



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Civil

Reabilitação da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca – Linha do Alentejo

RESUMO

Devido ao elevado grau de inovação introduzido na indústria de transportes a todos os níveis, o comboio consegue, efectivamente, oferecer vantagens notórias relativamente ao tempo de viagem, fiabilidade, segurança, comodidade e acessibilidade, competindo eficazmente com outros modos de transporte causadores massivos de poluição, congestionamento e acidentes de viação. Torna-se por isso indispensável modernizar a Rede Ferroviária Nacional, a qual deverá contemplar a realização de obras de beneficiação e de reabilitação em diversas linhas, muitas das quais estão em serviço há mais de cem anos.

Tendo em vista a reabilitação da infra-estrutura ferroviária existente, considera-se imprescindível fundamentar as soluções técnicas a adoptar em estudos que incluam uma avaliação do desempenho da actual plataforma e no resultado de ensaios realizados para a sua caracterização.

Neste contexto, apresenta-se e comenta-se o estudo realizado, no âmbito da modernização da Linha do Alentejo, nomeadamente da estação de caminho-de-ferro de Casa Branca.

O estudo apresentado visa, não só efectuar a caracterização da super-estrutura e da infra-estrutura ferroviária existente, mas também do seu *layout*, de forma a desenvolver um conjunto de soluções pelas quais se possa optar, tendo em vista a reabilitação do caminho de ferro e a melhoria do seu nível de serviço, equiparando-a aos padrões das estações de caminho de ferro actuais.

Palavras chave: Layout, reabilitação, modernização, linha férrea



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Civil

ISEL

Reabilitação da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca – Linha do Alentejo



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Civil

Reabilitação da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca – Linha do Alentejo

ABSTRACT

Given the increasing degree of innovation introduced at every level in the transportation industry, the train offers well-known advantages in terms of time, reliability, security, comfort and accessibility, efficiently competing with other modes of transport which cause massive pollution, traffic jams and accidents. It becomes therefore indispensable to modernize the National Railroad Network, taking into account the rehabilitation projects already performed in diverse lines, many of which have been functioning for over a century. In order to satisfy modern requirements in the rehabilitation of the already existing infrastructure, especially of the railroad platform, it is considered indispensable to take into consideration studies that include an evaluation of the performance of the current platform and the assays which have been specifically performed to characterize it. In this context, we present and discuss studies that have been carried out in the scope of the modernization of the Line of Alentejo, in particular of the railway station of Casa Branca. The study here presented aims at characterizing not only the superstructure and the existing railroad infrastructure, but also its layout, in order to develop a set of optional solutions with the main objective of improving the railroad and its quality of service, matching it up with to the standards of modern railroad stations.

Keywords: Layout, rehabilitation, modernization, railway



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Civil

ISEL

Reabilitação da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca – Linha do Alentejo



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Civil

Reabilitação da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca – Linha do Alentejo

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar ao meu Orientador, Engenheiro Armando do Carmo Martins, pela orientação e interesse demonstrado ao longo da concretização deste trabalho, pela leitura crítica, pelas valiosas sugestões, pelo constante incentivo e encorajamento e pela disponibilidade permanente sempre demonstrada. Ao longo destes meses o meu orientador sempre se mostrou interessado e disponível para resolver todas as dúvidas, problemas, erros e contratemplos que surgiram na realização deste trabalho. As suas sugestões e correcções contribuíram de uma forma muito construtiva e foram fundamentais para a elaboração deste estudo.

Ao meu Orientador, Engenheiro António Sequeira da Cruz, que sempre se disponibilizou prontamente no esclarecimento de qualquer dúvida e também por tornar possível o contacto com a REFER EP.

Ao Instituto Superior de Engenharia de Lisboa pela disponibilização do Laboratório de Mecânica dos Solos e dos seus equipamentos, que tornaram possível a realização dos ensaios dos casos práticos.

Ao meu colega Mauro Pereira, que foi uma ajuda imprescindível na elaboração dos ensaios geotécnicos que permitiram a caracterização dos solos existentes na Estação de caminho de ferro de Casa Branca.

À REFER EP, particularmente ao Sr. Engenheiro Eduardo Frederico, e ao Engenheiro António Fernandes, pela prontidão demonstrada na autorização concedida para efectuar o estudo das plataformas e realização dos ensaios geotécnicos.

Finalmente gostaria de agradecer também à minha esposa, pelo apoio que sempre demonstrou em todos os momentos, tornando possível a concretização deste trabalho.



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Civil

ISEL

Reabilitação da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca – Linha do Alentejo



ÍNDICE

| | | |
|-----------|---|----------|
| 1 | CONSIDERAÇÕES INICIAIS..... | 1 |
| 1.1 | APRESENTAÇÃO DO TEMA..... | 1 |
| 1.2 | ENQUADRAMENTO | 2 |
| 1.3 | OBJECTIVO | 4 |
| 2 | CARACTERÍSTICAS DA FERROVIA | 7 |
| 2.1 | CARACTERÍSTICAS DO MATERIAL CIRCULANTE | 7 |
| 2.2 | ELEMENTOS QUE CONSTITUEM A VIA FÉRREA..... | 9 |
| 2.2.1 | SUPERESTRUTURA DE VIA..... | 9 |
| 2.2.1.1 | Carril | 9 |
| 2.2.1.1.1 | Constituição do Carril | 11 |
| 2.2.1.1.2 | Condicionantes à estabilidade do carril | 11 |
| 2.2.1.1.3 | Aço dos carris | 12 |
| 2.2.1.1.4 | Recepção dos carris | 13 |
| 2.2.1.1.5 | Defeitos dos carris | 13 |
| 2.2.1.1.6 | Vida útil dos carris | 13 |
| 2.2.1.1.7 | Desgaste dos carris | 14 |
| 2.2.1.1.8 | Fadiga | 17 |
| 2.2.1.1.9 | Soldaduras..... | 17 |
| 2.2.1.2 | Fixações | 21 |
| 2.2.1.2.1 | Fixações rígidas..... | 22 |
| 2.2.1.2.2 | Fixações elásticas | 22 |
| 2.2.1.3 | Travessas | 23 |
| 2.2.1.3.1 | Travessas de madeira | 24 |
| 2.2.1.3.2 | Travessas de betão | 26 |
| 2.2.1.3.3 | Travessas Metálicas | 27 |
| 2.2.1.3.4 | Outros Tipos | 27 |
| 2.2.1.3.5 | Principais vantagens e inconvenientes dos vários tipos de travessas | 27 |
| 2.2.1.4 | Aparelhos de via | 29 |
| 2.2.1.5 | Balastro..... | 30 |
| 2.2.2 | PLATAFORMA DA VIA..... | 31 |
| 2.2.2.1 | Sub-Balastro | 32 |



| | | |
|-----------|---|-----------|
| 2.2.2.2 | Coroamento | 33 |
| 2.2.2.3 | Fundação da via | 34 |
| 2.3 | CONCLUSÕES | 34 |
| 3 | REABILITAÇÃO DA ESTAÇÃO DE CASA BRANCA | 35 |
| 3.1 | SITUAÇÃO ACTUAL | 36 |
| 3.1.1 | VIA FÉRREA | 36 |
| 3.1.2 | PLATAFORMA DE VIA..... | 38 |
| 3.1.3 | EDIFÍCIO DE PASSAGEIROS | 40 |
| 3.1.4 | PLATAFORMAS DE PASSAGEIROS E COBERTURAS..... | 41 |
| 3.1.5 | VEDAÇÕES..... | 42 |
| 3.1.6 | PASSAGEM SUPERIOR RODOVIÁRIA | 43 |
| 3.2 | GEOLOGIA E GEOTECNIA | 44 |
| 3.2.1 | GEOMORFOLOGIA | 44 |
| 3.2.2 | GEOLOGIA..... | 45 |
| 3.2.2.1 | Hidrogeologia..... | 47 |
| 3.2.2.2 | Neotectónica e sismicidade | 48 |
| 3.2.2.3 | Recursos geológicos | 53 |
| 3.3 | CAMPANHA DE PROSPECÇÃO EFECTUADA..... | 54 |
| 3.4 | SITUAÇÃO FUTURA..... | 58 |
| 3.4.1 | PRESSUPOSTOS DE BASE | 58 |
| 3.4.2 | VIA FÉRREA | 60 |
| 3.4.2.1 | Critérios de Projecto | 60 |
| 3.4.2.2 | Futuro <i>layout</i> ferroviário..... | 60 |
| 3.4.2.3 | Armamento de Via | 61 |
| 3.4.2.3.1 | Carril | 61 |
| 3.4.2.3.2 | Travessas e Fixações..... | 61 |
| 3.4.2.3.3 | Aparelhos de mudança de via | 62 |
| 3.4.3 | DIMENSIONAMENTO DA NOVA PLATAFORMA FERROVIÁRIA..... | 62 |
| 3.4.3.1 | Metodologia adoptada no dimensionamento..... | 63 |
| 3.4.3.2 | Características mecânicas dos solos QS1, QS2 e QS3..... | 63 |
| 3.4.3.3 | Solos de fundação | 65 |
| 3.4.3.3.1 | Dimensionamento da espessura e_f (m) da estrutura da Plataforma em RIV .. | 65 |
| 3.4.3.3.2 | Dimensionamento da espessura e (m)..... | 67 |



| | | |
|-----------|--|------------|
| 3.4.4 | PLATAFORMAS DE PASSAGEIROS E COBERTURAS..... | 68 |
| 3.4.5 | EDIFÍCIO DE PASSAGEIROS | 71 |
| 3.4.6 | PASSAGEM SUPERIOR RODOVIÁRIA | 72 |
| 3.4.7 | TERRAPLENAGEM E DRENAGEM | 73 |
| 3.4.7.1 | Demolições | 73 |
| 3.4.7.2 | Terraplenagem | 75 |
| 3.4.7.2.1 | Perfil transversal tipo | 75 |
| 3.4.7.2.2 | Escavações | 76 |
| 3.4.7.2.3 | Aterros | 76 |
| 3.4.7.2.4 | Tratamento da plataforma de via | 76 |
| 3.4.7.3 | Drenagem | 77 |
| 3.4.7.3.1 | Drenagem transversal | 77 |
| 3.4.7.3.2 | Drenagem longitudinal..... | 77 |
| 3.4.7.3.3 | Dimensionamento dos órgãos de drenagem..... | 78 |
| 3.5 | CONCLUSÕES | 82 |
| 4 | FASEAMENTO CONSTRUTIVO | 83 |
| 5 | MEDIÇÕES E ESTIMATIVA ORÇAMENTAL..... | 85 |
| 5.1 | MEDIÇÕES | 85 |
| 5.2 | ESTIMATIVA ORÇAMENTAL | 86 |
| 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 87 |
| 7 | BIBLIOGRAFIA..... | 89 |
| | ANEXO I - RESULTADOS DA CAMPANHA DE PROSPECÇÃO EFECTUADA..... | AI |
| | ANEXO II - CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO | AII |



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Civil

ISEL

Reabilitação da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca – Linha do Alentejo



LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1.1 - Localização da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca | 1 |
| Figura 1.2 - Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca | 3 |
| Figura 1.3 - km 90 da Linha da Alentejo..... | 3 |
| Figura 2.1 - Eixo, Rodas e Verdugo | 8 |
| Figura 2.2 - Roda alinhada com o carril | 8 |
| Figura 2.3 - Efeito de escorregamento | 8 |
| Figura 2.4 - Secção tipo de uma carril UIC 60 | 9 |
| Figura 2.5 - Tensão normal na secção do carril por solicitação da roda..... | 10 |
| Figura 2.6 - Carril com patilha de espessura insuficiente..... | 11 |
| Figura 2.7 - Relação entre a tensão máxima suportada pelos materiais metálicos e o numero de ciclos de carregamento | 17 |
| Figura 2.8 - Carril biencastrado submetido à variação de temperatura | 18 |
| Figura 2.9 - Representação da BLS como viga encastrada..... | 19 |
| Figura 2.10 - Fixação Rígida | 22 |
| Figura 2.11 - Fixações Elásticas | 22 |
| Figura 2.12 - Chapim metálico | 23 |
| Figura 2.13 - Travessas de madeira..... | 24 |
| Figura 2.14 - Travessas de madeira - Protecção contra a fendilhação..... | 25 |
| Figura 2.15 - Travessas de Madeira em ponte metálica | 25 |
| Figura 2.16 - Via com Travessas Monobloco de betão | 26 |
| Figura 2.17 - Via com Travessas Bi-bloco de betão..... | 27 |
| Figura 2.18 - Aparelho de Mudança de Via..... | 30 |
| Figura 2.19 - Camada de Sub-balastro | 32 |
| Figura 2.20 - Fundação da Via | 34 |



| | |
|---|----|
| Figura 3.1 - Actual Layout da Estação de Casa Branca..... | 35 |
| Figura 3.2 - Travessa de madeira fissurada..... | 37 |
| Figura 3.3 - Carril 45 com fixação rígida | 37 |
| Figura 3.4 - Passagem de peões danificada | 38 |
| Figura 3.5 - Travessas de madeira..... | 38 |
| Figura 3.6 - AMV na Linha Geral..... | 38 |
| Figura 3.7 - AMV na Linha Geral..... | 38 |
| Figura 3.8 - Linha Secundária (Ausência de balastro) | 39 |
| Figura 3.9 - Inexistência de drenagem..... | 39 |
| Figura 3.10 - Linhas secundárias desactivadas | 40 |
| Figura 3.11 - Travessas encastradas no solo | 40 |
| Figura 3.12 - Edifício de Passageiros e Largo da Estação de Casa Branca..... | 41 |
| Figura 3.13 - Coberturas das Plataformas de Passageiros da Estação de Casa Branca. | 41 |
| Figura 3.14 - Vedação na Estação de Casa Branca | 42 |
| Figura 3.15 - Passagem Superior Rodoviária localizada no lado poente da Estação de Casa Branca | 43 |
| Figura 3.16 - Carta de incidência de fenómenos sísmicos na Europa - Mediterrâneo..... | 49 |
| Figura 3.17 - Carta Neotectónica da Península Ibérica..... | 49 |
| Figura 3.18 - Zonas sísmicas existentes em Portugal continental | 52 |
| Figura 3.19 - Mapas de zonamento sísmico de Portugal continental..... | 52 |
| Figura 3.20 - Realização de PDL | 55 |
| Figura 3.21 - Localização dos ensaios PDL e da abertura das trincheiras para a recolha de amostras | 56 |
| Figura 3.22 - Localização dos ensaios PDL e das trincheiras 1 e 2..... | 56 |
| Figura 3.23 - Localização dos ensaios PDL e das trincheiras 3,4 e 5..... | 56 |
| Figura 3.24 - Aspecto do balastro contaminado até à superfície | 57 |



| | |
|---|----|
| Figura 3.25 - Actual armamento da via | 59 |
| Figura 3.26 - Drenagem longitudinal | 59 |
| Figura 3.27 - Vedação da infra-estrutura..... | 59 |
| Figura 3.28 - Actual Edifício de Passageiros..... | 59 |
| Figura 3.29 - Plataformas de Passageiros e Coberturas | 59 |
| Figura 3.30 - Passagem Superior Rodoviária | 59 |
| Figura 3.31 - Novo traçado em planta e linhas e remover | 61 |
| Figura 3.32 - Secção transversal esquemática para dimensionamento da plataforma..... | 63 |
| Figura 3.33 - Plataforma de Passageiros | 70 |
| Figura 3.34 - Cobertura Metálica..... | 70 |
| Figura 3.35 - Átrio da sala de espera da Estação | 71 |
| Figura 3.36 - Secção transversal tipo, após intervenção, onde se destaca o alargamento dos passeios..... | 73 |
| Figura 3.37 - Cais a demolir na Estação de Casa Branca | 73 |



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Civil

ISEL

Reabilitação da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca – Linha do Alentejo



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Civil

ISEL

Reabilitação da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca – Linha do Alentejo



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Civil

Reabilitação da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca – Linha do Alentejo

GLOSSÁRIO

A generalidade das nomenclaturas utilizadas, são descritas no decorrer deste trabalho. De seguida, indicar-se-ão apenas as nomenclaturas principais:

ABGE – Agregado Britado de granulometria extensa

AC – Aparelho carrilador

AD – Aparelho de dilatação

AMVS – Aparelho de mudança de via simples

AMV – Aparelho de mudança de via

ATO – Atravessamento oblíquo

BLS – Barra longa soldada

CE – Caderno de Encargos

e(m) ou sous couche – representa o somatório das camadas balastro e sub-balastro

ef(m) ou Couche de forme – representa espessura da camada de coroamento

Gabarit – Altura livre

H – altura do aterro

h – altura do tabuleiro

k – Rigidez

L – Comprimento de um vão

MCR – Mapa de Controlo de Resíduos

MP – Mio-pliocénico

PT – Perfis Transversais

OA – Obra-de-arte

PPGRCD – Plano de Prevenção e Gestão de Resíduos da Construção e Demolição

RIV – Remoção integral da via

REFER – Rede Ferroviária Nacional

RFF – Réseau Ferré de France

SNCF – Société Nationale des Chemins de Fer Français

TRATCICA2008 – Curso de tratamento de solos com cal e/ou cimento



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Civil

ISEL

Reabilitação da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca – Linha do Alentejo



1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

A **Linha do Alentejo** é um troço ferroviário da Rede Ferroviária Nacional que liga a cidade do Barreiro à localidade de Funcheira, com 217,6 km de extensão. Atravessa os concelhos do Barreiro, Moita, Palmela, Vendas Novas, Montemor-o-Novo, Viana do Alentejo, Alvito, Cuba, Beja, Aljustrel, Castro Verde e Ourique. Esta linha, que percorre grande parte do Alentejo, tem serviço de passageiros e mercadorias. No entanto, já não funciona na sua plenitude desde o final da década de 80, quando ainda tinha a designação de Linha do Sul.

A **Estação de Caminho-de-Ferro de Casa Branca**, situada entre o km 88.944 e o km 90.980 da Linha do Alentejo (Figura 1.1), é um importante entroncamento ferroviário desta linha, situado na freguesia de Santiago do Escoural, Montemor-o-Novo, tendo a povoação surgido com a inauguração, em 1863, da ligação ferroviária Vendas Novas-Évora, para alojamento de empregados do caminho-de-ferro e suas famílias.



Figura 1.1 - Localização da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca [adaptado de www.Googleearth.com]



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Civil

Reabilitação da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca – Linha do Alentejo

As estações de caminho de ferro tiveram um papel preponderante no desenvolvimento, não somente nesta região, mas em todo o país. No século XIX, foram responsáveis pela dinamização das cidades, ou mesmo pela fundação de núcleos urbanos, vindo a tornar-se referências locais importantes.

A crise do sistema ferroviário, deixou algumas localidades no abandono, principalmente aquelas que dependiam quase exclusivamente da vitalidade económica promovida pela linha férrea. Enquanto as antigas linhas e ramais se mantiveram em operação, as edificações foram, bem ou mal, conservadas. Diante desse universo, hoje saltam à vista as poucas que foram reabilitadas.

As medidas preconizadas para o crescimento proposto para o país, têm como objectivo transformar a posição periférica de Portugal em relação à Europa numa vantagem comparativa no quadro do relacionamento entre a Europa e o Mundo, pretendo-se que o território assuma uma nova centralidade no movimento de bens e pessoas, sendo o sistema ferroviário um dos componentes fundamentais desta estratégia.

Nesse sentido, a Modernização da Estação de Caminho de Ferro da localidade de Casa Branca, é não só importante pela dinâmica que pode trazer a esta zona, mas também pelo efeito positivo na economia portuguesa e no desenvolvimento das restantes localidades Alentejanas, principalmente se tiver em conta que Évora passará a ser um importante entroncamento ferroviário, após concluída a rede nacional de Alta Velocidade.

1.2 ENQUADRAMENTO

O traçado da linha férrea da estação inicia-se no topo oeste da estação de Casa Branca ao km 89.800 (Figura 1.2 – Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca) e termina na zona de separação das duas linhas, bifurcação da linha de Évora e da linha do Alentejo, em direcção a Beja, ao km 91+201 da linha do Alentejo (Figura 1.3 – km 90 da Linha do Alentejo).



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Civil

Reabilitação da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca – Linha do Alentejo



Figura 1.2 - Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca [adaptado de www.Googleearth.com]



Figura 1.3 - km 90 da Linha da Alentejo

A extensão da Estação de Casa Branca desenvolve-se ao longo de 2.036m e o seu layout é composto por quinze linhas, das quais apenas cinco se encontram em funcionamento. Das cinco linhas em funcionamento, duas são designadas como principais e três como linhas secundárias, ou seja, linhas de resguardo.



As linhas têm a seguinte extensão:

- Linha principal I - 485m;
- Linha principal II - 460m;
- Linha secundária III - 298m;
- Linha secundária IV - 208m;
- Linha secundária V - 153m.

