

Comparação entre alternativas de traçado da EN5 na transposição da linha de caminho de ferro no Poceirão, incluindo medidas de segurança rodoviária

MIGUEL ÂNGELO FERNANDES CABRAL
(Licenciado em Tecnologias e Gestão Municipal)

Trabalho de Projeto para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, na Área de Especialização de Vias de Comunicação e Transportes

Orientadora:
Licenciada, Especialista Luísa Ferreira Cardoso Teles Fortes

Júri:
Presidente: Doutor Pedro Miguel Soares Raposeiro da Silva

Vogais:
Doutor Henrique Manuel Borges Miranda
Licenciada, Especialista Luísa Ferreira Cardoso Teles Fortes

Dezembro de 2024

Comparação entre alternativas de traçado da EN5 na transposição da linha de caminho de ferro no Poceirão, incluindo medidas de segurança rodoviária

MIGUEL ÂNGELO FERNANDES CABRAL
(Licenciado em Tecnologias e Gestão Municipal)

Trabalho de Projeto para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, na Área de Especialização de Vias de Comunicação e Transportes

Orientadora:
Licenciada, Especialista Luísa Ferreira Cardoso Teles Fortes (DEC/ISEL)

Júri:
Presidente: Doutor Pedro Miguel Soares Raposeiro da Silva (DEC/ISEL)
Vogais:
Doutor Henrique Manuel Borges Miranda (DEC ISEL)
Licenciada, Especialista Luísa Ferreira Cardoso Teles Fortes (DEC/ISEL)

Dezembro de 2024

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer à minha família, especialmente às minhas tias, à minha avó, ao meu tio e ao meu irmão por tudo o que fizeram para que tivesse sempre tudo para concluir com sucesso esta etapa.

Um enorme agradecimento à engenheira Luísa Teles Fortes e ao engenheiro Armando Martins pelo constante apoio e pela disponibilidade para me ajudar ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

À Matilde pela (muita) paciência, pelo carinho e pela ajuda nesta etapa da minha vida. E à sua família por me acolherem como mais um filho e darem sempre os melhores conselhos nas melhores alturas. Muito obrigado mesmo!

A todos os colegas na PROFICO que me ajudaram direta ou indiretamente. Em especial, ao engenheiro Rui Pereira pela partilha do seu conhecimento e por estar sempre disponível para esclarecer qualquer dúvida.

A todos os meus amigos por serem quem são, não os trocava por nada nem por ninguém! Ao Machado, à Mari, ao Rodrigo, à Inês, ao Diogo, à Bea e ao Duarte (ao quadrado) por serem pessoas incríveis e capazes de animar tudo à sua volta. À Serena, ao Rebelo, à Joana, ao Luís e à Rita, sempre animados e prontos a ajudar!

Aos colegas de muitas lutas, ao Bruno, ao Pina, ao Duarte, ao João e ao Diogo que permanecem sempre iguais (mesmo!). Nunca mudem por favor!

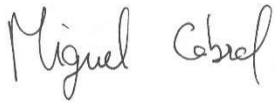
A todos os meus companheiros da arbitragem por me relembrarem constantemente das reais prioridades, pelo companheirismo e, acima de tudo, pela amizade. Em especial, ao Joel, ao Bogas, ao Zé, ao André e ao Pedro, para sempre o meu muito obrigado!

A todos, MUITO OBRIGADO!

Declaração de integridade

Declaro que este trabalho de projeto é o resultado da minha investigação pessoal e independente. O seu conteúdo é original e todas as fontes listadas nas referências bibliográficas foram consultadas e estão devidamente mencionadas no texto. Mais declaro que todas as referências científicas e técnicas relevantes para o desenvolvimento do trabalho estão devidamente citadas e constam das referências bibliográficas.

O autor



Lisboa, 30 de dezembro de 2024

RESUMO

As passagens de nível constituem zonas de cruzamento entre plataformas ferroviárias e rodoviárias, permitindo que o tráfego associado a estes modos de circulação se realize com caráter de continuidade. Contudo, este tipo de interseções apresenta problemas específicos que necessitam de uma análise profunda e de soluções eficientes para a sua supressão.

