estudar devidamente qual a melhor solução possível e que seja segura, não obstante também tentar compatibilizar com o modo mais económico possível.

- Para marcar a identificação das soldaduras recorreu-se a um punção (Figura 4.49).



Figura 4.49 - Conjunto de “ferros” para marcação de identificação das soldaduras.

A gravação foi feita positivamente no carril e consistiu em pressionar com a ajuda de um martelo, fazendo com que os números identificativos ficassem gravados negativamente no carril com uma profundidade média de 3 a 4mm (Figura 4.50).

Mesmo com a corrosão estas mantêm-se intactas, e mesmo que não sejam visíveis superficialmente, com a ajuda de uma pequena lixa ou um escovilhão de aço pode-se retirar a corrosão e ficam totalmente visíveis.



Figura 4.50 - Marcação das soldaduras.

As soldaduras ficam identificadas, obedecendo ao um normativo NTV-005 [40] sendo identificadas do seguinte modo (Figura 4.51):

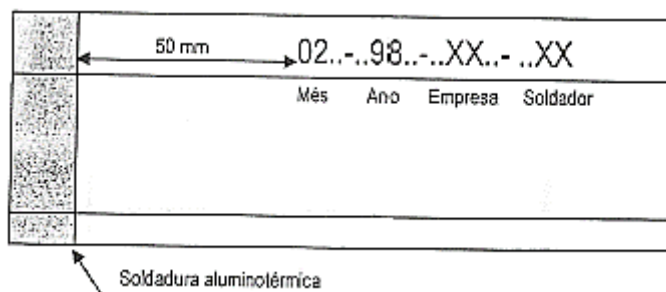


Figura 4.51 - Forma de identificação da soldadura. [10]

As soldaduras foram assim identificadas com o mês de execução seguido do ano respetivo, o número da empresa prestadora de serviços, o número identificativo do soldador e a temperatura do carril (que deve ser pintada na patilha no momento imediato antes de executar a soldadura).



## 5 CONCLUSÕES

A realização do estágio de suporte ao presente TFM possibilitou a consolidação e reforço de alguns conhecimentos que foram ministrados durante o Mestrado de Engenharia Civil, lecionado no Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, em particular no que se refere aos trabalhos inerentes à Ferrovia.

A referida consolidação teve por base as ações de formação ministradas pela entidade patrocinadora do estágio, (empresa SOMAFEL) em particular no domínio da IET77, na integração do estagiário no seu Parque Oficinal do Carregal, onde foi possível participar em atividades relacionadas com a manutenção da infraestrutura ferroviária e ainda no acompanhamento dos trabalhos de via inerentes à empreitada de substituição de travessas fissuradas, na Linha do Norte entre os km 232.500 e 291.000, empreitada que foi adjudicada a esta empresa, que é uma das referências no sector ferroviário, tanto a nível nacional como internacional.

O acompanhamento dos trabalhos ferroviários, tanto ao nível da manutenção, como da empreitada de substituição de travessas permitiu retirar algumas conclusões objetivas, nomeadamente:

- A programação tem de ter em conta os períodos disponibilizados para a realização dos trabalhos.

Trata-se de uma variável que pode ser fortemente condicionadora, em particular nas intervenções em linhas existentes e que se mantenham em exploração durante a realização dos trabalhos.

No caso da substituição das travessas, esses períodos estiveram limitados em dias de semana, de 2.<sup>a</sup> feira a sábado, entre as 01:15h e as 05:15h, sendo que nesses períodos esteve igualmente incluído o tempo necessário para a realização de tarefas preparatórias e complementares, nomeadamente a colocação de “varas de terra”, procedimento obrigatório em linhas eletrificadas para assegurar as condições de segurança em termos de choques elétricos;

- Aspeto que igualmente deve ser tido em conta na realização dos trabalhos, em particular de algumas atividades, como por exemplo a realização de soldaduras aluminotérmicas, prende-se com as condições meteorológicas, o que leva à necessidade de proceder ao cruzamento da previsão destas com a planificação;
- Aspeto igualmente importante prende-se com o conhecimento antecipado das condições do local de execução dos trabalhos, o que permite a definição dos

equipamentos a utilizar, nomeadamente em resultado das dificuldades/facilidades de acesso destes, bem como de alguns trabalhos preparatórios e/ou complementares que se tornem inevitavelmente necessários para a realização das tarefas previstas propriamente ditas;

- Na programação e na posterior realização dos trabalhos é igualmente aspeto relevante o cumprimento das disposições relacionadas com a segurança, facto que obriga a uma certificação dos equipamentos e à formação dos trabalhadores envolvidos independentemente das tarefas que lhe estão atribuídas;