A Estação de Casa Branca, caracteriza-se essencialmente por um conjunto de infra-estruturas e edificações, das quais de destacam:

- Cinco linhas férreas com uma extensão aproximada de 1,6 km, ligando a linha do Alentejo à linha de Évora ao km 90+800, equipada com carril UIC 54 ou inferior, travessas de madeira (equipadas com fixações maioritariamente rígidas) assentes sobre uma camada diminuta de balastro;
- Uma passagem superior rodoviária sobre a linha, sem gabarit vertical para electrificação, com uma extensão aproximada de 21 m;
- Vedação, tipo rural, da infra-estrutura ferroviária em toda a sua extensão;
- Um edifício de passageiros.

1.3 OBJECTIVO

A reabilitação deste entroncamento ferroviário pretende introduzir melhorias ao nível dos elementos constituintes da super-estrutura da via existente, face ao avançado estado de deterioração em que estes se encontram, bem como adequar o *layout* das linhas às necessidades actuais.

Com o presente trabalho, pretende-se atingir os seguintes objectivos:

- Execução de uma nova plataforma ferroviária, preparada para a prática de



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA Departamento de Engenharia Civil

Reabilitação da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca – Linha do Alentejo

velocidades de 140 km/h para comboios convencionais na linha directa em direcção a Évora;

- Aumento da capacidade de drenagem das plataformas das vias férreas;
- Reabilitação das Plataformas de Passageiros existentes, incluindo a sua cobertura;
- Execução de um atravessamento desnivelado, por eliminação de Passagens de Nível, mediante a construção de uma passagem Superior de Peões a construir no topo nascente das Plataformas de Passageiros;
- Protecção da infra-estrutura ferroviária, em relação aos terrenos adjacentes por intermédio de vedações.
- Optimização do *layout* das linhas da estação, minorando os constrangimentos existentes, dado que presentemente já só se encontram cinco linhas em funcionamento;
- Substituição do actual armamento de via;
- Construção de uma nova Passagem Superior Rodoviária no lado poente da Estação, para substituição da actual, que conforme referido não tem gabarit que permita a instalação da Catenária;
- Minimização dos custos da manutenção da via durante a vida útil da nova infra-estrutura.

O desenvolvimento do presente trabalho encontra-se suportado por:

- Orientações transmitidas pelos Orientadores;
- Reconhecimento geológico e geotécnico;
- Visitas de campo;
- Reuniões com diversas entidades, nomeadamente:
 - Chefe da estação;
 - Equipas de manutenção.



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Civil

ISEL

Reabilitação da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca – Linha do Alentejo



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Civil

Reabilitação da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca – Linha do Alentejo

2 CARACTERÍSTICAS DA FERROVIA

Por forma a permitir uma maior interligação com o tema do presente estudo, considerou-se de interesse, com recurso a pesquisas de informação disponível, fazer uma abordagem prévia, embora simplificada, dos aspectos mais significativos da ferrovia.

A infra-estrutura ferroviária convencional conduz a um sistema de transporte terrestre em que os veículos se apoiam sobre as linhas por intermédio de elementos rotativos metálicos. Esta interacção entre o veículo e o caminho de ferro apoia-se em conceitos específicos do sistema, como o guiamento unidireccional por contacto e a utilização da aderência da roda-carril para a transmissão dos esforços de propulsão do veículo (Rives et al, 1977).

2.1 CARACTERÍSTICAS DO MATERIAL CIRCULANTE

A interacção veículo-via dá-se pelo contacto directo das rodas metálicas do comboio com os carris, que também são metálicos. Isto provoca um desgaste considerável desses elementos devido às cargas aplicadas às rodas. Apesar da pequena resistência ao desgaste, esta solicitação elevada faz com que este tipo de interacção veículo-via seja o mais adequado.

Em comparação com os outros meios de transporte, o sistema ferroviário não possui mobilidade quanto à direcção do veículo. O seu trajecto é guiado somente pelos carris.

Devido à robustez do comboio, geralmente, as rodas são solidárias ao eixo, não permitindo movimentos relativos. Como consequência, aparece o escorregamento entre as rodas e os carris quando o comboio descreve um trajectória curvilínea. A dificuldade de inscrição dos eixos paralelos e solidários às rodas nos carris durante uma curva, limita os raios mínimos em valores bastante superiores aos rodoviários. Sistemas que não exigissem paralelismo entre os eixos a fim de facilitar a inscrição nos carris, seriam muito complexos e frágeis devido, uma vez mais, à robustez do veículo.

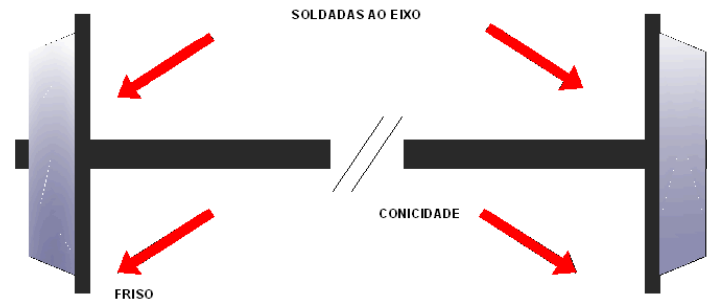


Figura 2.1 - Eixo, Rodas e Verdugo [adaptado de Silva, 2004]

Por sua vez, os frisos (verdugo) das rodas (Figura 2.1) mantêm o comboio sobre os carris, evitando um deslocamento lateral que provoque o descarrilamento.



Figura 2.2 - Roda alinhada com o carril
[adaptado de Silva, 2004]



Figura 2.3 - Efeito de escorregamento
[adaptado de Silva, 2004]

As rodas possuem ainda uma configuração cônica que tem duas funções:

- Centralizar o veículo nos carris uma vez que, quando o mesmo se desloca mais para o lado de um carril, a geometria cônica faz, através da gravidade, escorregar a roda e obriga-a a voltar para o centro (Figura 2.2);
- Diminuir o efeito de escorregamento das rodas nas curvas (Figura 2.3).

Contrariamente ao que acontece nos outros tipos de veículos, as cargas transmitem-se ao caminho de rolamento nas “pontas”. Além disso, as rodas nunca se encontram fora do gabarit da caixa.



Com a utilização das barras longas soldadas, foram alcançadas velocidades elevadas com bons índices de conforto e segurança para os passageiros.

Exposto ao ambiente, o carril, por efeitos de variação de temperatura, sofre variações no seu comprimento. Se a estrutura definida pelo carril e pelos seus apoios exteriores nas travessas fosse isostática, não resultariam esforços desta acção. Contudo, as travessas tendem a restringir esta variação no seu comprimento, criando tensões que se irão acumular no interior dos carris.

Em alguns casos os carris terão de ser cortados e colocadas juntas de dilatação de via. Nas extremidades do carril o esforço normal será nulo pois estes poderão variar livremente de comprimento não existindo qualquer restrição.

À medida que o carril vai encontrando as travessas, surgem restrições a esta liberdade de movimento e o esforço normal tenderá a aumentar, sendo máximo e de valor aproximadamente constante para distâncias superiores a 150m. As duas zonas extremas, onde os movimentos longitudinais dos carris são parcialmente contrariados, designam-se por zonas de respiração e a sua extensão depende da secção do carril, da eficácia do conjunto balastro/travessas/fixações e da variação da temperatura.

Regra geral, os carris mais utilizados são os normalizados pela União Internacional dos Caminhos de Ferro e são designados pelo seu peso por metro linear, UIC45, UIC54 e UIC60, com cerca de 45, 54 e 60 kg/ml respectivamente.

A geometria do carril favorece a resistência à flexão devido à geometria da sua secção que concentra a maior parte da massa do carril nos pontos onde as tensões normais são maiores (Figura 2.5).

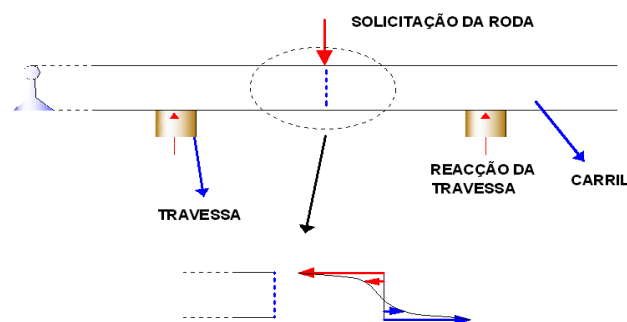


Figura 2.5 - Tensão normal na secção do carril por solicitação da roda [adaptado de Silva, 2004]



2.2.1.1.1 Constituição do Carril

- **Cabeça:** A cabeça deve ser maciça, para que o desgaste não afecte o momento de inércia da secção.
- **Alma:** Deve possuir altura suficiente para resistir à flexão. Quanto maior for a alma, maior é a distancia da cabeça do carril e do patim em relação à linha neutra da secção. Consequentemente, maior será o seu momento de inércia. Quanto mais massa estiver concentrada na cabeça do carril, mais resistente será este elemento à flexão. No entanto, deve-se conservar uma espessura mínima na alma, capaz de garantir uma resistência e rigidez transversal adequada. Tal espessura deverá ainda levar em consideração o desgaste passível de ser provocado pela corrosão ambiental.
- **Patilha:** Não deve ser muito esbelta, garantindo dessa forma que a alma continue perpendicular à travessa durante as solicitações transversais (em curvas, por exemplo). Se não possuir espessura adequada ao nível de solicitação transversal, pode acumular deformações permanentes ao longo da vida útil e provocar acidentes, como o descarrilamento (Figura 2.6).

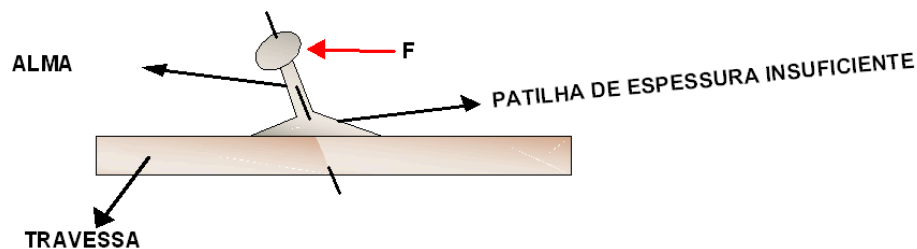


Figura 2.6 - Carril com patilha de espessura insuficiente [adaptado de Silva, 2004]

2.2.1.1.2 Condicionantes à estabilidade do carril

- A espessura da alma deve ser suficiente para reduzir o nível de tensões residuais decorrentes dos diferenciais de temperatura;
- Tal como na alma, a espessura no fabrico prevista para a patilha, deverá prever a sua diminuição face à acção da corrosão.



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA Departamento de Engenharia Civil

Reabilitação da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca – Linha do Alentejo

- A patilha é a parte do carril que fica em contacto com a travessa, transferindo-lhe as tensões. Desta forma, a sua largura define os esforços com que este elemento solicitará a travessa;
- Estabilidade da alma (espessura da alma e do patim compatíveis com as solicitações transmitidas);
- Resistência lateral da patilha e da cabeça, afim de garantir a resistência à flexão devido à força transversal, actuante principalmente em curvas;
- Arestas arredondadas, diminuindo a acção de tensões residuais;
- Limite de utilização devido ao desgaste vertical em simultâneo com o desgaste horizontal.

2.2.1.1.3 Aço dos carris

O aço é o material utilizado nos carris por razões relacionadas com a sua resistência e qualidade:

- Elevada tensão à ruptura;
- Composição química uniforme;
- Isenção de inclusões não metálicas, vazios e falhas térmicas garantida pelo processo de fabricação.

O aço comum possui impurezas como o Manganês (Mn) ou Silício (Si), que quando combinados com Fósforo (P), se torna quebradiço. Os carris são compostos por aço de alta qualidade, com mais resistência e dureza, produzidos com ligas que combinam, normalmente o ferro com o Vanádio (V), Cromo (Cr), Molibdénio (Mo), Titânio (Ti) e Nióbio (Nb), entre outros.

Para um aumento da dureza superficial, os carris podem ainda ser tratados termicamente. Este processo consiste num abaixamento rápido da temperatura do carril, posteriormente reaquecido e arrefecido lentamente no final da laminagem. Existem ainda processos que tratam o carril no seu todo enquanto outros tratam somente a zona da cabeça do elemento.



ISEL

2.2.1.1.4 Recepção dos carris

Para verificar a qualidade do lote dos carris recepcionados, existem diversos tipos de controlos, destrutíveis e não destrutíveis, alguns dos quais são citados abaixo:

- Testes de tracção: analisam a resistência, extensão e ductilidade;
- Testes de impacto: verificam a deformação e formação de fendas;
- Testes de Dureza Brinell;
- Testes de fractura: analisam fendas, esfoliações, cavidades, materiais estranhos, estrutura brilhante e granulação muito fina.

2.2.1.1.5 Defeitos dos carris

De fabricação:

- Vazios;
- Segregações;
- Inclusões;
- Fissuras provocadas por tensões internas de tracção no arrefecimento;
- Defeitos na laminação.

Defeitos durante a fase de serviço:

- Deformações nas pontas;
- Auto têmpera superficial;
- Escoamento do metal da superfície da cabeça do carril;
- Ataque da alma e da patilha, pelos agentes da corrosão ambiental;
- Desgaste por atrito, principalmente nas curvas;
- Desgaste ondulatório;
- Fracturas provocadas principalmente por fissuras decorrentes da fadiga.

2.2.1.1.6 Vida útil dos carris

A vida útil do carril é limitada pelo seu desgaste, nomeadamente pela fadiga decorrente do carregamento cíclico. Geralmente o desgaste é o factor limitante que ocorre em



primeiro lugar.

2.2.1.1.7 Desgaste dos carris

O desgaste é decorrente da acção mecânica entre a roda do comboio e o carril, os quais podem ou não possuir a mesma dureza. A rapidez com que surge o desgaste depende do raio das curvas e do peso da carga transportada pelos veículos. Para se medir o desgaste utilizam-se aparelhos como o pantógrafo e os ponteiros. Foi definida ainda uma variável denominada desgaste específico, sendo esta a razão entre a área consumida da cabeça do carril e a unidade de massa que circula sobre o mesmo. O Limite geralmente estabelecido para o desgaste é de 25% da área total da cabeça do carril (secção transversal).

1.º Critério:

Wellington conclui experimentalmente a partir de observações de linhas férreas americanas que, para os carris de composição normal, o desgaste médio é de 0,5 libra de massa por grau de curva para cada 10 milhões de toneladas (*short-ton*) e por cada jarda de carril (equação 2.1).

$$\Delta p = 0,5G \cdot \frac{lb}{jd} \quad [2.1]$$

onde:

Δp - Desgaste médio

G - Massa por grau de curva

Cada *short-ton* equivale a 907,2 kg ou 0,9072 ton. Lembrando que cada grau de uma curva é o ângulo central correspondente a uma corda de 20 m, e portanto só depende do raio R, fazendo as devidas conversões, chegamos à seguinte expressão (equação 2.2):

$$\Delta p = 0,5 \frac{433}{R} \text{ kg/m para cada } 9.072 \times 10^6 \text{ ton, sendo R expresso em mm} \quad [2.2]$$

onde:

Δp - Desgaste médio

R - Raio



Ou seja, para cada $9,072 \times 10^6$ ton de carga que passa sobre uma via de aço comum, temos uma perda de massa da cabeça do carril por unidade de comprimento do carril igual a Δp . Este valor de Δp depende do raio da curva em análise, sendo o desgaste mais intenso nas curvas mais fechadas. Fixando o valor de Δp admissível para a via em análise podemos aferir qual a carga (ton) que deve passar pela curva passível de provocar determinado desgaste (equação 2.3).

$$\begin{aligned} 9,072 \times 10^6 &\Rightarrow \frac{433}{R} \\ T &\Rightarrow \Delta p_{adm} && [2.3] \\ T &= \frac{9,072 \times 10^6 \Delta p_{adm}}{433} \\ T &= \frac{433}{R} \end{aligned}$$

Sendo o desgaste limitado geralmente a 25% da área da secção transversal da cabeça do carril, podemos determinar o Δp admissível (equação 2.4):

$$\Delta P_{adm} = E \times \Delta S \quad [2.4]$$

onde:

E - Módulo de elasticidade do carril (210 GPa)

ΔS - Área perdida da cabeça do carril

Assim,

$$\Delta P_{adm} = E \times 0,25 \times S_c \quad [2.5]$$

onde:

S_c - Área da cabeça do carril



2.º Critério:

As linhas férreas americanas utilizam a seguinte expressão de cálculo para estimar o somatório das cargas transmitidas aos carris sem exceder o desgaste permitido (equação 2.6). Esta expressão aplica-se aos troços em curvas com raios superiores a 1800 m. Para raios inferiores a 1800m, existem tabelas de redução de carga.

$$T_s = 0,545 \times W \times D^{0,505} \quad [2.6]$$

onde:

TS - Total de toneladas que o carril suportará nos troços em curva (*shot-ton*)

W - Densidade do carril em lb/jd

D - Densidade anual em milhões de toneladas por ano

Considerando que Ts é dado em *shot-ton*, para se obter o valor em toneladas, este é dividido por 1,1 (equação 2.7):

$$T = \frac{T_s}{1,1} \quad [2.7]$$

A vida útil do carril será em função da densidade anual da carga transmitida à via, ou seja (equação 2.8):

$$n = \frac{T}{D} \quad [2.8]$$

onde:

n - Vida útil do carril em anos

T - Total de toneladas que podem passar sobre o carril sem provocar desgaste excessivo

D - Densidade anual em milhões de toneladas por ano



2.2.1.1.8 Fadiga

A fadiga é o fenómeno que leva o carril à ruptura mesmo quando solicitado por uma tensão menor que a tensão de ruptura. Isso acontece devido à acumulação de rearranjos das ligações atómicas que ocorrem por ciclo de solicitação.

As passagens intermitentes dos comboios ao longo dos anos constituem um carregamento cíclico que pode levar os carris à ruptura. A Figura 2.7 ilustra as condições para que não haja ruptura por fadiga.



Figura 2.7 - Relação entre a tensão máxima suportada pelos materiais metálicos e o número de ciclos de carregamento [adaptado de Silva, 2004]

2.2.1.1.9 Soldaduras

Os carris podem ser montados em duas configurações: barras curtas ou barras longas soldadas. Em ambos os casos, aparece sempre a necessidade de se recorrer à soldadura, pois os carris são correntemente laminados em perfis 18 e 36 ml, existindo já alguns fabricantes a produzirem até 108 metros e mesmo 144 metros.

A principal limitação não é, contudo, a capacidade dos laminadores, mas sim a dos meios de transporte disponíveis para escoar os carris.

Actualmente são utilizados 2 métodos de soldadura:

- **Soldadura aluminotérmica:** Este tipo de soldadura é executado *in situ*, ou seja em campo, e é obtida por uma reacção química exotérmica. Na junta dos carris é colocado um molde onde são depositados os componentes dos reagentes. A



folga existente entre os topos dos carris, aproximadamente entre 17 e 26 mm, é preenchida com uma liga fundida que é produzida por reacção química. Este processo de soldadura é dispendioso e exige alguma experiência do soldador. Além disso, apresenta alguns problemas de acabamento, contribuindo para o desconforto do passageiro. Como vantagem facilita o transporte de barras maiores que poderão ser soldadas no estaleiro fixo, móvel ou em plena via.

- **Soldadura eléctrica:** A soldadura eléctrica realiza-se fazendo passar uma corrente de baixa voltagem, cerca de 5 Volts, e alta intensidade, cerca de 35.000 Amperes, entre os topos dos carris, os quais estão fixos pelas pinças da máquina de soldar, que introduz a força de compressão necessária, de 40 a 50 toneladas. A passagem da corrente faz subir a temperatura dos carris até à fusão, realizando-se então a soldadura. A qualidade média destas soldaduras é superior à das aluminotérmicas, tanto do ponto de vista geométrico como do índice de micro-fissuras. No entanto, o custo do equipamento leva a que seja necessária uma produção importante para que o preço unitário seja competitivo.

Estes dois tipos de soldadura permitem a materialização da via em Barra Longa Soldada, vulgarmente conhecida por BLS.

Quando a temperatura varia na via, os carris tendem a sofrer alteração no comprimento. Esta dilatação ou contracção é permitida com a introdução das barras curtas, sendo as dilatações do material absorvidas pelas juntas. Tais discontinuidades provocam impacto das rodas nos carris, que resulta em dispendiosa manutenção e considerável desconforto nos passageiros. As barras longas soldadas impedem que o carril se movimente nas variações de temperatura, tornado desnecessária a existência de folgas entre os carris (Figura 2.8).