Um dos principais problemas identificados nestes locais relaciona-se com a segurança na circulação, tendo em conta a quantidade de acidentes verificados. Portugal tem vindo a apresentar um número significativo de mortes em acidentes nas passagens de nível, o que justifica a necessidade da sua progressiva eliminação.

O presente trabalho tem como principal objetivo analisar a futura supressão de uma passagem de nível na Linha do Alentejo, na zona do Poceirão, na interseção existente com a Estrada Nacional 5. Nesse sentido, a metodologia utilizada teve por base a avaliação da situação atual, a análise do projeto de desnivelamento existente e o estudo de alternativas.

Tendo em consideração que a solução preconizada no projeto realizado (Solução Base) apresenta vários condicionamentos que influenciam e limitam a geometria do traçado da Estrada Nacional 5, foram estudadas três alternativas de desnivelamento, com a finalidade de proporcionar melhores características geométricas à infraestrutura rodoviária. Duas destas alternativas foram desenvolvidas dentro do mesmo corredor da Solução Base, mas otimizando o traçado da Estrada Nacional, constituindo a terceira alternativa uma variante a esta estrada, contornando a localidade do Poceirão. Pretende-se, assim, selecionar a opção mais adequada para cruzamento desnivelado da linha de caminho de ferro, tendo sempre presente a componente da segurança rodoviária e o nível de serviço adequado.

Complementarmente e com a finalidade de tentar melhorar a segurança rodoviária da Solução Base, foi também estudada a implementação de algumas medidas adicionais de baixo custo, particularmente no âmbito dos equipamentos a utilizar, assim como da pavimentação e sinalização.

Finalmente, tendo em consideração os vários critérios utilizados no âmbito do projeto rodoviário, foi possível selecionar a solução que apresenta a melhor relação custo-benefício.

PALAVRAS-CHAVE

Passagens de Nível, Segurança Rodoviária, Traçado, Medidas de Baixo Custo

ABSTRACT

Level crossings are crossroads between railway and road platforms, allowing traffic associated with these modes of transport to be carried out continuously. However, this type of intersection presents specific problems that require in-depth analysis and efficient solutions for their removal.

One of the main problems identified at these locations relates to traffic safety, given the number of accidents that occur. Portugal has seen a significant number of deaths in accidents at level crossings, which justifies the need for their gradual elimination.

The main aim of this work is to analyse the future removal of a level crossing on the Alentejo Line, in the Poceirão area, at the existing intersection with National Road 5. To this end, the methodology used was based on an assessment of the current situation, an analysis of the existing levelling project and a study of alternatives.

Bearing in mind that the solution advocated in the project (base solution) has various constraints that influence and limit the geometry of the National Road 5 route, three unlevelling alternatives were studied to provide better geometric characteristics for the road infrastructure. Two of these alternatives were developed within the same corridor as the base solution, but optimising the route of the National Road, with the third alternative being a variant of this road, bypassing the town of Poceirão. The aim is thus to select the most suitable option for crossing the railway line at an uneven level, always bearing in mind the road safety component and the appropriate level of service.

In addition, to try and improve the road safety of the base solution, the implementation of some additional low-cost measures was also studied, particularly in terms of the equipment to be used, as well as paving and signalling.

Finally, considering the various criteria used in road design, it was possible to select the solution with the best cost-benefit ratio.