Pode igualmente concluir-se que o sucesso ou insucesso de uma intervenção na via férrea, à semelhança da generalidade das intervenções na área das obras de construção civil, passa inevitavelmente por:

- **Qualidade do projeto**, com soluções devidamente definidas e quantificadas, sendo igualmente determinante a demonstração da exequibilidade da intervenção pretendida (faseamento construtivo), bem como uma definição realista dos prazos de execução;
- **Equipa do Dono de Obra no terreno e da Fiscalização**, com boa capacidade técnica e com conhecimento do projeto;
- **Entidade executante (Empreiteiro)**, que terá de:
  - Proceder ao estudo antecipado do projeto, para que de forma coerente, atempada e organizada, seja feita uma correta planificação da empreitada alocando os meios de forma correta e devidamente otimizados;  
Esta equipa terá igualmente de estar devidamente apoiada por equipas de retaguarda que assegurem atividades igualmente importantes, nomeadamente ao nível da logística e que garantam a chegada às frentes de trabalhos dos materiais, como por exemplo o balastro;
  - Salvar a segurança, implantado e respeitando os procedimentos de segurança e não recorrendo a mão de obra não qualificada por forma a minimizar potenciais e indesejáveis acidentes.

No que se refere à identificação de estudos futuros, considera-se como interessante a identificação das causas inerentes à fissuração das travessas objeto de substituição na empreitada que foi acompanhada na Linha do Norte.

Este estudo, deverá ter em conta as diversas variáveis envolvidas, nomeadamente:

- O tipo de fissuração;
- Os locais / intensidade onde estas ocorrem na componente da geometria de via, tanto em planta (alinhamentos retos, gama de valores dos raios das curvas), como em perfil (gama de inclinações dos traneis);
- O tipo de material circulante (tipo de composições, cargas por eixo,...);
- Velocidades praticadas;
- As características ambientais da zona;
- A qualidade das travessas, nomeadamente em termos dos componentes do betão (cimento e agregados) e das armaduras.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Museu Ferroviário do Entroncamento, “Comemoração dos 160 anos do Caminho-de-Ferro em Portugal Museu Nacional Ferroviário , Entroncamento Intervenção do Secretário de Estado das Infraestruturas.” Entroncamento, 2016.
- [2] Infraestruturas de Portugal (<http://www.infraestruturasdeportugal.pt/rede>), “Mapa 1 da Rede Ferroviária Nacional.” 2019.
- [3] C. M. Torres *et al.*, “Gazeta dos Caminhos de Ferro,” 1681, 1958.
- [4] Â. Sofia and G. Salgueiro, “a C Ompanhia R Eal Dos C Aminhos De,” 2008.
- [5] M. Veloso, “Anúncio ao procedimento n.º 7462/2018 - Diário da República.” 2018.
- [6] Somafel, “Equipamento Pesado para Trabalhos de Via e de Catenária,” 2004.
- [7] M. Armando, “Caminhos de Ferro (sebenta ISEL).” 2017.
- [8] Fernave, “Manual de Via - 1.” 2003.
- [9] I.-I. P. da Qualidade, “Railway application - Track alignment design parameters - Track gauges 1435 mm and wider - Part 1: Plain Line,” *ENV 13803-1, CEN - European Committee for Standardization*. 2007.
- [10] B. dos Santos, “Apontamentos de Caminhos de Ferro V1.” 2009.
- [11] A. F. F. P. de Oliveira, “Via Balastrada versus Via Não Balastrada,” 2012.
- [12] E. M. C. Fortunato, “Renovação de Plataformas Ferroviárias . Estudos Relativos à Capacidade de Carga,” 2005.
- [13] E. Berggren, *Railway track stiffness dynamic measurements*. 2009.
- [14] C. Esveld, *Modern Railway Track*, 2nd editio. 2001.
- [15] D. Bilow and G. Randich, “Slab track for the next 100 years,” 2000.
- [16] G. Michas, “Slab Track Systems for High-Speed Railways,” 2012.