Figura 2.8 - Carril biencastrado submetido à variação de temperatura [Silva, 2004]



Assim pode deduzir-se a relação entre a força normal que é aplicada no carril e a variação da temperatura a que o mesmo é submetido (equação 2.9):

$$N = E \times S \times \alpha \times \Delta T \quad [2.9]$$

onde:

E - Modulo de elasticidade do carril (210 MPa)

S - Área da secção transversal do carril

α - Coeficiente de dilatação térmica do aço

ΔT - Variação da temperatura no carril

A força normal resultante da variação da temperatura que é infligida ao carril, não depende somente do comprimento deste. Ou seja, nas duas zonas extremas, onde os movimentos longitudinais dos carris são parcialmente contrariados, designadas por zonas de respiração, a sua extensão depende também da secção do carril.

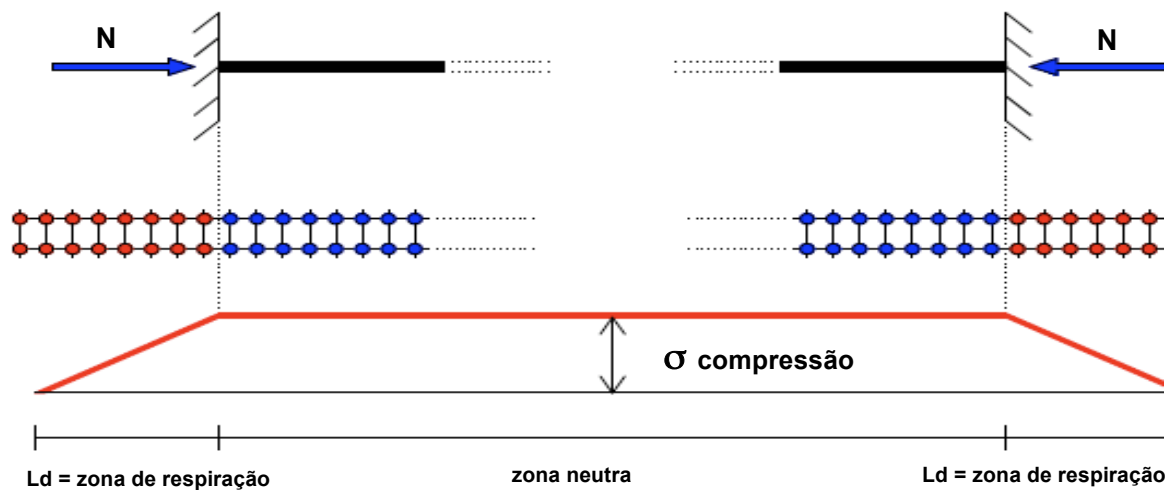


Figura 2.9 - Representação da BLS como viga encastada [adaptado de Cruz, 2001]

As zonas assinaladas a azul não sofrem esforço longitudinal de origem térmica e, portanto também não se deslocam.



Cada zona assinalada a vermelho encontra-se submetida a uma parcela da força N . A soma das resistências registadas nas extremidades a vermelho, resulta na força da reacção a N , equivalente ao encastramento da viga representado na Figura 2.9. A soma dos deslocamentos representa a folga necessária à junta nas extremidades. Ou seja, é no troço L_d , que se registam os movimentos devido à temperatura.

O comprimento L_d é variável porque:

- A força normal a ser resistida pelo troço L_d depende de ΔT imposto ao carril (diferença entre a temperatura ambiente actual e aquela no instante da instalação do carril).
- Os elementos de travamento, ou seja, as travessas oferecem resistências iguais, de forma que, através de ensaios pode-se determinar a contribuição de cada metro da via para a resistência à força normal N . Esta resistência por metro de via é conhecida como r .

A extremidade de um carril pode ser ligada à extremidade de outro carril, por barretas (de 4 ou 6 furos). Esta ligação fornece uma contribuição R na extremidade do carril, que pode ser desprezada. Assim, temos (equações 2.10, 2.11 e 2.12):

$$N = R + l_d \times r \quad [2.10]$$

$$l_d = \frac{N - R}{r} \quad [2.11]$$

$$l_d = \frac{S \times E \times \alpha \times \Delta T - R}{r} \quad [2.12]$$

Onde:

N - força total devido à dilatação;

R - resistência imposta pelas talas de junção nas travessas (em geral pode ser desprezada)

r - resistência por metro de via devido à resistência do conjunto carril-travessa-balastro

l - comprimento total do carril;



E - Módulo de elasticidade do carril (210 GPa)

l_d - comprimento total da extremidade do carril que se move;

ΔT - diferença entre a temperatura actual e a temperatura no instante da instalação do carril;

α - coeficiente de dilatação do aço;

S - área da secção transversal do carril.

Para além das soldaduras, ainda é possível proceder à ligação entre carris, mediante a utilização de barretas de ligação, o que permite a obtenção da designada via em “barra curta”.

Esta forma de fixação dos carris foi utilizada até à década de 50. Neste tipo de montagem, os carris possuem livre dilatação aquando da variação da temperatura e, portanto, a dilatação máxima do carril é em função da folga existente na junta (equação 2.13).

$$\Delta L = L \times \alpha \times \Delta T \quad [2.13]$$

Onde:

ΔL - dilatação do carril

L - Comprimento do carril

α - Coeficiente de dilatação do aço;

ΔT - Diferença entre a temperatura actual e a temperatura no instante da instalação do carril;

2.2.1.2 Fixações

As fixações são elementos que têm como função manter o carril na posição correcta e garantir a manutenção da bitola da via. Estas oferecem resistência aos deslocamentos longitudinais e horizontais do carril, provocados pela variação de temperatura ou pela

frenagem do material circulante. As cargas horizontais e verticais devem ser transferidas para as travessas sem prejudicar o sistema de fixação.

2.2.1.2.1 Fixações rígidas

São normalmente designadas por tirefonds (Figura 2.10), que durante o seu ciclo de vida e, devido à vibração causada pelo material circulante, soltam-se, perdendo a capacidade de resistir a esforços longitudinais.



Figura 2.10 - Fixação Rígida [Silva, 2004]

2.2.1.2.2 Fixações elásticas

Mantêm a pressão constante sobre o carril, não reduzindo a tensão induzida devido ao tráfego. Existem diversos modelos, como o Vossloh, Mckay e Pandrol (Figura 2.11).



Figura 2.11 - Fixações Elásticas (adaptado de www.Vossloh.com)



- **Chapins metálicos:** Estas peças tem como objectivo distribuir a pressão do carril nas travessas (Figura 2.12).



Figura 2.12 - Chapim metálico [Silva, 2004]

2.2.1.3 Travessas

Correntemente são utilizadas travessas de betão armado que asseguram a estabilidade dos carris, mantendo fixa a bitola (distância entre carris) e a inclinação dos carris adoptada (1/20 com a vertical - Tombo).

As travessas podem ser em monobloco de betão armado pré-esforçado ou em bi-bloco. Em qualquer dos casos, estas transmitem as cargas verticais e horizontais para o balastro, restringindo assim a livre dilatação do carril e contribuindo para estabilidade da via.

As suas funções principais são:

- Distribuir as cargas no balastro;
- Manter a bitola;
- Garantir a estabilidade vertical, horizontal e longitudinal da via;
- Amortecer parcialmente as vibrações.

A travessa deverá ser facilmente manuseada (assentamento e substituição) e possuir uma vida útil longa.



2.2.1.3.1 Travessas de madeira

As dimensões das travessas de madeira podem ser variadas, enquadrando-se geralmente na gama de dimensões apresentada na Figura 2.13:

- Via larga (bitola 1668 mm): 2,80 x 0,26 x 0,13 (m)
- Via estreita (bitola 1000 mm): 1,85 x 0,24 x 0,12 (m)

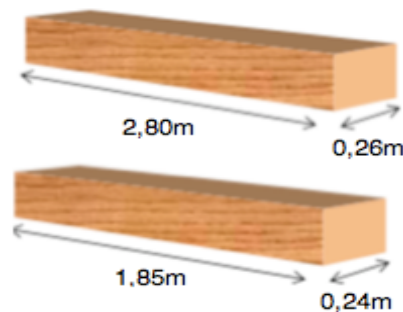


Figura 2.13 - Travessas de madeira [adaptado de Silva, 2004]

A resistência da madeira aumenta em função da sua densidade. Em Portugal as mais aplicadas são as de pinho, azobé (principalmente em Aparelhos de Mudança de Via - AMV) e carvalho, estas últimas em pontes.

O tratamento das madeiras resolve o problema do apodrecimento, no entanto não actua na resistência. A escolha do tratamento deve ser de acordo com a resistência da madeira utilizada na concepção da travessa:

- Produtos oleosos: creosoto (óleo obtido a partir da destilação do alcatrão de hulha) e pentaclorofenol;
- Sais hidrossolúveis.

Métodos de tratamento: impregnação em autoclave.

- Célula cheia: vácuo das células, com enchimento sob pressão. É geralmente utilizado em soluções de sais hidrossolúveis;
- Célula vazia: É utilizado geralmente em processos de conservação oleosos.



O custo do tratamento varia de 60 a 100% do custo inicial da travessa. A durabilidade destes elementos varia consoante a qualidade, clima, drenagem, tráfego e época do ano em que a madeira foi cortada:

- Tratados com pentaclorofenol: 25 a 30 anos;
- Tratados com sais: 15 a 20 anos;
- Não tratados: 3 a 18 anos.

Para evitar a fendilhação da madeira, faz-se normalmente uso de cintas galvanizadas ou “S” metálicos (Figura 2.14).



Figura 2.14 - Travessas de madeira - Protecção contra a fendilhação [adaptado de Silva, 2004]



Figura 2.15 - Travessas de Madeira em ponte metálica [Martins, 2009]



2.2.1.3.2 Travessas de betão

A escassez de madeira a nível mundial, o aumento do seu preço e a sua procura crescente para fins industriais levou à aplicação generalizada de travessas de betão. Estas eram inicialmente em Monobloco de betão armado (Figura 2.16).

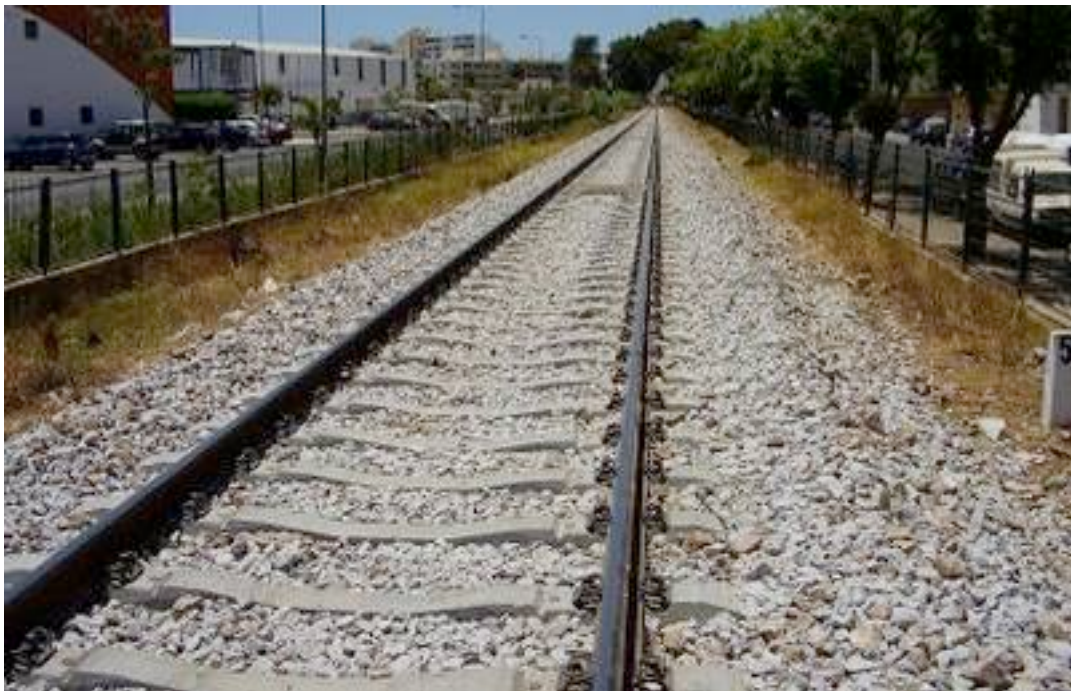


Figura 2.16 - Via com Travessas Monobloco de betão [Martins, 2009]

As travessas de betão armado bi-bloco (70 x 29 x 23 cm) desenvolveram-se desde 1925, em diferentes países, mas foi em França que a sua evolução foi mais interessante.

Pretendeu-se com esta travessa de dois blocos unidos por uma cantoneira, suprimir os problemas criados pelo momento flector que se instala a meio da travessa monobloco. As duas peças de betão (blocos) ligadas por um perfil transversal (cantoneira), têm como função principal a transmissão directa de cargas ao balastro sem que haja esforços de flexão na secção transversal (Figura 2.17).



Figura 2.17 - Via com Travessas Bi-bloco de betão [Martins, 2009]

2.2.1.3.3 Travessas Metálicas

O seu uso nunca se generalizou em Portugal. São normalmente fabricadas em aço laminado e têm a forma de uma caleira invertida, com as extremidades dobradas em forma de unha para melhorar o encastramento no balastro, embora também existam com dois blocos fendidos unidos por uma cantoneira de aço.

São relativamente leves (cerca de 80 kg) e fáceis de colocar. Contudo, não conferem a desejada estabilidade à via, apresentam facilmente problemas de oxidação e corrosão, ampliam o nível de ruído da via e não garantem o isolamento necessário para a sua aplicação em linhas electrificadas, razões da sua não generalização.

2.2.1.3.4 Outros Tipos

Existem ainda outros tipos de travessas, que serão somente mencionadas, que não importa desenvolver, visto que não são utilizadas em Portugal. Estas são: travessas de Nylon e fibrocimento (Itália).

2.2.1.3.5 Principais vantagens e inconvenientes dos vários tipos de travessas

Nos quadros seguintes apresenta-se um estudo sobre as principais vantagens e inconvenientes dos vários tipos de travessas (quadros 2.1, 2.2 e 2.3).



Quadro 2.1 - Vantagens e inconvenientes das travessas de Madeira

| Madeira | |
|--|---|
| Vantagens | Inconvenientes |
| <ul style="list-style-type: none">• Menos massa (manuseamento);• Facilmente trabalháveis;• Bons isolantes;• Fixação simples;• Suportam bem as solicitações;• Aproveitamento das travessas usadas;• Elasticidade da via;• Actuação efectiva ao nível do ruído. | <ul style="list-style-type: none">• Custo elevado face ao curto tempo de vida útil;• Ataque dos fungos e insectos;• Travessas para os AMV são difíceis de obter;• A madeira mais durável (essências exóticas), implica custos adicionais, face à sua importação;• Contra indicações ambientais. |

Quadro 2.2 - Vantagens e inconvenientes das travessas de Betão

| Betão | |
|--|--|
| Vantagens | Desvantagens |
| <ul style="list-style-type: none">• Maior massa 300-400 kg;• Bom comportamento aos esforços transversais, devido ao superior encastramento no balastro;• Manutenção da bitola;• Isolante;• Invulnerável aos fungos;• Vida útil longa; | <ul style="list-style-type: none">• Manuseamento e substituição onerosos;• Potencial assentamento diferencial dos blocos;• A sua construção para os AMV é dispendiosa;• Vulnerável a solicitações excepcionais, como o descarrilamento;• Contra indicações ambientais. |

Quadro 2.3- Vantagens e inconvenientes das travessas de Aço

| Aço | |
|--|--|
| Vantagens | Desvantagens |
| <ul style="list-style-type: none">• Fácil produção de travessas com medidas especiais;• Manutenção da bitola;• Reacondicionável;• Insensível ao ataque dos fungos;• Vida útil longa;• Relativa resistência às solicitações. | <ul style="list-style-type: none">• Massa reduzida – pouca inércia;• Custo elevado de assentamento e manutenção;• Vulnerável aos ambientes agressivos;• Tráfico ruidoso;• Custos adicionais com o isolamento eléctrico;• Custos de aquisição, principalmente em Portugal. |



No quadro 2.4 é apresentado o resumo relativo ao tipo de travessa que melhor se adapta em cada condição:

Quadro 2.4 - Tipo de travessa que melhor se adapta em cada condição

| | Tipo de travessa que melhor se adapta: |
|---------------------|---|
| Vida útil | Betão |
| Manuseamento | Madeira / Aço |
| Estabilidade | Betão |
| Isolamento | Madeira / Betão |

Em suma, na escolha da travessa, deve-se ponderar:

- O desenvolvimento da indústria relativa ao material que compõe a travessa, nomeadamente o aço, a madeira ou o betão;
- A importação;
- Os custos, renovação, manutenção e o tipo de travessas que a via já utiliza.

2.2.1.4 Aparelhos de via

Estes equipamentos têm como função desviar material circulante, entre linhas diferentes ou permitir o seu cruzamento, com segurança e velocidade comercialmente compatível.

Podem-se distinguir os atravessamentos oblíquos (ATO), os aparelhos de mudança de via (AMV), as placas giratórias e os charriots, carangueijas ou transbordadores. Podemos ainda integrar nesta designação, em sentido lato de aparelhos de via, os aparelhos de dilatação dos carris (AD), os aparelhos carriladores (AC), os aparelhos lubrificadores fixos de carril, os pára-choques e os calços de limite.

No caso dos AMV, usam-se para fazer passar o material circulante, tangencialmente, de uma linha para a outra. Quando apenas se bifurca uma linha, usa-se um aparelho de mudança de via simples (MVS), que pode ser direito, esquerdo ou simétrico, conforme o sentido do desvio.



Em Portugal, é utilizado o AMV-U (UIC). O contacto da agulha com o carril é feito em tangente, garantido menos impacto e desgaste, maior conforto, segurança e velocidade. É o mais indicado para o transporte de passageiros (Figura 2.18).



Figura 2.18 - Aparelho de Mudança de Via [Martins, 2009]

2.2.1.5 Balastro

O balastro é, a par com o carril e das travessas, o elemento estrutural da via férrea visível à superfície. O balastro produz-se por trituração, selecção e lavagem de rochas de diversas naturezas que possuam excelentes características de resistência à fragmentação e ao desgaste por atrito. Para além de um rigoroso fuso granulométrico, este tipo de agregados tem ainda de cumprir com baixos índices de achatamento e de forma, rigorosas categorias no teor de finos, partículas finas e comprimento das partículas (consultado electronicamente no site <http://agregados.mota-engil.eu> em Agosto de 2009).

O balastro é o elemento da superestrutura da via cujas principais funções são:

- Degradação e transmissão uniforme à plataforma das cargas transmitidas pelas travessas;
- Amortecimento das tensões transmitidas pelos comboios ao sistema carril mais travessa;
- Resistência aos esforços transversais;



- Melhoramento do conforto dos passageiros pela suavização da circulação ferroviária;
- Evacuação das águas pluviais.

O balastro destinado ao caminho de ferro nacional tem de respeitar uma especificação técnica rigorosa, designadamente no que se refere a:

- Tipo de rocha;
- Fuso granulométrico;
- Coeficiente de Los Angeles;
- Coeficiente de forma;
- Limpeza.

2.2.2 PLATAFORMA DA VIA

A plataforma de via é composta pelas camadas de sub-balastro, coroamento e aterro ou solo de fundação em escavação.

Os parâmetros que permitem agrupar os tipos de plataforma correspondem ao tipo e estado dos solos constituintes do coroamento dos aterros ou dos solos *in situ* ao nível de fundação da plataforma em escavação, e à natureza e espessura da camada de coroamento.

Em função destes parâmetros podem-se definir três tipos de plataforma:

- **P1**, plataforma de má qualidade;
- **P2**, plataforma de qualidade média;
- **P3**, plataforma de boa qualidade.

A plataforma constitui o elemento de suporte da superestrutura da via férrea, da qual recebe, através da camada de balastro, as tensões devidas à circulação das composições.

A capacidade de suporte da plataforma é determinante em termos das necessidades decorrentes das cargas previstas e dos custos associados à manutenção de via. Uma plataforma com rigidez baixa, pouca capacidade de carga, tem como consequência trabalhos de manutenção e nivelamento da linha muito frequentes. Por sua vez, uma plataforma muito rígida pode acelerar o desgaste do balastro e a degradação do restante material de superestrutura.

2.2.2.1 Sub-Balastro

O sub-balastro é uma camada situada entre o balastro e o terreno de fundação da via, com função de filtro, impedindo a ascensão dos finos do solo de fundação (Figura 2.19). O seu dimensionamento segue os critérios de Terzaghi e, no caso das vias menos importantes, é utilizada a pedra britada sem diâmetro seleccionado.

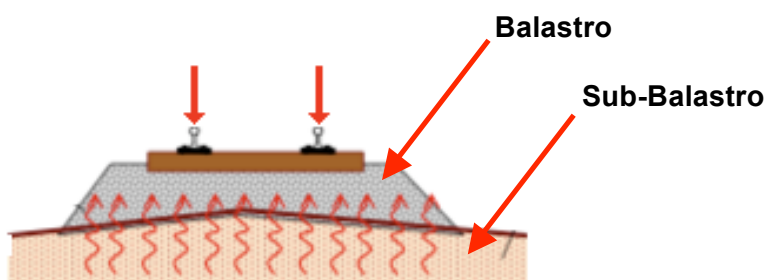


Figura 2.19 - Camada de Sub-balastro [adaptado de Silva, 2004]

O sub-balastro é composto por agregados britado de granulometria extensa, por norma da classe 0/32 (fuso granulométrico). É produzido por trituração e selecção de rochas de diversa natureza, que tenham excelentes características de resistência à fragmentação e ao desgaste por atrito. Esta selecção de rochas deverá estar isenta de argila e de matéria orgânica, bem como de outras substâncias nocivas de forma a garantir a não plasticidade desta camada (REFER, 2006). A utilização de agregados com granulometria extensa e contínua, desde o pó, a materiais com diâmetro abaixo do #200, até materiais com diâmetros de 20 ou 30 mm, facilita a compactação em obra o que aumenta a resistência final da camada.

A camada de sub-balastro além da função de filtro, de acordo com o anteriormente referido, desempenha também as seguintes funções:

- Degradação das cargas transmitidas pela camada de balastro;



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA Departamento de Engenharia Civil

Reabilitação da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca – Linha do Alentejo

- Impedimento da contaminação da camada de balastro pelos solos de fundação;
- Encaminhamento transversal das águas de escorrência superficial, que se infiltram através do balastro;
- Protecção da camada de coroamento dos aterros e dos solos de fundação em escavação.

Recentemente têm sido usadas misturas betuminosas nesta camada, sobretudo em Itália e nos EUA, mantendo uma boa capacidade de suporte aliada a uma capacidade de impermeabilização superior. Existem ainda experiências recentes em Portugal da utilização de escórias com origem na Siderurgia.

A possibilidade de aplicar um tratamento (cal ou cimento) ao solo desta camada foi um dos pontos discutidos no TRATCICA2008 curso de tratamento de solos com cal e/ou cimento realizado na FEUP Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto:

- **Melhoria** - Conduz a uma alteração quase instantânea das características do material que conduzem a uma melhor “trabalhabilidade” e redução da sensibilidade à água através de uma redução da plasticidade do solo e de uma alteração da granulometria. Desta forma consegue-se um aumento da capacidade de carga do solo e uma melhoria das condições de “traficabilidade”.
- **Estabilização** - Consiste em, a médio e a longo prazo, aumentar as características mecânicas do solo de modo a conferir ao material estabilidade à água e ao gelo de forma perene.

2.2.2.2 Coroamento

As funções da camada de coroamento são várias, podendo-se destacar as de estabilização e de regularização. É a caracterização da sua composição, estado hídrico e espessura que permite classificar o tipo de plataforma.



2.2.2.3 Fundação da via

A camada de fundação deve receber compactação, com o objectivo de aumentar a sua resistência. Deverão ainda, ser levados em conta os cuidados de drenagem, como o uso de valetas e drenos para o rebaixamento do nível freático (Figura 2.20).

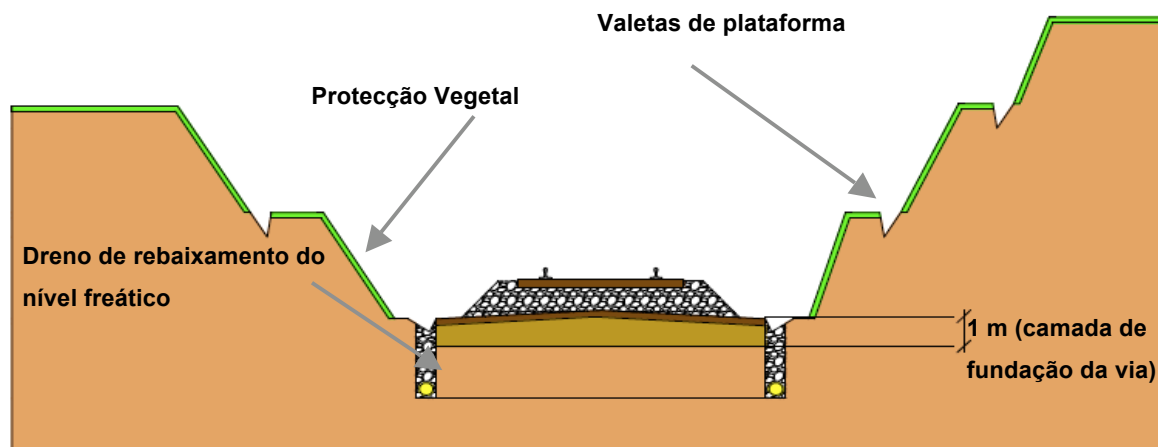


Figura 2.20 - Fundação da Via [adaptado de Silva, 2004]

2.3 CONCLUSÕES

O objectivo deste capítulo foi a familiarização com as características do sistema ferroviário, destacando os elementos da via, nomeadamente a sua superestrutura, passando pelas características singulares dos veículos e pelas camadas de sub-balastro, coroamento e fundação, que constituem o conjunto de suporte da via férrea.

Neste capítulo foram ainda abordados, a generalidade dos problemas encontrados na via férrea, relacionados com a variação da temperatura e rigidez dos carris que em conjunto com carregamentos verticais e vibrações induzidas pela passagem de veículos e condições atmosféricas, conduzem frequentemente a assentamentos na fundação do aterro, como iremos observar no capítulo seguinte.

Assim, no próximo capítulo, levantar-se-á o véu das acções pretendidas para a reabilitação da estação de Casa Branca.



3 REABILITAÇÃO DA ESTAÇÃO DE CASA BRANCA

A reabilitação da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca integra-se no projecto de Modernização da Linha da do Alentejo, com o objectivo de otimizar o layout actual, eliminando as vias que já não se encontram em uso (principais IV e V – de uso pontual; de resguardo VI a XVII). Esta intervenção tem como objectivo não só a alteração significativa do desempenho da actual via, e ao mesmo tempo melhorar as condições de exploração e a redução dos custos relacionados com a manutenção da infra-estrutura, mas também o incremento das condições de segurança e conforto inerentes aos padrões actuais do transporte ferroviário.

As intervenções ocorrerão ao longo de um trecho 1401 m, entre os Pk 89+800 e Pk 91+201.089, contemplando intervenções nas linhas I, II e III. O primeiro ponto (Pk 89+800) corresponde à entrada da estação de Casa Branca na linha n.º II o último (Pk 91+201.089) à saída da estação também pela linha n.º II, no sentido de Monte das Flores, Ramal de Évora.

O *layout* actual (Figura 3.1) considera dezassete linhas, mas apenas cinco destas se encontram em funcionamento actualmente. Das cinco linhas em funcionamento, duas são designadas linhas principais e três linhas secundárias (linhas de resguardo).

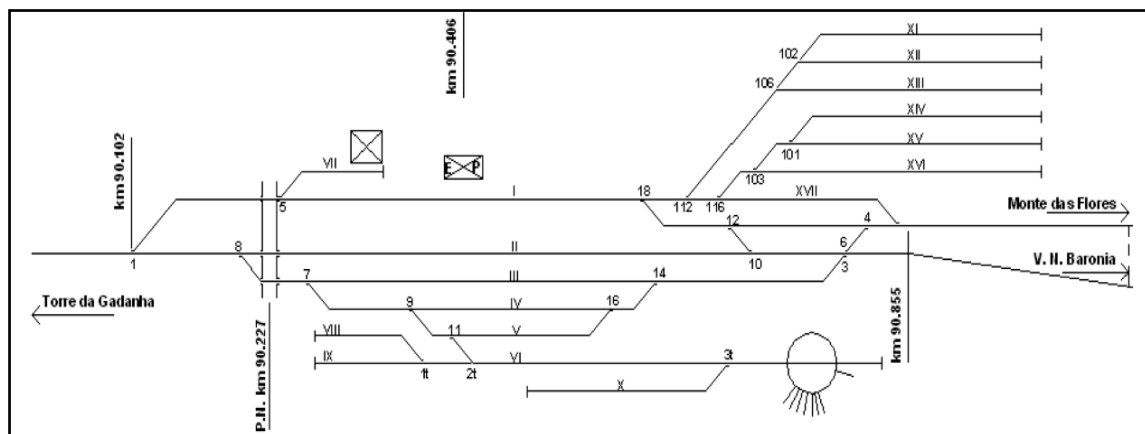


Figura 3.1 - Actual layout da Estação de Casa Branca [adaptado de REFER, 2009]



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Civil

Reabilitação da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca – Linha do Alentejo

No âmbito da reabilitação da Estação de Casa Branca considerou-se, numa primeira abordagem, a substituição da superestrutura de via (carris, travessas e balastro), com o objectivo de garantir a qualidade do desempenho da via.

Contudo, considerou-se fundamental assegurar que esse único objectivo não será prejudicado pela eventual insuficiência da respectiva infra-estrutura, a qual, pelo seu comportamento (deficiente), pode condicionar a exploração ferroviária, pondo em causa a durabilidade, custos de manutenção ao longo da vida útil e ainda a própria segurança na circulação das composições.

No decurso de visitas ao local, foram observadas, ao longo das linhas, várias zonas com deficiências na via, atribuíveis ao mau comportamento da plataforma. Tais deficiências traduzem-se na necessidade de efectuar trabalhos de reparação, com periodicidade muito acima do desejável. Os indicadores de desempenho disponíveis apontam para considerar a plataforma (centenária), muito degradada por ausência de obras de conservação e reabilitação ao longo dos anos, e com qualidade insuficiente para as novas exigências.

Assim, considerou-se necessário que a intervenção preconizada, para além da substituição do armamento de via, trabalhos de reforço e reconstrução da infra-estrutura, também compreenda a execução de uma drenagem adequada que garanta o rápido escoamento das águas que acedem à plataforma da via e ao abaixamento do nível freático, sempre que este se encontre a cotas elevadas, colocando em risco a estabilidade da via.

3.1 SITUAÇÃO ACTUAL

3.1.1 VIA FÉRREA

A via férrea da Estação de Casa Branca, caracteriza-se essencialmente por um conjunto de elementos, das quais se destacam:



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Civil

Reabilitação da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca – Linha do Alentejo

- Uma via férrea, com uma extensão aproximada de 1301 m, ligando o topo oeste da Estação de Casa Branca à zona de bifurcação da Linha de Évora com a linha de Beja;
- Carril de diversos perfis, designadamente 40, 45 e 54;
- Aparelhos de Mudança de Via tangente 0.11;
- Travessas de madeira e correspondentes fixações, assentes sobre o balastro.

De forma a adaptar a superestrutura da via aos patamares de velocidade projectados (140 Km/h), e face ao avançado estado de degradação em que se encontram as travessas e os carris que compõem as linhas (designadamente as desviadas), foi considerado o levantamento integral dos elementos constituintes das várias linhas que constituem a Estação de Casa Branca.

Nas figuras seguintes (Figura 3.2 a 3.7) ilustra-se o estado actual do armamento de via (Carris, Travessas, Fixações e AMVs) na estação de Casa Branca.



Figura 3.2 - Travessa de madeira fissurada



Figura 3.3 - Carril 45 com fixação rígida



Figura 3.4 - Passagem de peões danificada



Figura 3.5 - Travessas de madeira

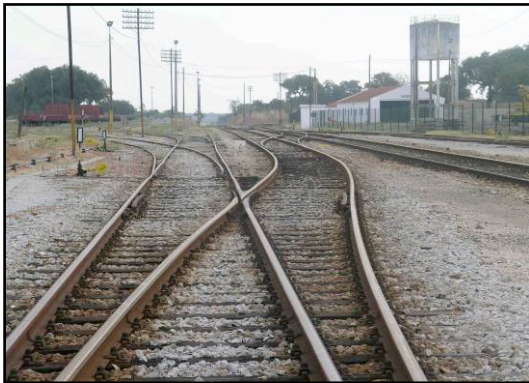


Figura 3.6 - AMV na Linha Geral

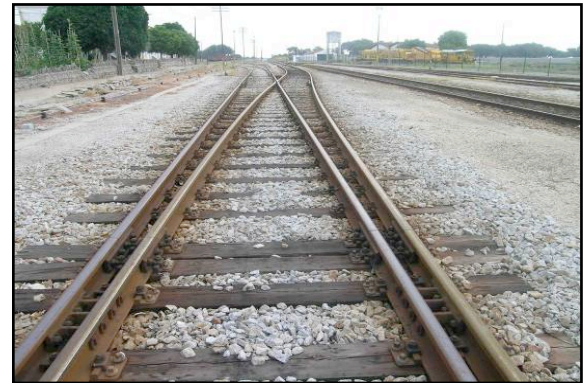


Figura 3.7 - AMV na Linha Geral

3.1.2 PLATAFORMA DE VIA

Para a caracterização da plataforma da via realizou-se um inventário às linhas existentes com o objectivo de proceder à recolha de informação relativa à construção, dimensões e conservação e desempenho da via, o que permitiu uma primeira avaliação global da sua qualidade e a organização de elementos que a constituem.

A plataforma da Estação de Casa Branca, caracteriza-se por uma construção com mais de cem anos, num traçado muito “agarrado” ao terreno natural. Esta circunstância, juntamente com o facto de a envolvente física da via ser pouco favorável, acarretam dificuldades de drenagem, as quais são agravadas pelo facto das inclinações longitudinais e transversais serem muito reduzidas. Além disso, à data da primeira construção das vias, os conhecimentos no âmbito da Geotecnia, e particularmente, da Mecânica Solos ou não existiam, ou estavam ainda pouco desenvolvidos. Como



consequência, as linhas existentes apresentam, em geral, uma infra-estrutura de má qualidade.

Após uma análise no local, verificou-se a existência generalizada de uma camada de espessura variável de “balastro contaminado” ou seja balastro misturado com solo (“calo da via”), com particular incidência, nas linhas com menos utilização.

Face às observações efectuadas, pode concluir-se que a degradação da plataforma tenha resultado da deficiente drenagem, de um inadequado dimensionamento do conjunto geotêxtil+camada de agregado britado (função de filtro) e de deficiências construtivas, nomeadamente, compactação da camada de agregado britado.

Admite-se que o mecanismo de degradação da plataforma está relacionado com o facto de o balastro, sujeito às acções dinâmicas e em presença da água acumulada, provocar a erosão da parte superficial da plataforma.

Nas figuras de 3.8 a 3.11, ilustra-se o actual estado da Plataforma Ferroviária.



Figura 3.8 - Linha Secundária (Ausência de balastro)

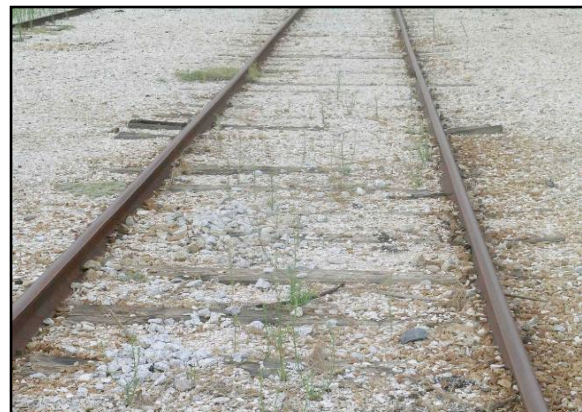


Figura 3.9 - Inexistência de drenagem



Figura 3.10 - Linhas secundárias desactivadas



Figura 3.11 - Travessas encastradas no solo

3.1.3 EDIFÍCIO DE PASSAGEIROS

A Estação de Casa Branca integra um edifício de passageiros, que se posiciona lateralmente em relação à infra-estrutura ferroviária. O edifício tem um carácter longilíneo, com um comprimento de 36 m e desenvolve-se ao longo das plataformas de passageiros.

Do ponto de vista volumétrico, o edifício de passageiros conta com um corpo central de dois pisos, ladeado por outros dois corpos de um piso de importância variável, numa composição assimétrica. No interior do Edifício de Passageiros, existem áreas distintas com diferentes funções. Tome-se como exemplo as bilheteiras, o átrio de entrada, a sala de espera e a dependência do Chefe da estação.

O edifício apresenta um pé-direito de 3,50m, permitindo assim o alteamento das plataformas de passageiros, de forma a possibilitar uma nova distância entre o plano de rolamento existente e o novo plano de rolamento projectado (0,685m).

De um modo geral, e tendo em atenção a data de construção e os processos construtivos da época, o edifício, fruto também de acções de manutenção e recuperação, apresenta um bom estado de conservação, conforme se pode observar na figura seguinte.



Figura 3.12 - Edifício de Passageiros e Largo da Estação de Casa Branca

3.1.4 PLATAFORMAS DE PASSAGEIROS E COBERTURAS

O cais de passageiros é constituído por duas plataformas com uma superfície de 3,75 m por 223 m.

As plataformas de passageiros possuem uma cobertura de ferro, com duas águas inclinadas, com uma área de cobertura de 767 m², sustentada por dois tramos de colunas, obra-prima da arquitectura do ferro em Portugal.

A estrutura metálica da cobertura (Figura 3.13) ostenta um pé-direito de 5,50m, que permite o aumento da cota das plataformas de passageiros, de forma a compatibilizar o plano de rolamento existente, com a nova rasante projectada.



Figura 3.13 - Coberturas das Plataformas de Passageiros da Estação de Casa Branca



3.1.5 VEDAÇÕES

A colocação de vedações, tem como objectivo criar um elemento dissuasor para a transposição de pessoas e animais de porte, pretendendo garantir a existência de padrões de segurança à circulação ferroviária. Em termos gerais, a existência de vedação tem como finalidade alcançar os seguintes objectivos:

- Minimizar a entrada de pessoas e animais de grande porte para a via férrea;
- Assegurar uma compatibilização entre os materiais previstos e os ambientes paisagísticos a envolver;
- Possibilitar a existência de condições de acessibilidade a pessoas e veículos em operações de emergência, de manutenção e conservação da infra-estrutura;
- Minimizar os custos de manutenção e conservação da infra-estrutura ferroviária ao longo da sua vida útil.

De forma a alcançar os supracitados objectivos, será necessário proceder ao levantamento da vedação existente (Figura 3.14) e posterior substituição por outra (nos novos limites do Domínio Público Ferroviário), com características não inferiores à actual.



Figura 3.14 - Vedação na Estação de Casa Branca



3.1.6 PASSAGEM SUPERIOR RODOVIÁRIA

Nos condicionalismos identificados que serviram de base a este estudo, identificou-se a necessidade de substituição da Passagem de Superior Rodoviária, existente junto à estação de Casa Branca, ao PK 90+227.

A passagem superior rodoviária (Figura 3.15) tem uma extensão de 21 metros e permite transpor a via férrea, fazendo o acesso da Localidade de Casa Branca à estrada de Alcáçovas.

O tabuleiro é constituído por uma laje de betão armado com altura de 0,40 metros e largura de 6,90 metros, apoiada em dois perfis metálicos com altura de 1,40 metros. Os encontros da passagem superior rodoviária são de alvenaria de pedra, tendo o gabarit uma cota de 5,02 metros, diferença entre o plano de rolamento e a cota da face inferior do tabuleiro.



Figura 3.15 - Passagem Superior Rodoviária localizada no lado poente da Estação de Casa Branca



3.2 GEOLOGIA E GEOTECNIA

De forma a permitir reunir a informação necessária a uma correcta intervenção na plataforma ferroviária, considerou-se, para além de uma campanha (embora ligeira) de prospecção, que se apresenta no ponto 3.3, uma caracterização geológica da zona de implantação da estação de caminho de Casa branca com base em estudos desenvolvidos pela REFER E.P..

3.2.1 GEOMORFOLOGIA

A infra-estrutura ferroviária atravessa terrenos pertencentes à bacia terciária do Tejo e Sado e atravessa formações metassedimentares e rochas intrusivas do soco hercínico. Do conjunto de rochas intrusivas salientam-se dois importantes afloramentos de rochas graníticas a Norte e Noroeste de Montemor.

O relevo organiza-se em três unidades geomorfológicas principais: peneplanície alentejana, serra de Monfurado e bacia cenozóica do Tejo-Sado. As maiores altitudes encontram-se a Sueste de Montemor-o-Novo (330 m - 370 m), diminuindo para ocidente (área de Vendas Novas) onde o topo do enchimento da bacia do Tejo ronda os 130 m - 140 m.

Bacia do Tejo

A bacia do Tejo é formada por sedimentos cenozóicos, cujo limite oriental apresenta na cartografia o aspecto rendilhado, mercê da incisão da rede hidrográfica responsável pela penetração ao longo dos vales de afloramentos do substrato hercínico e digitações do Cenozóico sobre os interflúvios da peneplanície. Esta disposição cartográfica dos sedimentos em “v”, indica que o enchimento terciário recobre o soco mais ou menos arrasado que se esconde, de forma suave, sob a cobertura.