- [17] E. A. P. A. EAPA, *Asphalt in Railway Tracks*. 2014.
- [18] L. VEGA - Engenharia e Consultoria, “Superintendência de Planejamento e Desenvolvimento (RELATÓRIO FINAL),” 2012.
- [19] E. F. Gonçalves, “Caminhos de Ferro (sebenta IST).” .
- [20] E. REFER, “Fornecimento de Balastro e Gravelha IT.GEO.001.02.” 2004.
- [21] E. REFER, “Características técnicas do sub-balastro IT.GEO.006.” 2007.
- [22] E. REFER, “IT.VIA.004.01 Procedimento para o manuseamento, transporte, armazenamento de travessas de betão.” 2004.
- [23] E. Rede Ferroviária Nacional - REFER, “IMV-019 Homologação, processo de fabrico, fornecimento travessas monobloco com fixação Vossoloh carris UIC54 e 60.” 2000.
- [24] E. REFER, “IT.VIA.021 - Tolerâncias de desgaste do perfil transversal do carril,” 2009.
- [25] P. D. Hargreaves, “DEVELOPMENT OF AN INTEGRATED MODEL FOR ASSESSMENT OF OPERATIONAL RISKS IN RAIL TRACK,” 2007.
- [26] Fernave, “Manual de Via - 5.” 2003.
- [27] A. S. da Cruz, “Manutenção da Via,” 1999.
- [28] E. REFER, “ITV n.º1.” 1978.
- [29] E. Rede Ferroviária Nacional - REFER, “Caderno de Encargos - Aquisição de serviços nas especialidades de via e catenária na rede ferroviária nacional - Lote 1.” 2019.
- [30] E. REFER, “I.E.T 77.” 2009.
- [31] E. REFER, “INSTRUÇÃO DE EXPLORAÇÃO TÉCNICA Nº 77 Normas e Procedimentos de Segurança em Trabalhos na Infra-estrutura Ferroviária (adit n.º5),” 2017.
- [32] E. REFER, “INSTRUÇÃO DE EXPLORAÇÃO TÉCNICA Nº 77 Normas e

- Procedimentos de Segurança em Trabalhos na Infra-estrutura Ferroviária (adit n.º4),” pp. 39650–39661, 2014.
- [33] S/A, “Processo de Internalização das actividades de MPS de Via/Geotecnia do CMLX.”
- [34] E. REFER, “IT.VIA.018 Tolerâncias dos parâmetros geométricos da via,” 2009.
- [35] E. REFER, “IT.VIA.017 - Procedimento para identificação de fissuras em travessas de betão monobloco.” 2008.
- [36] J. B. Gonçalves, “MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA - EMPREITADA ‘ LINHA DO NORTE – SUBSTITUIÇÃO DE TRAVESSAS MONOBLOCO FISSURADAS ENTRE OS KM 232+500 E 291+000 .” 2018.
- [37] J. B. da S. Gonçalves, “Caderno de Encargos - EMPREITADA ‘ LINHA DO NORTE – SUBSTITUIÇÃO DE TRAVESSAS MONOBLOCO FISSURADAS ENTRE OS KM 232+500 E 291+000 .” 2018.
- [38] Somafel, “Memória Descritiva e Justificativa da Empreitada da ‘Linha do Norte – Substituição de travessas monobloco fissuradas, em modo descontínuo, entre os kms 232,500 e 291,000 vias A e D, ” 2018.
- [39] E. REFER, “NTV-001 Estabilizadora Dinâmica de Via Marca Plasser & Theurer Modelo DGS 62N.” 1994.
- [40] E. REFER, “NTV-005 Marcação das soldaduras aluminotermicas e Recargas em Carris.” 1995.
- [41] E. REFER, “GR.PR.VIA.006 - Emissão de Certificado para a Receção de Trabalhos Soldadura Aluminotérmica.” 2015.
- [42] E. REFER, “NT/2b - Fiscalização de soldaduras aluminotérmicas.” 1969.
- [43] Bernhard Lichtberger, “Track Compendium,” Linz, 2011.
- [44] Vítor Maia, *Disponível em:*  
<https://maquinadeaprovacao.com.br/engenharia/ferrovias-um-breve-historico/>.  
2019.

- [45] J. Loureiro, F. Asseiceiro, and P. Silveira, “SUBSTITUIÇÃO DO ARMAMENTO DE VIA NA PONTE DONA ANA , EM MOÇAMBIQUE . SOLUÇÃO NÃO CONVENCIONAL DE,” pp. 1–10.
- [46] S/A, “Disponível em: <https://www.lankhorstrail.com/nl>.” 2019.
- [47] S/A, “Disponível em: [https:// http://www.patilgroup.com/composite-sleepers.html](https://http://www.patilgroup.com/composite-sleepers.html).” 2020.
- [48] P. T. de Chardin, “Disponível em: <https://historiesdeviatger.blogspot.com/2007/07/ferrocarriles-iii-el-carril.html> (24/06/2019) - Històries de Viatger.” 2007.
- [49] S/A, “Disponível em: <https://rails.arcelormittal.com/tipos-rieles/carril-de-transporte/norma-europea/carril-uic60-60e1>.” 2019.
- [50] Fernave, “6 - MODALIDADES DE ASSENTAMENTO DE VIA,” 2003.
- [51] A. S. da Cruz, “Elementos constituintes da superstrutura da via.” .