Peneplanície alentejana

A marca indelével desta unidade geomorfológica (relevo alentejano – peneplanície) foi originada por um vigoroso episódio de aplanação processado durante o Terciário antigo,



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Civil

Reabilitação da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca – Linha do Alentejo

seguido de rejuvenescimento da erosão. Este relevo encontra-se levemente dissecado pela rede hidrográfica.

Trata-se de uma planura extensa e razoavelmente bem conservada, pontualmente interrompida por relevos residuais arredondados e de altura medíocre, materializando núcleos rochosos com maior resistência à erosão linear, frequentemente relacionados com estruturas tectónicas. Alternam depressões, também elas tímidas, onde se estabelecem cursos de água pouco entalhados, de caudal intermitente, ocasionalmente torrencial, escassos de aluviões.

Esta zona apresenta grande desenvolvimento nas rochas granitóides situadas a Norte e Noroeste de Montemor, em geral, ligeiramente rebaixadas em relação aos afloramentos metassedimentares que originam algumas saliências e relevo ligeiramente mais rugoso. Estas diferenças morfológicas são visíveis na faixa alongada de gnaisses migmatíticos, que separam os dois afloramentos de granitos e na saliência de Serrões coincidente com xistos e micaxistos.

A peneplanície apresenta altitudes próximas dos 250 m na sua parte oriental e desce de forma suave para poente, onde é recoberta pelos sedimentos da bacia do Tejo.

Os encaixes mais fortes da rede de drenagem verificam-se a Oeste de Montemor, onde alcançam 60 m, particularmente no interior da serra de Monfurado (área de Montemor-o-Novo), onde se verificam 100 m de desnível entre os topos das colinas e os talvegues.

3.2.2 GEOLOGIA

A área abrangida pelo traçado da estação de Casa Branca é constituída por terrenos cuja idade vai desde o Proterozóico superior até aos tempos modernos. Nesta zona destaca-se o substrato hercínico, sobre o qual se depositou a cobertura cenozóica, sendo constituído pelas seguintes unidades litostratigráficas:

- a) Formação de Cabrela (Devónico superior a Carbónico inferior)
- b) Formação de Pedreira da Engenharia (Devónico médio)
- c) Formação de Carvalhal (Ordovícico-Silúrico)



- d) Formação de Monfurado (Câmbrico inferior)
- e) Formação de Escoural (Proterozóico superior)

Todas estas formações fazem parte do Maciço de Évora que se integra num domínio geostrutural mais vasto, a Zona de Ossa-Morena (ZOM).

A Zona Sul-Portuguesa (ZSP), que se encontra separada das formações anteriores por um importante acidente tectónico (carreamento de Ferreira-Ficalho), está representada nesta área pelas seguintes unidades:

- Formação de Santa Iria (Devónico superior);
- Formação de Ribeira de Limas (Devónico médio a superior);
- Formação de Pulo do Lobo (Devónico inferior).

Estas formações constituem, conjuntamente com as diversas rochas intrusivas, o substrato hercínico. A maior parte destes terrenos foi atingida por duas fases de dobramento, metamorfismo, acompanhado de migmatização nos níveis mais profundos e de actividade ígnea.

Diversos afloramentos de granitóides implantaram-se nestas formações, sendo na sua quase totalidade, anteriores à segunda fase de deformação. Alguns deles, completamente gnaissificados, são anteriores à primeira fase.

Também existiram manifestações de tectónica frágil, que deram origem a falhas longitudinais e transversais, estas últimas com orientação predominantemente NE-SW. Todos estes processos geológicos tiveram lugar em relação com o ciclo orogénico hercínico.

No que diz respeito à caracterização geológica dos terrenos atravessados pela infraestrutura ferroviária, a via encontra-se implantada sobre afloramentos de rochas intrusivas e migmatitos, com intercalações alternadas dos seguintes conjuntos:

- YZ - *Complexo gnaisso-migmatítico*: migmatitos heterogéneos, gnaisses migmatíticos e granitos biotíticos associados (Orogenia Hercínica);



Y'Z - Ortognaisses graníticos; fácies "leptinitica" (Orogenia Pré-Hercínica);

Δ - Dioritos e gabros associados (Orogenia Hercínica);

Δq - Tonalitos (Orogenia Hercínica).

De salientar, que ocorrem por vezes intercalações da Formação do Escoural (Ec), no meio das formações de rochas intrusivas e migmatitos atrás referidas.

3.2.2.1 Hidrogeologia

A área em estudo encontra-se incluída nas bacias hidrográficas dos rios Tejo e Sado. A maior parte da região é drenada pela ribeira de Almansor, o principal curso de água que atravessa a região, processando-se a drenagem superficial para Noroeste. No entanto, numa faixa a Sul de Montemor que se vai alargando para ocidente até junto a Vendas Novas, a região é drenada para a ribeira da Marateca (afluente do rio Sado), destacando-se as ribeiras de Vale Figueira, da Cabrela e de Safira, que se orientam para Sudoeste.

A forma dos vales definidos pelos principais cursos de água é distinta ao longo do seu percurso, passando o mesmo vale de encaixado com vertentes abruptas a um vale aberto. O principal contraste parece corresponder à diferenciação entre as rochas mais competentes do substrato hercínico e as coberturas detríticas pouco coerentes. As condicionantes tectónicas poderão ser responsáveis pela forma peculiar de alguns troços das linhas de água e pelo encaixe dos correspondentes vales, deixando antever uma acção importante na definição do sistema de escoamento subterrâneo, impondo diversos níveis de base com carácter mais ou menos local.

A maior parte das linhas de água de reduzida dimensão têm regime temporário, correspondendo ao regime habitual das precipitações, que se concentram num período do ano.

Das formações da cobertura terciária destaca-se o "Complexo argilo-gresoso de Bombel", por ser aquele que apresenta níveis de maior permeabilidade, intercalados em níveis



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Civil

Reabilitação da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca – Linha do Alentejo

argilosos confinantes. Esta formação faz parte de um sistema multi-camada confinado que se desenvolve para Noroeste, dando origem ao principal sistema aquífero do país, o sistema aquífero Mio-Pliocénico do Tejo e Sado.

As formações do soco hercínico apresentam reduzida aptidão aquífera. Em particular, nas formações de natureza xistosa é bastante difícil conseguir captações com caudais superiores a 1 l/s. No entanto, foram identificadas algumas nascentes com caudais dessa ordem de grandeza, estando relacionadas com heterogeneidades tectónico-estruturais e/ou litológicas.

3.2.2.2 Neotectónica e sismicidade

A região em análise tem sido sujeita à acção de fenómenos sísmicos mais ou menos severos, que podem ser sistematizadas em dois grandes tipos:

- «Sismos distantes», de grande magnitude e com epicentro no mar – «sismicidade interplacas» Eurasiática e Africana –, gerada na «Zona de Fractura Açores-Gibraltar»;
- «Sismos locais», de magnitude moderada e pequena distância focal – «sismicidade intraplaca» Eurasiática –, resultante da acumulação de tensões e do desenvolvimento de deformações tectónicas actuais, no seu interior.

O sismo de 1755, com epicentro a SW do Cabo de S. Vicente, testemunha aquele tipo de sismicidade, tendo atingido na região do traçado a intensidade IX, na escala Mercalli modificada.

Os sismos intraplacas apresentam geralmente magnitude moderada, embora se encontrem também registos de abalos sísmicos de grande magnitude. Não obstante a sismicidade em ambiente tectónico intraplaca ser tradicionalmente difusa, podem-se vislumbrar alinhamentos de epicentros ao longo dos acidentes tectónicos activos mais importantes, nomeadamente, das falhas do Gargalo do Tejo e do Vale Inferior do Tejo.



Na figura 3.16 é apresentada a Carta de Casualidade Sísmica da Europa e envolvente mediterrânea, onde se pode observar a relativa incidência dos sismos na região em análise.

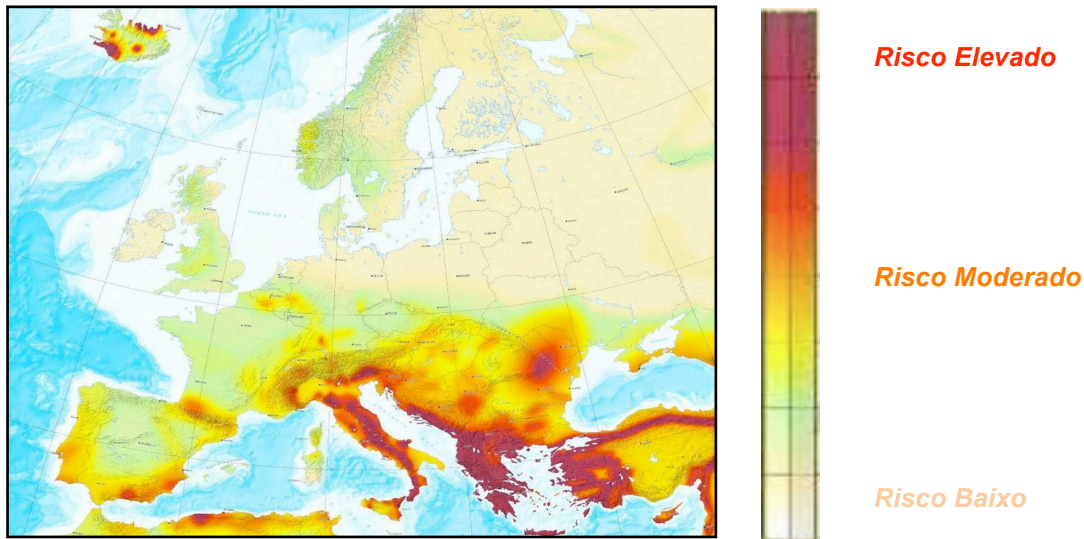


Figura 3.16 - Carta de incidência de fenómenos sísmicos na Europa - Mediterrâneo [adaptado de REFER, 2009]

A figura 3.17 ilustra o enquadramento neotectónico do território continental Português, com as principais estruturas tectónicas activas.

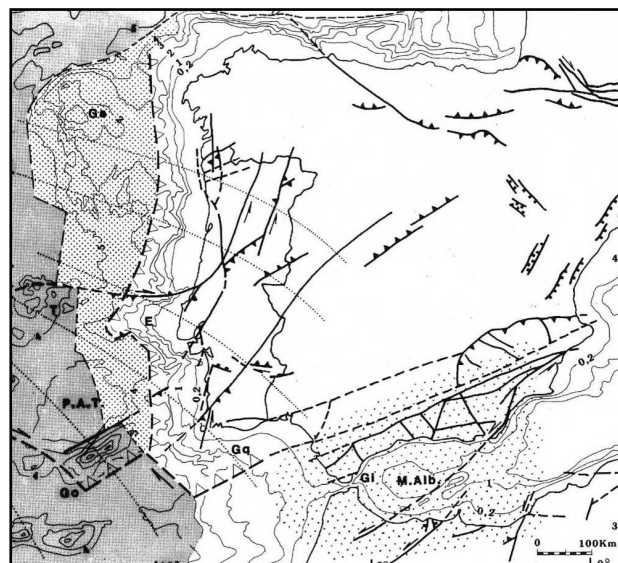


Figura 3.17 - Carta Neotectónica da Península Ibérica [adaptado de REFER, 2009]



Não menos importante é a actividade neotectónica do «Vale Inferior do Tejo», responsável, nomeadamente, pelo sismo de Benavente.

Apesar de existirem apenas evidências indirectas (geofísicas) da Falha do Vale Inferior do Tejo, é amplamente aceite pela comunidade científica que o alinhamento tectónico com orientação NE-SW, sobreponível ao desenvolvimento do Tejo entre Vila Nova da Barquinha e o Barreiro, corresponde a uma estrutura activa profunda. Terá estado na origem do grande sismo de 1909, o qual teve o seu epicentro na região de Benavente. Este sismo atingiu a região com intensidade IX, testemunhando de forma emblemática a importância e a intensidade das acções sísmicas intraplaca.

A falha do Gargalo do Tejo corresponde a um desligamento direito de orientação E-W que se admite ser responsável pela mudança pós-Vilafranquiense do percurso do Rio Tejo. É expectável que esta falha, detectada na prospecção efectuada para a Ponte 25 de Abril, possa estar na origem de sismicidade com magnitude máxima de 6.5.

A falha de Grândola, de orientação média de WNW-ESE, corresponde a um desligamento esquerdo varisco, reactivado posteriormente, apresentando evidências de deslocamento no Cenozóico com uma componente vertical de movimentação, produzindo uma subida relativa do bloco meridional. Apresenta um traçado sinuoso, passando a 1km a S de Grândola e estendendo-se desde este local até a uma área a ENE de Azinheira de Barros. As evidências de actividades neotectónicas na falha de Grândola são essencialmente de ordem indirecta.

A falha do Torrão, de orientação WNW-ESE corresponde ao prolongamento para W da falha da Vidigueira. Adopta-se esta designação para o segmento da falha Vidigueira – Moura, situado a oeste da falha da Messejana, com cerca 25km de extensão.

Apresenta um traçado em arco suave e movimentação vertical, sempre com elevação do bloco Norte. Esta movimentação apresenta expressão variável, sendo a máxima junto ao Torrão, onde alcança valores superiores a uma centena de metros.



A falha do Torrão deverá corresponder a um acidente de desligamento tardi-hercínico reactivado pela tectónica alpina.

Igualmente activa é a falha da Messejana, a mais longa da Península Ibérica, intersecta o território continental Português com orientação NE-SW e estende-se, por uma distância de 500km, de Odemira em Portugal, até Ávila, em Espanha. É apresentada na «Carta Neotectónica de Portugal Continental» como activa, existindo com efeito evidências estratigráficas e geomorfológicas de movimento durante o Pliocénico, no troço entre Odemira e Aljustrel, com rejeitos da ordem da meia centena de metros.

O quadro seguinte apresenta uma síntese das principais fontes sismogénicas da região de Lisboa.

Quadro 3.1 - Fontes sismogénicas da Região de Lisboa [adaptado de REFER, 2009]

| Sismicidade | Estrutura activa | Magnitude Máxima Observada | Magnitude Máxima Expectável | Período de Retorno (Anos) | Distância a Lisboa (km) |
|-------------|--|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Interplacas | Goringe | $M_L=7,5$ (1969) | $M_L>8,1$ | $>2 \times 10^2$ | 350 |
| | Zona de Subducção Oeste-Ibérica | $M_L=7,2$ (1858) | $M_L>7,5$ | $>3 \times 10^2$ | >120 |
| | Rotura no Goringe e na zona de subducção Oeste-Ibérica | $M_L=8,5 - 9$ (1755) | $M_L=8,5 - 9$ | $>2,5 \times 10^3$ | >120 |
| Intraplacas | Vale Inferior do Tejo | $M_L=6,7$ (1909) | $M_L=7,2$ | $>3,5 \times 10^2$ | 5-40 |
| | Gargalo do Tejo | $M_L=3$ | $M_L=6,5$ | $>1,5 \times 10^4$ | 1 |

De acordo com o «Regulamento de Segurança e Acção para Estruturas de Edifícios e Pontes», as acções sísmicas associadas a cada um dos tipos de sismicidade referidas designam-se acção sísmica do tipo 2 (sismos interplacas) e acção sísmica do tipo 1 (sismos intraplacas).

Na figura 3.18 evidenciam-se as intensidades máximas registadas, para Portugal Continental, tendo em conta os dados Históricos e Instrumentais.

Estes documentos regulamentares consideram o território continental português dividido em 4 zonas: A, B, C e D, segundo ordem decrescente de sismicidade. O traçado inclui-se francamente na zona A, de sismicidade elevada, tal como se observa na figura 3.19.

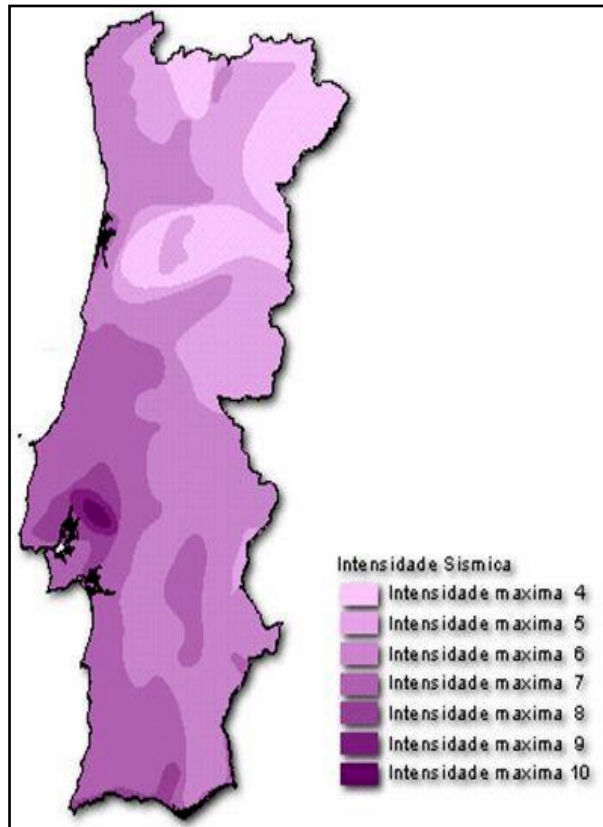


Figura 3.18 - Zonas sísmicas existentes em Portugal continental [adaptado de REFER, 2009]

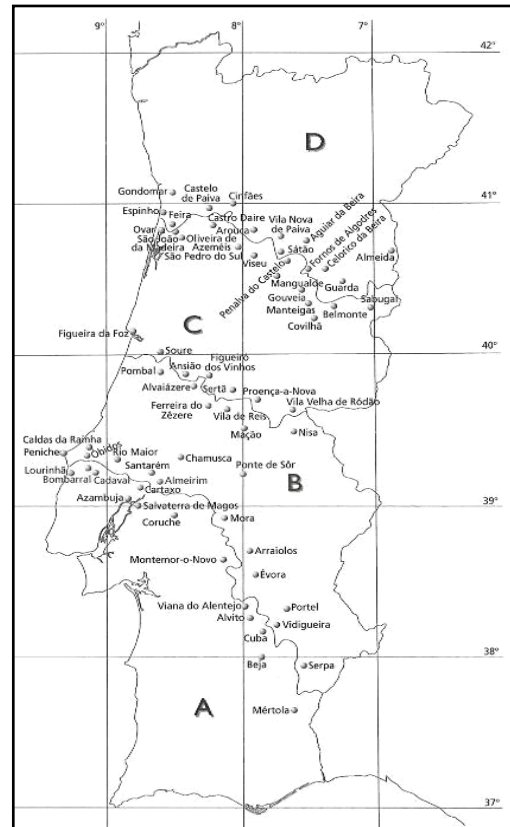


Figura 3.19 - Mapas de zonamento sísmico de Portugal continental [adaptado de REFER, 2009]

A natureza dos terrenos encontra-se sistematizada em três grandes tipos. O quadro seguinte apresenta a tipologia dos terrenos geológicos investigados na região do traçado, de acordo com o regulamento evocado.

Quadro 3.2 - Tipo de terreno de acordo com o RSAEEP e EC8

| RSAEEP | EC8 | Tipo de Terreno | Formações ocorrentes |
|----------|--------|---|---|
| Tipo I | Solo A | Rochas e solos coerentes rijos | Rochas metamórficas (xistos, gnaisses e migmatitos) e rochas eruptivas (dioritos, gabros e tonalitos). |
| Tipo II | Solo B | Solos coerentes muito duros, duros e de consistência média; Solos incoerentes compactos | Cascalheiras, grés argilosos e argilas arcósicas; argilas com atapulgite e margas acinzentadas com concreções calcárias |
| Tipo III | Solo C | Solos coerentes moles e muito moles; Solos incoerentes soltos | - |



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Civil

Reabilitação da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca – Linha do Alentejo

Pelo exposto, pode pois concluir-se que o traçado em estudo se inscreve numa zona de **sismicidade elevada**.

Na área de Casa Branca, os terrenos da ZOM foram atingidos por duas fases principais de dobramento, seguidas de deformações frágeis que deram origem a cavalgamentos e deslizamentos. Todos estes movimentos pertencem ao ciclo orogénico hercínico.

De maneira geral, esta região apresenta-se caracterizada por dobramento dominante com orientação geral NW-SE, planos axiais subverticais e vergência para sudoeste. Evidenciam-se também algumas megaestruturas, tais como: sinclinal de Cabrela e de Carvalho, anticlinório de Montemor-Évora, anticlinal de Safira e sinforma de Monfurado. O estilo de deformação, resultante da acção dos dobramentos, foi condicionado principalmente pela natureza petrográfica, espessura e profundidade dos níveis afectados.

3.2.2.3 Recursos geológicos

Minerais metálicos

A região de Casa Branca faz parte de uma área mineira, conhecida desde tempos bastante remotos, caracterizada pela existência de índices mineiros de Fe, Cu, Pb, Zn, As e Sb, alguns dos quais foram objecto de exploração mineira, com destaque para a faixa mineralizada de Monges-Nogueirinha.

Quartzo

A cerca de 1 km a sul do Monte de Gouveia de Baixo, junto à estrada de Montemor-S.Cristóvão, o quartzo foi explorado em filões, subconcordantes com a formação encaixante (Formação de Escoural).

Argilas, grés e areias

Nos terrenos da cobertura cenozóica, na região de Vendas Novas, as argilas, grés e areias são utilizadas na construção. As argilas são exploradas para o fabrico de telhas e tijolos.



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Civil

Reabilitação da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca – Linha do Alentejo

Pedreiras

São numerosas as pedreiras de granitóides existentes nesta zona, estando em grande parte abandonadas. A pedra extraída foi utilizada na construção local, na preparação de paralelepípedos, para a pavimentação de estradas e para brita. Localizam-se sobretudo no afloramento tonalítico de Hospitais e de S.Geraldo, no afloramento trondhjemitogranodiorítico de Monte do Barrocal das Freiras, em que se exploraram os migmatitos (Monte da Amendoeira, Foros de Adua, Monte de Carrascal, etc.).

Próximo de Silveiras, os pórfiros (vulcanitos ácidos) foram alvo de exploração para brita.

A 500 m a sul do Monte de Rosada, não muito longe da estrada nacional EN114, para Évora, situa-se pedreira nos gnaisses migmatíticos, onde se procede à extracção de blocos para pedra ornamental [adaptado de REFER, 2009].

3.3 CAMPANHA DE PROSPECÇÃO EFECTUADA

Como forma de sustentar um intervenção mais abrangente na Estação de Casa de Branca, (que não passe apenas pela reconfiguração do seu *layout* e substituição do armamento de via actual), ou de concluir que a mesma não é necessária, considerou-se indispensável analisar o problema da qualidade da actual plataforma, face às exigências futuras.

Esta análise só foi possível com o conhecimento do comportamento e da constituição da infra-estrutura, a qual foi obtida a partir da recolha de elementos para a caracterização *in situ* e laboratorial.

A caracterização e classificação dos solos de fundação em terreno natural e dos aterros existentes, deriva dos resultados obtidos nos ensaios laboratoriais de identificação e caracterização mecânica efectuados nas amostras recolhidas nos poços de plataforma.

Com base nos resultados obtidos nos ensaios de laboratório e na recomendação UIC



CODE 719-R procedeu-se à classificação UIC dos solos de fundação da plataforma ferroviária existente, tendo-se admitido que as propriedades dos solos serão melhoradas em termos do seu teor de humidade com a reformulação do sistema de drenagem quer superficial, quer profundo.

A partir das campanhas de inspeção visual foi preparada a campanha de prospecção para caracterização geotécnica da plataforma, para qual foram executados ensaios com penetrómetro dinâmico ligeiro (PDL) (Figuras 3.20, 3.21, 3.22 e 3.23). Foram também realizadas trincheiras com o intuito de se proceder à recolha de amostras para a realização de ensaios laboratoriais para a determinação da baridade dos materiais da fundação, para a identificação (granulometria, limites de Atterberg), determinação do teor em água natural e características de compactação (Proctor Normal e Modificado). Determinaram-se os graus de compactação dos materiais da fundação e classificaram-se de acordo com as classificações Unificada, AASHTO e Francesa (NF P 11-300).

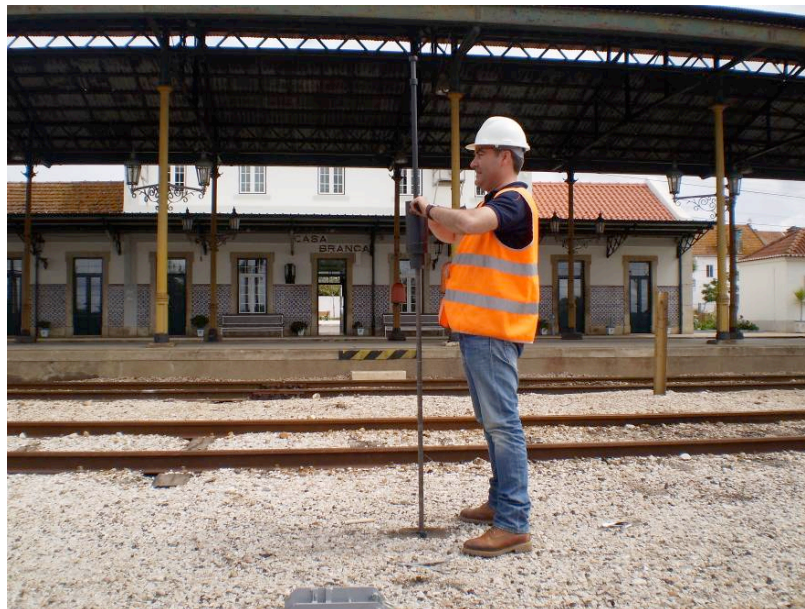


Figura 3.20 - Realização de PDL

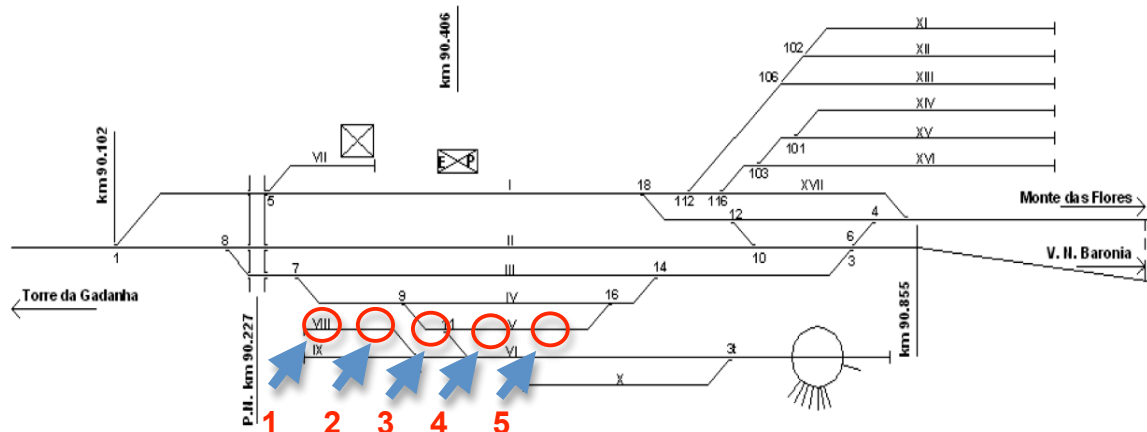


Figura 3.21 - Localização dos ensaios PDL e da abertura das trincheiras para a recolha de amostras [adaptado de REFER, 2009]



Figura 3.22 - Localização dos ensaios PDL e das trincheiras 1 e 2



Figura 3.23 - Localização dos ensaios PDL e das trincheiras 3, 4 e 5

Os dados da prospeção apontam para a existência generalizada de uma camada de espessura de “balastro contaminado” ou seja balastro misturado com solo (“calo da via”). Os ensaios realizados tiveram o objectivo de avaliar o estado de conservação da via ao nível do balastro contaminado, e ao nível do solo de fundação.



Figura 3.24 - Aspecto do balastro contaminado até à superfície

Os resultados de identificação dos solos de fundação da plataforma (“corpo do aterro”) apontaram para uma areia graduada com cascalho, classificados com A-1-b (0), segundo a classificação ASTM D 2487.

Os teores de humidade natural foram geralmente moderados, tendo sido frequentes valores de teor de humidade natural em torno dos 7,2%, com um valor de limite de liquidez do solo (LL = 20%). Estes são geralmente pouco plásticos e os valores de índice de plasticidade oscilam em torno de 4.

Com base nos resultados dos ensaios de identificação geotécnica (que se apresentam no Anexo I) e tendo em conta as indicações da norma NFP 11.300, referenciam-se solos atribuíveis à classe de qualidade QS2.



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Civil

Reabilitação da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca – Linha do Alentejo

3.4 SITUAÇÃO FUTURA

3.4.1 PRESSUPOSTOS DE BASE

Como cenário para o desenvolvimento do estudo, foram considerados os seguintes pressupostos base:

- Carga Máxima por Eixo de 225 kN;
- Velocidade Máxima de Circulação de 140 Km/h.

Tendo por base estes dois pressupostos, o estado actual (ponto 3.1) e os resultados preliminares da Campanha de Prospeção efectuada (ponto 3.3), sem esquecer a caracterização geológica descrita (ponto 3.2), considera-se que a intervenção na estação de Casa Branca, deverá contemplar:

- Reconstrução e adaptação da Plataforma Ferroviária ao novo *layout* ferroviário, incluindo o início do Ramal de Beja;
- Substituição do actual Armamento de Via (Figura 3.25);
- Melhoria das condições de drenagem longitudinal e profunda da plataforma e da drenagem transversal (Figura 3.26);
- Vedação da infra-estrutura (Figura 3.27);
- Reabilitação do Edifício de Passageiros (Figura 3.28);
- Adaptação das Plataformas de Passageiros e Coberturas (Figura 3.29);
- Substituição da Actual Passagem Superior Rodoviária existente a poente da Estação, para que a mesma permita uma futura electrificação da Linha entre Vendas Novas e Évora (Figura 3.30).



Figura 3.25 - Actual armamento da via



Figura 3.26 - Drenagem longitudinal



Figura 3.27 - Vedação da infra-estrutura



Figura 3.28 - Actual Edifício de Passageiros



Figura 3.29 - Plataformas de Passageiros e Coberturas



Figura 3.30 - Passagem Superior Rodoviária



3.4.2 VIA FÉRREA

3.4.2.1 Critérios de Projecto

No cálculo do traçado de via, associado ao novo *layout*, foram respeitados os parâmetros definidos pela ENV 13803-1 Parâmetros de projecto de Traçado de Via- Bitolas de via de 1435mm ou superior – Plena Via e da ENV 13803-2 Parâmetros de projecto de traçado de via – Bitolas de via de 1435 mm e de valor superior – Parte 2: Aparelhos de mudança de via e situações comparáveis de traçado com variações bruscas de curvatura.

3.4.2.2 Futuro *layout* ferroviário

O novo *layout*, que contemplará três linhas (uma directa e duas desviadas), inicia-se ao km 89+900 no topo oeste da Estação de Casa Branca e termina nas imediações do ramal da Linha de Évora, ao km 91+201 da linha do Alentejo.

A linha directa fará a ligação directa entre a entrada da estação e o ramal da Linha de Évora. A futura linha, com cerca de 1,3 km de extensão, possibilitará ao material circulante atravessar a estação à velocidade máxima de 140 km/h.

Ao km 90+200 da linha directa, desenvolve-se do lado esquerdo, a linha I. Esta linha contará com uma extensão de 430 metros e entroncará na linha directa ao km 90+700.

No km 90+246 da linha directa, inicia-se o desenvolvimento pelo lado direito da segunda linha desviada, Linha III, que contará com uma extensão de 430 metros e ligará à linha directa ao km 90+747.

Em síntese, o novo *layout* da Estação de Casa Branca (figura 3.31) passará a ter 3 linhas com os seguintes comprimentos:

- Linha I - 430m (linha desviada esquerda);
- Linha II – 1301m (linha directa);
- Linha III - 430m (linha desviada direita).



3.4.2.3.3 Aparelhos de mudança de via

Os aparelhos de mudança de via são do tipo de Geometria Cogifer, tangente 0.11, raio 300m, com carril 60E1 e travessas de madeira (azobé). A sua ligação às linhas colaterais será feita por soldadura aluminotérmica.

O novo *layout* da estação contará com 5 AMV's, com tangente 0.11 e geometria Cogifer, distribuídos pelas três linhas futuras, de acordo com as seguintes características e coordenadas de implantação, indicadas no quadro 3.3.

Quadro 3.3 - Coordenadas de implantação dos AMV's

| | | JCL | C | JT1 | JT2 |
|------|---|--------------|--------------|--------------|--------------|
| AMV1 | M | -2390.2151 | -2374.0061 | -2356.1262 | -2355.6405 |
| | P | -129842.1479 | -129847.0634 | -129852.4856 | -129850.4981 |
| AMV2 | M | -1852.4418 | -1836.1483 | -1818.1751 | -1818.8411 |
| | P | -129999.3575 | -130003.9853 | -130009.0901 | -130011.0246 |
| AMV3 | M | -2344.6426 | -2328.4335 | -2310.5536 | -2311.2537 |
| | P | -129855.9681 | -129860.8836 | -129866.3058 | -129868.2283 |
| AMV4 | M | -1863.9852 | -1880.2788 | -1898.2519 | -1998.7023 |
| | P | -129996.0789 | -129991.4512 | -129986.3464 | -129988.3422 |
| AMV6 | M | -1909.7953 | -1926.1889 | -1944.0620 | -1943.3961 |
| | P | -129983.0678 | -129978.4400 | -129973.3353 | -129971.4007 |

3.4.3 DIMENSIONAMENTO DA NOVA PLATAFORMA FERROVIÁRIA

Existem várias metodologias de dimensionamento para a plataforma de via, nomeadamente no que diz respeito à camada de balastro e sub-balastro, embora todas elas dependem fundamentalmente do seguinte:

- Tipo de exploração ferroviária, nomeadamente, o tipo de composições, a sua tonelage por eixo, a carga anual de circulação na linha e a velocidade máxima de circulação;
- Características dos materiais de via utilizados, nomeadamente o tipo de carril, o tipo e espessura de balastro, o tipo de travessas e fixações e o espaçamento utilizado para colocação das travessas;



- Natureza, capacidade de carga, estado hídrico, permeabilidade e condições hidrológicas e hidrogeológicas dos solos constituintes da plataforma, que suportam o assentamento da superestrutura de via.

3.4.3.1 Metodologia adoptada no dimensionamento

A metodologia adoptada no dimensionamento da plataforma segue fundamentalmente as recomendações da ficha UIC CODE 719-R, 3ª edição de Julho de 2007, designada por “*Earthworks and track bed for railways*”. Outros critérios adoptados, não contidos neste documento, estão devidamente justificados.

Na figura 3.32 apresenta-se, de forma esquemática, a constituição tipo da plataforma e da superestrutura de via, bem como a terminologia adoptada no estudo do dimensionamento da plataforma.

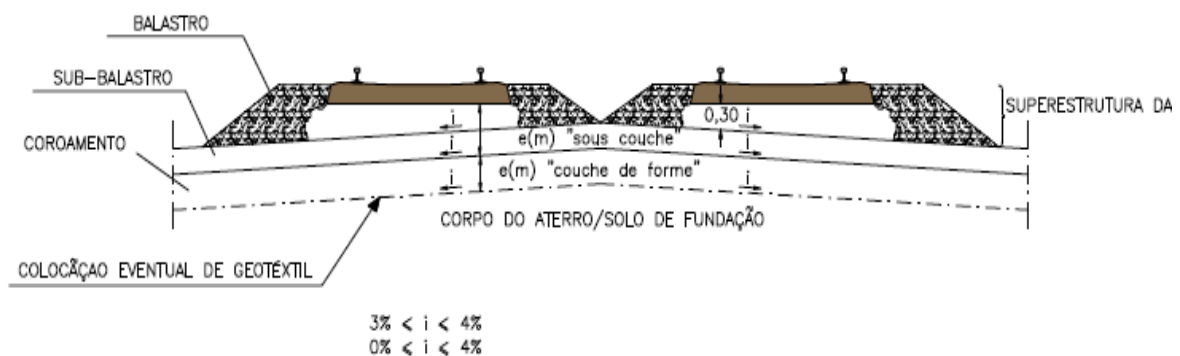


Figura 3.32 - Secção transversal esquemática para dimensionamento da plataforma [adaptado de REFER, 2009]

3.4.3.2 Características mecânicas dos solos QS1, QS2 e QS3

Na recomendação da ficha UIC CODE 719-R não são apresentadas características mecânicas para as diferentes classes de solos. No entanto, considerando as experiências relatadas pela ORE (Office de Recherches et d'Essais de l' Union Internationale des Chemins de fer, 1983) é possível considerar, como limites inferiores para as classes definidas na ficha UIC CODE 719-R, as características mecânicas apresentadas no quadro 3.4.



Quadro 3.4 - Características mecânicas as classes da ficha UIC CODE 719-R [REFER, 2009]

| Classe de solos UIC 719R | Coefficiente de Poisson | Coesão (kPa) | Ângulo atrito interno, f (°) | Módulo de elasticidade, EV_2 (Mpa) | Índice CBR (%) | $E_{din} = 10CBR^*$ (MPa) |
|--------------------------|-------------------------|--------------|--------------------------------|--------------------------------------|----------------|---------------------------|
| QS1 | 0,4 | 15 | 10 | 12 | 2 | 20 |
| QS2 | 0,3 | 10 | 20 | 25 | 5 | 50 |
| QS3 | 0,3 | 0 | 35 | 80 | 18 | 180 |

Salienta-se que os parâmetros EV_2 e E_{din} apresentam uma grande variedade de valores para as classes da recomendação UIC CODE 719-R, dependendo de características intrínsecas, como sejam a granulometria e o índice de plasticidade dos solos, bem como a sua compactidade e o teor em água, pelo que se refere que os parâmetros definidos dizem respeito aos limites inferiores de cada classe da recomendação UIC CODE 719-R.

Com base na recomendação UIC CODE 719-R, os solos QS3 são aqueles que reúnem as seguintes características:

- Solos com 5% a 15% de finos com boas condições hidrológicas e hidrogeológicas;
- Solos com menos de 5% de finos, uniformes, com boas condições hidrológicas e hidrogeológicas;
- Rochas medianamente duras com boas condições hidrológicas e hidrogeológicas;
- Rochas duras.

Pode ainda ser considerada uma majoração de 5% nos finos se as amostras ensaiadas forem consideradas representativas.

Assim, de forma a satisfazer uma das condições principais de projecto, ou seja, plataforma ferroviária de boa qualidade serão utilizados materiais que reúnem as qualidades QS3, para utilização como camada de coroamento.



3.4.3.3 Solos de fundação

3.4.3.3.1 Dimensionamento da espessura e_f (m) da estrutura da Plataforma em RIV

A camada de espessura e_f (m), designada na documentação de referência por ***couche de forme***, é composta pela camada de coroamento em aterro e pelos solos de fundação da plataforma em escavação.

Em função do zonamento apresentado e de acordo com a ficha UIC CODE 719-R, a camada de coroamento e_f (m) deve ter a espessura relacionada com cada tipo de solo de fundação presente.

Para satisfazer uma das condições principais do projecto, isto é, plataforma ferroviária de boa qualidade (P3), os solos a utilizar devem reunir as qualidades da classe QS3 na camada de coroamento.

Por questões relacionadas com o controlo de qualidade dos materiais, com a sua capacidade de carga e com aspectos construtivos, optou-se pela utilização de materiais de granulometria extensa e contínua (quadro 3.5), sendo que a compactação relativa referida ao Proctor modificado a obter na camada de coroamento deverá ser superior a 97% em toda a área e espessura da camada.

Quadro 3.5 - Características granulométricas do material para a camada de coroamento
[REFER, 2009]

| Peneiros NP EN 933-1 (mm) | Percentagem acumulada passada (%) |
|---------------------------|-----------------------------------|
| 40,00 | 100 |
| 31,50 | 75 – 100 |
| 20,00 | 56 – 86 |
| 14,00 | 48 – 78 |
| 10,00 | 41 – 71 |
| 6,300 | 32 – 58 |
| 5,00 | 28 – 54 |
| 4,00 | 26 – 51 |
| 2,00 | 22 – 45 |
| 0,420 | 12 – 30 |
| 0,125 | 5 – 15 |
| 0,063 | 1 – 8 |



Os agregados britados de granulometria extensa (ABGE) deverão ainda apresentar as seguintes características:

- Percentagem de material retido no peneiro de 20 mm (NP EN 933-1, 2000) < 30%
- Resistência à Fragmentação Los Angeles (NP EN 1097-2, 2002) \leq 45%
- Limite de liquidez (NP-143, 1969) NP
- Índice de plasticidade (NP-143, 1969) NP
- Equivalente de areia (NP EN 933-8, 2002) 40%
- Valor de azul de metileno (NP EN 933-9, 2002) < 4 g/kg

Na aplicação desta metodologia admite-se uma relação entre os módulos de deformabilidade (E_{v2}) correntemente referenciados para os solos das diferentes qualidades e um material britado, conforme os valores no quadro 3.6.

Quadro 3.6 - Módulos de deformabilidade [REFER, 2009]

| Tipo e/ou classe dos materiais | E_{v2} (MPa) |
|--------------------------------|----------------|
| Agregado britado | 300 |
| Camada de coroamento QS3 | 100 |
| Solos QS2 | 60-80 |
| Solos QS1 | 20-60 |
| Solos QS0 | < 20 |

A melhoria de comportamento introduzida com a camada de coroamento em agregados britados de granulometria extensa permite as espessuras definidas no quadro 3.7, em função da qualidade dos solos da fundação para uma plataforma do tipo P3.



Quadro 3.7 - Espessuras de coroamento em ABGE [REFER, 2009]

| Fundação tipo e/ou classe dos materiais | Espessura de coroamento em ABGE 0/35 |
|---|--------------------------------------|
| QS2 | 0,20 |
| QS1 | 0,35 |
| QS0 | 0,50 |

NOTA: A ocorrência de solos de fundação de qualidade QS0 pressupõe, além da camada de coroamento, um saneamento mínimo de 0,50 m.

Com base na informação disponível da campanha de prospecção e ensaios realizados, foi utilizada uma metodologia de dimensionamento da plataforma que se baseou em diversos critérios, nomeadamente:

- Características dos solos de fundação, nomeadamente quanto à sua classificação UIC CODE 719-R;
- Resultados dos poços de plataforma, em particular no que respeita à espessura do calo de via;
- Considerações geométricas, relacionadas com a oscilação da rasante, uma vez que em escavação é removido o calo de via, parcial ou totalmente, e em aterro são aplicados materiais seleccionados de qualidade QS2;
- Posicionamento da base da infra-estrutura de projecto.

Importa ainda salientar que a análise efectuada baseada nos critérios mencionados foi aferida atendendo às formações geológicas aflorantes e às zonas em que a via se desenvolve em perfil de aterro.

No caso da Estação de Casa Branca, face aos critérios mencionados e aos resultados obtidos na análise efectuada, considerou-se uma espessura de 0,20 m para a camada de coroamento, conforme distribuição representada nos desenhos de planta e perfil longitudinal (Peças desenhadas 2 a 6).

3.4.3.3.2 Dimensionamento da espessura e (m)

A camada **e** (m), designada na documentação de referência, UIC CODE 719-R, por **sous couche**, é composta pelo conjunto do balastro e do sub-balastro. A recomendação UIC



CODE 719-R apresenta uma metodologia que se utiliza de forma corrente para o dimensionamento da camada de sub-balastro na ferrovia convencional, descrita na equação 3.1:


$$e = E + a + b + c + d + f + g \quad [3.1]$$

Em que:

$e = \text{balastro} + \text{sub-balastro}$

$E = 0,45 \text{ m}$, para as plataformas de classe P3

$a = 0$, para os grupos UIC1 e 2 ou linhas de $V > 160 \text{ km/h}$

 , em que $L = 2,60 \text{ m}$ (travessa mono-bloco polivalente)

$c = 0$, para dimensionamento normal

$d = 0,12 \text{ m}$, atendendo à carga máxima prevista de circulação de mercadorias

$f = 0$, para $V \leq 160 \text{ km/h}$ e plataforma P3 percorrida a grande velocidade

$g = 0$, sem geotêxtil

Deste modo, considerando uma espessura de balastro de 0,30 m para vias gerais com travessa mono-bloco polivalente, a espessura de sub-balastro determinada é de 0,22 m.

As características técnicas do sub-balastro a utilizar, as condições de aplicação em obra e o controlo de qualidade a que deve ser submetido, devem cumprir na íntegra o descrito nos documentos normativos internos da REFER, nomeadamente, as instruções técnicas que referem as características do Sub-Balastro.

3.4.4 PLATAFORMAS DE PASSAGEIROS E COBERTURAS

Este estudo levou também em conta a acessibilidade às várias plataformas, prevendo a execução de um atravessamento desnivelado, através da construção de uma passagem superior de peões para o acesso aos cais de passageiros da Linha II e da Linha III (Figura 3.33).



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Civil

Reabilitação da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca – Linha do Alentejo

A construção do novo atravessamento desnivelado da estação de Casa Branca situar-se-á ao km 90+564 da Linha do Alentejo e contribuirá para melhorar as condições de segurança e de mobilidade dos passageiros.

Esta estrutura terá uma extensão de 17,125m, irá incluir dois lanços de escadas e um elevador de cada lado. Após a sua edificação, está previsto que as antigas passagens construídas em travessas de madeira sejam removidas.

A intervenção na estação inclui também os trabalhos de reabilitação da estrutura metálica da cobertura dos cais 2 e 3, onde deverá ser levado em conta o seu aspecto histórico, visto que esta estrutura representa uma obra da arqueologia ferroviária Portuguesa.

De acordo com a inspeção realizada, constatou-se que os pilares se encontram em bom estado de conservação. Relativamente à restante estrutura metálica, nomeadamente coberturas, verificou-se a necessidade de uma pintura generalizada, por apresentar pontos com corrosão activa um pouco por toda a estrutura, em especial nas zonas de contacto com a laje de betão do cais.

No âmbito da reabilitação da estrutura da cobertura, a solução preconizada passará pela remoção integral dos elementos existentes e substituição por chapa de aço perfilada trapezoidal com 1 mm de espessura lacada em ambos os lados.

No que respeita a equipamento de iluminação, como candeeiros, os mesmos devem ser conservados e reaplicados.

Constatou-se também que estrutura metálica de cobertura da plataforma de passageiros (Figura 3.34), ostenta um pé-direito de 5,50m, o que permite o seu alteamento do cais, para suportar a nova rasante ferroviária.



Figura 3.33 - Plataforma de Passageiros



Figura 3.34 - Cobertura Metálica

3.4.5 EDIFÍCIO DE PASSAGEIROS

O futuro do edifício da estação passará essencialmente pela sua reabilitação, mantendo o seu traço original, nomeadamente, as fachadas face aos valores patrimoniais e históricos que os vários painéis de azulejos apresentam.

A Estação sofrerá uma nova distribuição dos espaços através desta remodelação, passando o edifício a ser explorado na sua totalidade.

No piso 0 manter-se-á a localização do átrio de espera incluindo as bilheteiras, o posto de informação e as instalações sanitárias públicas.

O piso 1 passará a acolher uma área dedicada exclusivamente a escritórios, nomeadamente a sala de conservação e controlo da circulação da estação.

As principais alterações, passarão no entanto pela necessidade aumentar a cota do pavimento do seu interior, através da diminuição do pé direito existente (3,50m) no piso de entrada (Figura 3.35), de modo a permitir a sua compatibilização com a cota das novas plataformas de passageiros que subirá em média 68,5 cm.

No âmbito desta intervenção proceder-se-á à substituição do mobiliário bem como dos equipamentos existentes.



Figura 3.35 - Átrio da sala de espera da Estação



ISEL

3.4.6 PASSAGEM SUPERIOR RODOVIÁRIA

A construção da passagem superior rodoviária data do início do século passado e constitui um importante elo de ligação, quer rodoviário quer pedonal, entre a localidade de Casa Branca e Alcáçovas.

Não obstante os trabalhos de beneficiação de que a estrutura tem sido alvo (pintura geral e adopção de uma laje de tabuleiro em betão armado) e face ao estado de conservação em que a Obra de Arte se encontra, foi opção proceder à construção, no mesmo local, de uma nova passagem superior rodoviária, em consequência do novo plano de rolamento projectado. Esta intervenção, nomeadamente o Perfil Transversal Tipo a adoptar, estará dependente da aprovação da entidade tutelar, Estradas de Portugal, S.A.

Os objectivos preconizados para a nova estrutura (Figura 3.36), compreendem essencialmente:

- Alargamento da plataforma rodoviária para 7.0m (duas faixas de rodagem);
 - 4,0 m de faixa de rodagem;
 - 0,5 m de berma para cada sentido;
 - 1,0 m de passeio, incluído guarda-corpos, em cada sentido, prevendo a protecção e cobertura dos mesmos.

- Adequação da capacidade de suporte da estrutura às sobrecargas actualmente em vigor, na regulamentação aplicável a este tipo de estruturas;

- Execução de um gabarit vertical de 6,50m, cumprindo o valor mínimo exigido de 6,0m, tendo como objectivo assegurar a segurança da infra-estrutura ferroviária e ainda o risco de contacto com a futura catenária para electrificação da Linha entre Vendas Novas e Évora (rede eléctrica de 25.000 V).

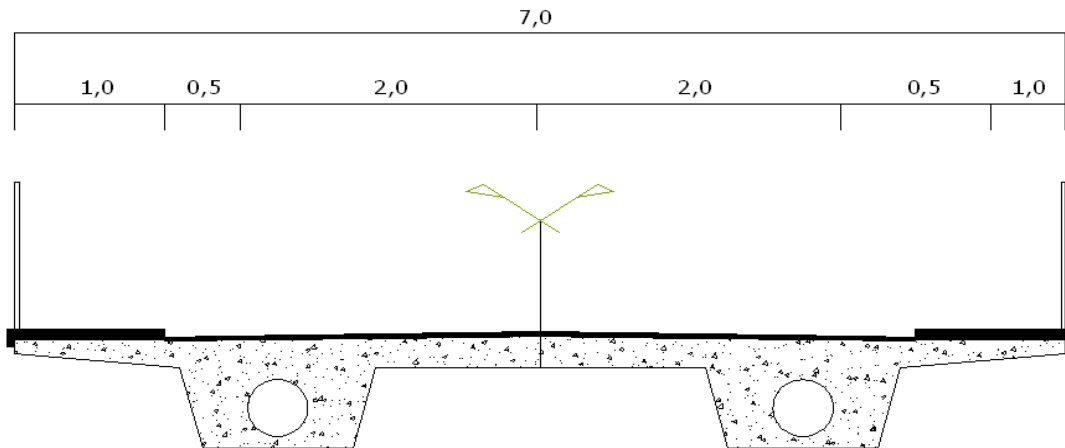


Figura 3.36 - Secção transversal tipo, após intervenção, onde se destaca o alargamento dos passeios

3.4.7 TERRAPLENAGEM E DRENAGEM

3.4.7.1 Demolições

Para o desenvolvimento dos trabalhos de terraplenagem e drenagem da estação de Casa Branca será necessário proceder à demolição dos obstáculos existentes, nomeadamente, valetas, cais (Figura 3.37) e vedações.

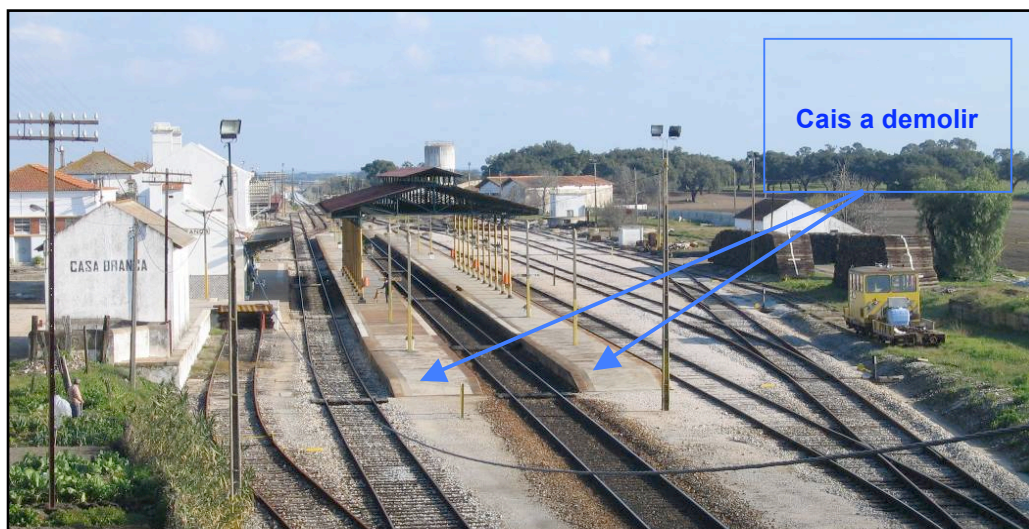


Figura 3.37 - Cais a demolir na Estação de Casa Branca



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Civil

Reabilitação da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca – Linha do Alentejo

As demolições deverão obedecer às seguintes recomendações genéricas:

- Todos os escombros resultantes das demolições efectuadas devem ser integralmente removidos, não podendo, em circunstância alguma, ser integrados quer na fundação da plataforma, quer no corpo dos aterros;
- Nos trabalhos a executar deve-se ter particular atenção às infra-estruturas de sinalização e telecomunicações existentes no passeio de via.
- As demolições, bem como os restantes resíduos da construção devem obedecer ao estabelecido no Plano de Prevenção e Gestão de Resíduos da Construção e Demolição (PPGRCD), de acordo com o estabelecido no Decreto-Lei n.º 46/2008, de 12 de Março.

Os resíduos deverão ser identificados e classificados segundo a portaria n.º 209/2004 de 03 de Março e encaminhados para os destinos em baixo identificados:

- Aterros de resíduos não urbanos;
- Operadores de gestão de resíduos de construção e demolição;
- Operadores de armazenamento temporário de resíduos perigosos ou tratamento físico e químico de resíduos perigosos;
- Operadores de gestão de resíduos de vidro;
- Operador de gestão de resíduos diversos: Metais e Mistura de Metais e Cabos;
- Sistemas de tratamento de resíduos sólidos urbanos do Concelho de Montemor-o-Novo.

Deverá ser elaborado um mapa de controlo de resíduos (MCR) que permitirá controlar a quantidade e o tipo de resíduos produzidos em obra, bem como a sua classificação, a empresa transportadora e o destino final.



3.4.7.2 Terraplenagem

3.4.7.2.1 Perfil transversal tipo

Os trabalhos de terraplenagem correspondem a acções necessárias para garantir a materialização do perfil transversal tipo de referência.

As intervenções previstas ao nível da terraplenagem decorrem essencialmente da alteração do *layout* e da necessidade de colocação das novas camadas sob o balastro, que se traduzem, de maneira geral na abertura de uma nova caixa.

Para representar as intervenções a executar ao nível dos trabalhos de terraplenagem, foram executados três perfis transversais (PT), aos seguintes pontos quilométricos da linha do Alentejo:

PT 9 – km 90+000 – linha única, com escala em zona de aterro;

PT 25 – km 90+400 – representação das três linhas na zona do cais de passageiros em zona de escavação;

PT 45 – km 90+900 – separação da linha do Alentejo, do ramal de Évora e do ramal de Beja, com escala, em zona de escavação.

O perfil transversal de referência apresenta uma largura de 4,50 m no lado direito e no lado esquerdo, medidos a partir do eixo da via, a que acresce ainda a largura da valeta triangular com 0,80 m.

O tipo de plataforma utilizada foi o tradicional chapéu de chinês, ou seja plataformas de duas águas, com excepção da zona dos cais de passageiros em que se adoptou uma plataforma com chapéu de chinês invertido, adoptando inclinações transversais de 4%.



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Civil

Reabilitação da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca – Linha do Alentejo

3.4.7.2.2 Escavações

Ao nível da plataforma, a linha de escavação corresponde à base da camada. Sempre que a escavação definida nos perfis transversais de projecto não permita expurgar todos os materiais de comportamento geotécnico deficiente, deverá ser realizada a escavação até uma cota que permita a remoção destes materiais, sendo substituídos por materiais com características para coroamento da plataforma de via.

3.4.7.2.3 Aterros

Os materiais a aplicar nos aterros deverão ser de boa qualidade, nomeadamente, solos seleccionados ou agregados britados de granulometria extensa (ABGE), atendendo que a qualidade dos mesmos tem influência decisiva no comportamento global da estrutura.

3.4.7.2.4 Tratamento da plataforma de via

Na intervenção prevista para a estação de Casa Branca foi preconizado o tratamento da plataforma, com a colocação da camada de sub-balastro em todas as linhas, incluindo o ramal de Beja, e da camada de coroamento nas linhas principais.

A execução dos poços de plataforma permitiu averiguar as espessuras de balastro e balastro contaminado (calo de via), sendo que este último será preferencialmente incluído no dimensionamento da plataforma, em virtude das propriedades resistentes que confere ao nível da camada de coroamento.

Com base nos resultados obtidos nos ensaios de laboratório e na recomendação UIC719R determinou-se a qualidade dos solos em cada local.

A espessura total da camada de coroamento foi estabelecida com base nas recomendações da UIC CODE 719-R, atendendo ao tipo de classe de plataforma e à qualidade dos solos.



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Civil

Reabilitação da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca – Linha do Alentejo

3.4.7.3 Drenagem

3.4.7.3.1 Drenagem transversal

No estudo das linhas existentes na estação analisou-se a drenagem, quanto à eficácia das infra-estruturas existentes e propondo-se o seu melhoramento.

Na estação de Casa Branca existem cadastradas duas passagens hidráulicas ao km 89+978 e ao km 90+475 e um colector de descarga ao km 89+713.

Na sequência do novo *layout* previsto para a estação de Casa Branca optou-se por prolongar a drenagem longitudinal até à passagem hidráulica situada ao km 90+475. Sendo a recolha das águas que caem sobre a plataforma de via, escoadas por valetas triangulares e por drenos de PVC perfurados, até aos colectores que constituem a drenagem transversal.

3.4.7.3.2 Drenagem longitudinal

A drenagem longitudinal pode ser dividida em drenagem longitudinal superficial e profunda.

A drenagem longitudinal superficial consiste essencialmente na recolha das águas que caem sobre a plataforma de via e, de uma forma eficiente, promover o seu escoamento.

No que respeita à drenagem longitudinal profunda, esta será utilizada quando o espaço disponível não permita uma solução de drenagem tradicional.

Assim, os órgãos considerados para a drenagem longitudinal são:

- Valetas de plataforma triangulares em betão, que recolhem e conduzem as águas da plataforma da via até ao ponto de descarga;



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA Departamento de Engenharia Civil

Reabilitação da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca – Linha do Alentejo

- Colectores tubulares em betão utilizados para conduzir as águas recolhidas pelos órgãos de drenagem longitudinais até ao ponto de descarga;
- Drenos constituídos por tubos em PVC perfurados, que recolhem as águas e as conduzem até uma caixa e depois a um colector de descarga;
- Drenos de brita envoltos em geotextil para rebaixamento do nível freático, que recolhem as águas, evitando a sua aproximação das camadas inferiores da plataforma;
- Bocas construídas sobre os aterro – estrutura em betão armado que auxilia a condução das águas à saída dos colectores, que descarregam para o terreno;
- Caixas de visita ou inspecção, em caixas de betão armado circulares ou rectangulares, pré fabricadas ou executadas no local, que, para além de mudanças de direcção e ligação entre drenos ou colectores, permitem o acesso às estruturas enterradas para manutenção, bem como a descarga de valetas de plataforma;

As características geométricas destes elementos podem ser observadas nos desenhos de pormenor de drenagem (**Desenho N° 9**).

3.4.7.3.3 Dimensionamento dos órgãos de drenagem

Os órgãos de drenagem longitudinal, podem-se dividir nos seguintes grupos:

- A. valetas;
- B. colectores, caixas de visita e órgãos de dissipação de energia;
- C. drenos.

No primeiro grupo, as suas características são função do caudal que terão que recolher e transportar, dependendo por isso das características hidrográficas e hidrológicas. O segundo grupo é condicionado pelas dimensões e capacidade dos órgãos do primeiro grupo. No que respeita aos drenos o fundamental é garantir uma localização e



distribuição adequadas, criando desta forma caminhos preferenciais para a água subterrânea.

Uma vez que se pretende uma uniformização dos materiais a aplicar, definiu-se que os órgãos de drenagem longitudinal teriam sempre a mesma secção ao longo de todo o traçado.

A. Valetas

As valetas tem o objectivo de interceptar as águas que escorrem pelo terreno a montante, impedindo-as de atingir a base do talude. A escolha do tipo de secção considerado para as valetas, foi a secção triangular por facilidade de execução. Tendo o seu dimensionamento hidráulico sido efectuado, com base na fórmula racional (formula 3.2).

$$Q = C \times i \times A \quad [3.2]$$

onde:

Q - Caudal escoado (m^3s^{-1})

C - Coeficiente de escoamento (adimensional)

I - Intensidade de Precipitação (m/s)

A - Área de escoamento (m^2)

Assim, para a drenagem das linhas preconizadas no novo *layout* da estação, foram adoptadas valetas triangulares assimétricas em betão com uma largura de topo de 0,80 m e uma altura de 0,30 m.



B. Colectores, caixas de visita e órgãos de dissipação de energia

Os colectores são dimensionados para o caudal que até eles chega, utilizando a equação de Gauckler-Manning-Strickler (equação 3.3):

$$Q = K \cdot S \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad [3.3]$$

onde:

Q - Caudal escoado (m^3s^{-1})

K - Coeficiente de rugosidade de Manning ($\text{m}^{1/3}\text{s}^{-1}$)

S - Área de escoamento (m^2)

RH - Raio hidráulico, coeficiente entre a área de escoamento e o perímetro molhado (m)

I - Inclinação do órgão de drenagem (m/m)

Sendo os colectores em betão, o valor admitido para o coeficiente de rugosidade de Manning foi **$K=75\text{m}^{1/3}/\text{s}$** . Admite-se o escoamento em secção cheia, mas não em pressão, e os troços sempre rectilíneos de direcção e inclinação constantes. Sempre que estes atravessam a plataforma da via férrea deverão ser reforçados com uma laje de betão.

As caixas de visita têm dimensões que dependem dos diâmetros dos tubos que a ela chegam e/ou partem. São utilizadas sempre que exista uma mudança de direcção, no início e fim de cada troço, ligações entre tubos e, segundo o regulamento para colectores não visitáveis, numa extensão máxima de 60 m de tubagem.



C. Drenos

O dimensionamento dos drenos é semelhante ao cálculo efectuado para as valetas. Assim, para a determinação da capacidade de transporte dos drenos, para um escoamento em superfície livre, admitiu-se o uso de toda a secção para o caudal de ponta proveniente da precipitação.

Tal como nas valetas, esta simulação corresponde a uma situação muito penalizante para a avaliação da capacidade de transporte dos drenos, uma vez que o valor da inclinação longitudinal utilizado é bastante baixo.

Os geotêxteis a aplicar nos órgãos de drenagem, deverão ser do tipo não tecido (agulhado), ser imputrescíveis, insensíveis à acção de ácidos ou bases, inatacáveis por microorganismos, e devem ser acompanhados de certificados de origem, bem como dos resultados do controlo de fabrico.

Os geotêxteis devem apresentar as seguintes características mecânicas e de permeabilidade mínimas:

- Resistência à tracção (EN ISO 10319, 2005) ≥ 8 N/m
- Extensão máxima (EN ISO 10319, 2005) ≥ 40 %
- Resistência ao punçoamento (EN ISO 12236, 1996) ≥ 1.0 kN
- Porometria (O_{90}) (EN ISO 12956, 1999) ≤ 210 mm

A localização destes órgãos, bem como o sentido de escoamento, podem ser visualizados na planta e perfis transversais de Terraplenagem e Drenagem (**Desenhos Nº 5, 6, 7 e 8**).



3.5 CONCLUSÕES

Este capítulo põe em evidência conclusões importantes relativas às lacunas existentes nas infra-estruturas da estação de caminho de ferro de Casa Branca.

O estudo desenvolvido neste capítulo para a reabilitação da estação de Casa Branca, pretendeu não só apresentar soluções para o melhoramento da via férrea existente, mas também das restantes infra-estruturas, nomeadamente, das plataformas do cais, edifício da estação, vedações e passagem superior rodoviária, tendo para o efeito privilegiado o *state of the art* das práticas de projecto e de construção Portuguesas e Europeias.

Para corrigir tais lacunas, foram apontadas algumas soluções relativas à futura exploração das linhas existentes, nomeadamente a alteração do *layout* actual, face ao tipo e volume de tráfego (passageiros ou misto) que se verifica actualmente e se prospectiva para o futuro.

As alterações propostas neste estudo para a reabilitação da estação, iniciaram-se com a escolha dos materiais de via e verificação das propriedades geomecânicas dos solos de fundação. Nesse sentido, foram efectuados ensaios no terreno e diversos ensaios em laboratório, os quais permitiram aferir as suas propriedades.

Definidas as alterações, tornou-se necessário aferir todo o processo de execução, processo este, que será descrito no próximo capítulo.



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Civil

Reabilitação da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca – Linha do Alentejo

4 FASEAMENTO CONSTRUTIVO

O faseamento construtivo assume particular importância nas obras ferroviárias, designadamente nas situações onde, por questões operacionais é necessário assegurar a manutenção da exploração ferroviária.

No caso presente, e à semelhança da intervenção recentemente realizada para o troço entre Casa Branca e Évora, considerou-se que a intervenção será realizada considerando que não existe exploração ferroviária, num período mínimo de 6 meses.

Assim, nestas condições, (situação que não se verifica na maior parte das intervenções, onde, face aos curtos períodos de interdição disponíveis, é necessário recorrer à construção de traçados provisórios), o faseamento traduzir-se-á na identificação e interligação dos trabalhos associados às diversas especialidades envolvidas, designadamente:

- Levantamento da via existente;
- Demolições;
- Terraplenagem e Drenagem;
- Construção civil propriamente dita (Plataformas de passageiros e coberturas, Edifício de Passageiros, Passagem Superior Rodoviária);
- Assentamento de Via, incluindo a realização de todas as tarefas que lhe estão associadas.

Durante o período preconizado para a interdição da exploração ferroviária realizar-se-ão os trabalhos que tenham implicações directas com a mesma. Designadamente, tratamento da plataforma, drenagem, assentamento de via, electrificação e alteamento das plataformas. Os trabalhos a realizar fora do canal ferroviário, como por exemplo intervenções no edifício, colocação de vedações, etc, poderão ser executados fora do período considerado. No total estima-se em 8 meses o período da intervenção.



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Civil

ISEL

Reabilitação da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca – Linha do Alentejo



5 MEDIÇÕES E ESTIMATIVA ORÇAMENTAL

5.1 MEDIÇÕES

Embora não de forma exaustiva, com a informação disponível, procedeu-se à inventariação/quantificação dos trabalhos mais importantes por forma a permitir avaliar os custos da intervenção preconizada.

Quadro 5.1 - Mapa de Medições

| CÓDIGO | DESIGNAÇÃO DOS CAPÍTULOS | UNID. | QUANT. | P. Unit. (Euros) | Totais (Euros) |
|-----------|--|-------|----------|------------------|-----------------------|
| CAP | IDENTIFICAÇÃO DOS TRABALHOS | | | | |
| 1 | VIA FERREA | | | | |
| 1.1 | Levantamento de via em travessas de madeira | MLV | 5.958,7 | 28,30 € | 168.630,64 € |
| 1.2 | Levantamento de aparelho de mudança de via simples c/ tg ≥ 0,0728 | UN | 24,0 | 5.000,00 € | 120.000,00 € |
| 1.3 | Desguarnecimento manual em linhas existentes | | | | |
| 1.3.1 | Com depuração, para reaplicação na obra | MLV | 1.768,6 | 76,80 € | 135.828,48 € |
| 1.3.2 | Sem depuração, para transporte a vazadouro licenciado | MLV | 371,4 | 45,40 € | 16.861,56 € |
| 1.4 | Transporte de detritos, provenientes do desguarnecimento da via, para vazadouro licenciado para resíduos não perigosos | m3 | 400,0 | 30,00 € | 12.000,00 € |
| 1.5 | Assentamento de via | | | | |
| 1.5.1 | Com travessas de betão monobloco | MLV | 2.451,4 | 85,00 € | 208.365,99 € |
| 1.5.2 | Carril 60E1 nas duas filas | MLV | 2.451,4 | 50,80 € | 124.529,32 € |
| 1.5.3 | Assentamento de AMV simples com tg. 0,11, incluindo ataques de enchimento e soldaduras internas | UN | 5,0 | 12.500,00 € | 62.500,00 € |
| 1.6 | Execução de soldadura aluminotérmica para ligação de barras | UN | 46,0 | 390,00 € | 17.940,00 € |
| 1.7 | Regularização de tensões nas barras | MLV | 3.051,4 | 4,50 € | 13.731,14 € |
| 1.8 | Levantes (Ataques) de enchimento em via corrente | MLV | 9.805,5 | 6,00 € | 58.832,75 € |
| 1.9 | Ataque definitivo com regularização de balastro em via corrente | MLV | 2.451,4 | 9,60 € | 23.533,10 € |
| 1.10 | Ataque definitivo com regularização de balastro em AMV com tg 0,11 | UN | 5,0 | 3.150,00 € | 15.750,00 € |
| 1.11 | Esmerilagem de carris novos | MLV | 2.451,4 | 12,00 € | 29.416,38 € |
| 1.12 | Fornecimento, transporte e descarga de balastro | TON | 12.619,4 | 50,00 € | 630.968,28 € |
| 1.13 | Fornecimento e colocação de postes quilométricos | UN | 2,0 | 175,00 € | 350,00 € |
| 1.14 | Fornecimento e colocação de marcos hectométricos | UN | 26,0 | 80,00 € | 2.080,00 € |
| 2 | TERRAPLENAGEM E DRENAGEM | | | | |
| 2.1 | TERRAPLENAGEM | | | | |
| 2.1.1 | Escavação com recurso a meios mecânicos | M3 | 11.953,8 | 4,26 € | 50.923,19 € |
| 2.1.2 | Aterro | | | | 0,00 € |
| 2.1.2.1 | Camada de Sub-balastro | M3 | 3.824,1 | 30,00 € | 114.721,50 € |
| 2.1.2.2 | Camada de Coroamento | M3 | 5.608,6 | 26,00 € | 145.823,60 € |
| 2.2 | DRENAGEM | | | | |
| 2.2.1 | Passagens hidráulicas | M | 2,0 | 400,00 € | 800,00 € |
| 2.2.2 | Valetas de plataforma revestida a betão e dreno envolvido em geotextil | ML | 2.323,2 | 130,00 € | 302.016,00 € |
| 2.2.3 | Dreno de brita, incluindo geotextil | ML | 543,8 | 55,00 € | 29.909,00 € |
| 2.2.4 | Colectores em Betão Ø 0,40 | ML | 147,0 | 95,00 € | 13.965,00 € |
| 2.2.5 | Caixas de recepção, ligação ou derivação | | | | |
| 2.2.5.1 | Em valetas plataforma | UN | 8,0 | 450,00 € | 3.600,00 € |
| 2.2.5.2 | Caixas de visita/inspeção | UN | 39,0 | 750,00 € | 29.250,00 € |
| 2.2.6 | Limpeza de Passagens Hidráulicas | Vg | 1,0 | 6.000,00 € | 6.000,00 € |
| 3 | PLATAFORMAS DE PASSAGEIROS | | | | |
| 3.1 | Arquitetura | | | | |
| 3.1.1 | Trabalhos preparatórios: | | | | |
| 3.1.1.1 | Limpeza geral das zonas de implantação das estruturas, incluindo a remoção de mobiliário das plataformas | VG | 1,0 | 7.500,00 € | 7.500,00 € |
| 3.1.2 | Laje do Cais | | | | |
| 3.1.2.1 | Cofragens | M2 | 556,0 | 22,75 € | 12.649,00 € |
| 3.1.2.2 | Betões: | | | | |
| 3.1.2.2.1 | Betão tipo C30/37 para o cais de passageiros e interior do edifício da estação | M3 | 1.156,2 | 95,80 € | 110.763,96 € |
| 3.1.2.3 | Aços para betão armado: | | | | |
| 3.1.2.3.1 | A500NR | KG | 5.271,0 | 0,60 € | 3.162,60 € |
| 3.1.3 | Alteamento de caixas de visita existentes | Vg | 1,0 | 5.000,00 € | 5.000,00 € |
| 4 | PASSAGEM SUPERIOR DE PEÕES | | | | |
| 4.1 | Passagem com 12m de vão, 3 vãos de escadas, altura de 7,5m em relação ao plano de rolamentos | Vg | 1,0 | 200.000,00 € | 200.000,00 € |
| 5 | PASSAGEM SUPERIOR RODOVIÁRIA | | | | |
| 5.1 | Passagem com 21m de vão, gabarit de 6,5m e 7,00 de largura do tabuleiro | Vg | 1,0 | 600.000,00 € | 600.000,00 € |
| 5.2 | Restabelecimento Rodoviário associado à Passagem Superior | Vg | 1,0 | 220.000,00 € | 220.000,00 € |
| 6 | VEDAÇÕES | | | | |
| 6.1 | Vedação | M | 2.117,2 | 80,00 € | 190.548,00 € |
| 6.2 | Portões de viatura | UN | 5,0 | 2.500,00 € | 12.500,00 € |
| 6.3 | Portões de Homem | UN | 5,0 | 800,00 € | 4.000,00 € |
| | | | | TOTAL | 3.704.449,49 € |



Os critérios de medição adoptados para a realização dos trabalhos estão descritos no anexo II.

Aos preços das medições em cima descritos considera-se ainda a quantificação dos materiais de via, que se encontram discriminados no quadro 5.2:

Quadro 5.2 - Mapa de Materiais de Via

| | | | | |
|---|-----|-------|-------------|----------------------|
| AMVs – Tg 0.11 | Un | 5 | 115.000,00€ | 575.000,00€ |
| Carril | Ton | 294 | 550,00€ | 161.792,40€ |
| Travessas de betão Bi-bloco, incluindo fundações | Un | 4.086 | 65,00€ | 265.568,33€ |
| | | | Soma | 1.002.360,73€ |

5.2 ESTIMATIVA ORÇAMENTAL

De acordo com os valores contabilizados no Mapa de Medições em conjunto com o somatório dos preços para os materiais de via preconizados, estima-se que o valor para a concretização da Reabilitação do Caminho de Ferro da Estação de Casa Branca, seja de **4.706.810,22€**.



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Civil

Reabilitação da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca – Linha do Alentejo

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o presente estudo pretendeu-se preparar a estação de Casa Branca para a prática de velocidades de 140 Km/h e contribuir para o melhoramento do *layout* das linhas existentes. Para tal, procurou-se entender as carências da Linha do Alentejo, particularmente pela dinâmica que esta infra-estrutura poderá transportar para esta região e também pelo efeito positivo na economia do nosso País.

A reabilitação da via quis introduzir melhorias ao nível dos elementos constituintes da infra-estrutura da via existente, face ao avançado estado de deterioração em que estes se encontram. Neste âmbito, verificou-se que a infra-estrutura actual apresenta vários pontos críticos ao nível da fundação da via, drenagem e configuração do *layout* actual, que foram abordados ao longo deste trabalho. Procurou-se assim, sempre que possível, integrar soluções adequadas, dando preferência aos novos materiais, equipamentos e técnicas disponíveis, tendo como objectivo a definição de uma solução adequada, garantindo um nível de serviço idêntico ao praticado actualmente nas estações de referência.

Do estudo efectuado às vias, concluiu-se o seguinte:

- Necessidade de remoção integral das linhas existentes e optimização do *layout* actual. Para tal, foram previstas três linhas, uma das quais directa em direcção a Évora (linha II), preparada para a prática de velocidades de 140 Km/h para comboios convencionais;
- Os solos de plataforma tipo QS2 são recomendáveis para plataformas da estação de Casa Branca, sendo necessária a execução de uma nova camada de sub-balastro e balastro nas novas linhas projectadas;
- De forma a assegurar a altura necessária para a colocação da nova camada de sub-balastro e balastro, preconizadas para a obtenção da capacidade de suporte e rigidez necessárias à passagem do material circulante, foi estabelecida uma nova cota da rasante para as linhas



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA Departamento de Engenharia Civil

Reabilitação da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca – Linha do Alentejo

prevista no futuro *layout*. Consequentemente, foi reposicionada a cota do pavimento do cais de passageiros e do edifício da estação, de forma a acompanhar a nova cota do plano de rolamento;

- Face às observações efectuadas pode concluir-se que a degradação da plataforma tenha resultado de deficiência na drenagem existente. Assim, e de acordo com referido anteriormente, procedeu-se à execução de uma nova drenagem longitudinal às linhas, nomeadamente, à execução de um conjunto de órgãos de drenagem compostos por drenos de brita, valetas de plataforma revestidas a betão e dreno, colectores de betão e respectivas caixas de ligação e de visita;
- Supressão das várias passagens pedonais existentes, face ao mau estado de conservação em que se encontram, e construção de uma passagem pedonal superior tendo como objectivo assegurar um maior nível de conforto e melhorar condições de segurança da estação.
- Construção de uma nova Passagem Superior Rodoviária no lado poente da Estação, para substituição da actual, em função desta não possuir um gabarit que permita a instalação da catenária.

Conclui-se também, que para a sustentabilidade da estação de caminho de ferro de Casa Branca, é fundamental o investimento na reabilitação da via ferroviária existente. Para tal, deverão ser organizadas e estruturadas atempadamente, as intervenções preconizadas neste estudo com vista a garantir o bom estado de funcionamento dos equipamentos e instalações, garantindo assim, um nível de serviço com fiabilidade, segurança, custos adequados e preservação do meio ambiente .



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Civil

Reabilitação da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca – Linha do Alentejo

7 BIBLIOGRAFIA

AASHTO. “Guide for design of pavement structures”, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., United States, (2001).

Alias, Jean. “La Voie Ferrée”, “Techniques de Constrution et D’Entretien”, 2ª edição, Eyrolles, (1984).

ASTM D 2487-98. “Unfiel Soil Classificaton” American Society for Testing and Materials, (1998).

Cruz, António Sequeira. “Elementos Constituintes da superestrutura da via – Engenharia de Infra-estruturas”, REFER E.P., (2001).

Decreto-Lei n.º 46/2008. “Estabelece o regime jurídico específico a que fica a gestão de resíduos resultantes de obras ou demolições de edifícios ou de derrocadas”, Diário da República, (2008).

ENV 13803-1. “Railway applications Track - Track alignment design parameters - Track gauges 1435 mm and wider”, Parte 1. (2002).

ENV 13803-2. “Railway applications Track - Track alignment design parameters. Track gauges 1435 mm and wider”, Parte 2. (2006).

Gil, A. e Fernandez, M. “ Track performance on new speed lines in Spain” Workshop Track for High-Speed Railways. Porto: FEUP, (2006).

NF P 11-300. “Exécution des terrassements” - Guide technique pour la réalisation des remblais et des couches de forme, (1992).



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Civil

Reabilitação da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca – Linha do Alentejo

NP 143. “Limites de consistência”, (1969).

NP EN 933-1. “Análise granulométrica, Método de peneiração”, (2000).

NP EN 933-8. “Determinação do teor de Finos, Ensaio do Equivalente de Areia”, (2002).

NP EN 933-9. “Determinação do teor de Finos, Ensaio do Azul de metileno”, (2002).

NP EN -1097-2. “Ensaio das propriedades mecânicas e físicas dos agregados”, Parte 2: Métodos para determinação da resistência à fragmentação - Los Angeles, (2002).

NP EN ISO 10319. “Geotêxteis - Ensaio de tracção em tiras largas”, 1ª Edição, (2005).

NP EN ISO 12236. “Geossintéticos Ensaio do punçoamento estático”, (2008).

NP EN ISO 12956. “Geotêxteis e produtos relacionados Determinação da dimensão característica da abertura”, (2006).

ORE. “Office de Recherches et d’Essais de l’ Union Internationale des Chemins de fer “, Question D117: Adaptation optimale de la voie classique au trafic de l’avenir. Abaques de comportement du système voie/fondation, Rapport n° 28, Utrecht, (1983).

Pinelo, António. “Caracterização de Plataformas Ferroviárias Antigas Visando a sua Reabilitação”, Departamento de Vias de Comunicação. LNEC. (2000).

Portaria n.º 209/2004. “Estabelece as regras a que fica sujeita a gestão de resíduos no território nacional”, (2004).

REFER E.P. “Variante entre a estação do pinheiro-km94”, Vol. 03 - Geologia e Geotecnia



-Tomo 01 – Plena Via, (2006^a).

REFER E.P. “Variante entre a estação do pinheiro-km94”, Vol. 04 - Via Ferrea, Memória descritiva e justificativa, (2006^b).

REFER E.P. “Variante entre a estação do pinheiro-km94”, Vol. 05 - Terraplenagem e Drenagem, Memória descritiva e justificativa, (2006^c).

REFER E.P. “Projecto de Modernização da Linha do Norte – Troço 3 – Sub-Troço 3.2 (Quintans-Ovar)”, Vol. 8 – Tratamento da Plataforma, Memória descritiva e justificativa, (2006^d).

REFER E.P. “Variante entre a estação do pinheiro-km94”, Vol. 09 – Obras de arte especiais Tomo 02 – Viaduto de Água Cova, Memória descritiva e justificativa, (2006^e).

REFER E.P. “Variante entre a estação do pinheiro-km94”, Vol. 12 - Vedações, (2006^f).

REFER E.P. “Modernização do troço de Bombel e Vidigal a Évora”, Vol. 4 – Terraplenagem e Drenagem, Tomo 5 – Estação de Casa Branca, Memória descritiva e justificativa, (2009).

Rives, Fernando Olivedos [et.al]. “Tratado de Ferrocarriles I - Via”, Editorial Rueda, (1977).

Sampedro, A. “Tratamento de solos com cimento. Exemplos”, TRATCICA2008. Porto: FEUP, (2008).

Silva, Ricardo Martins. “PTR 2501 - Ferrovias”, Departamento de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. (2004).



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Civil

ISEL

Reabilitação da Estação de Caminho de Ferro de Casa Branca – Linha do Alentejo

UIC Code 719-R. “Earthworks and track bed for railway lines – Recommendations for calculations”, 3ª edição, (2007).