KEY WORDS

Level Crossings, Road Safety, Project, Low-Cost Measures

Índice

1 INTRODUÇÃO 1
1.1 ENQUADRAMENTO 1
1.2 MOTIVAÇÃO E OBJETIVOS DO TRABALHO 4
1.3 METODOLOGIA 5
1.4 ESTRUTURA 6
2 SITUAÇÃO EXISTENTE 9
2.1 PASSAGEM DE NÍVEL DO POCEIRÃO 10
2.2 ESTRADA NACIONAL 5 11
2.3 ESTRADA DO POCEIRÃO, CAMINHO MUNICIPAL 1034 E RUA ANTÓNIO MATIAS 23
3 SOLUÇÃO BASE 29
3.1 TRAÇADO GEOMÉTRICO 31
3.1.1 Traçado em Planta 32
3.1.2 Traçado em Perfil Longitudinal 36
3.1.3 Perfis Transversais Tipo 42
3.2 ANÁLISE CRÍTICA DA SOLUÇÃO BASE 44
4 ALTERNATIVAS DE TRAÇADO 47
4.1 ALTERNATIVA A 48
4.2 ALTERNATIVA B 54
4.3 ALTERNATIVA C 58
4.4 COMPARAÇÃO ENTRE ALTERNATIVAS 62
5 MEDIDAS ADICIONAIS DE SEGURANÇA RODOVIÁRIA 67
5.1 SINALIZAÇÃO PREVISTA NA SOLUÇÃO BASE 68
5.2 EQUIPAMENTOS DE SEGURANÇA PREVISTOS NA SOLUÇÃO BASE 71
5.3 RECOMENDAÇÕES 73
6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS 77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 81
ANEXOS 85

Índice de figuras

FIGURA 1.1 - N.º DE VÍTIMAS MORTAIS E FERIDOS GRAVES ENTRE 2018 E 2022 1
FIGURA 1.2 - LOCALIZAÇÃO DA EN5 E VIA-FÉRREA 3
FIGURA 2.1 - ARRUAMENTOS AFETADOS PELA SUPRESSÃO DA PN 9
FIGURA 2.2 - PASSAGEM DE NÍVEL DO POCEIRÃO 10
FIGURA 2.3 – PN DO POCEIRÃO (VISTA NORTE/SUL) 11
FIGURA 2.4 - PILARETE DE BETÃO A NORTE DA PN 11
FIGURA 2.5 - PLANTA DA SITUAÇÃO ATUAL 12
FIGURA 2.6 - EN5 AO KM 22+700, NA PROXIMIDADE DA ESTAÇÃO DO POCEIRÃO 13
FIGURA 2.7 – VALA EM TERRA DA EN5 CERCA DO KM 22+700 14
FIGURA 2.8 - CONSEQUÊNCIAS DA INEXISTÊNCIA DE DRENAGEM ADEQUADA NO ACESSO À ESTAÇÃO DO POCEIRÃO 14
FIGURA 2.9 - TRANSIÇÃO DO BETUMINOSO/CALÇADA NO ACESSO À ESTAÇÃO DO POCEIRÃO 15
FIGURA 2.10 - PRESENÇA DE ÁGUA NO ACESSO À ESTAÇÃO DO POCEIRÃO 15
FIGURA 2.11 - ÁRVORE NO LIMITE DA FAIXA DE RODAGEM DA EN5, CERCA DO KM 22+650 15
FIGURA 2.12 - POSTE DE LINHA AÉREA DE ENERGIA SITUADO CERCA DO KM 22+675 DA EN5 16
FIGURA 2.13 - SINAL DE PROIBIÇÃO DE EXCEDER A VELOCIDADE DE 30 KM/H AO KM 22+600, NA APROXIMAÇÃO À PN 16
FIGURA 2.14 - EN5 A SUL DA PN ENTRE O KM 22+725 E O KM 23+175 17
FIGURA 2.15 - PARAGEM DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PASSAGEIROS A JUSANTE DA PN, CERCA DO KM 22+725 18
FIGURA 2.16 - EN5 ENTRE O KM 22+725 E 23+175 - SUMIDOURO 18
FIGURA 2.17 - EN5 ENTRE O KM 22+725 E 23+175 - VALA EM TERRA 18
FIGURA 2.18 – SINAIS DE APROXIMAÇÃO DA PN AO KM 22+950 19
FIGURA 2.19 - ROTUNDA EXISTENTE NA EN5 AO KM 23+200 20
FIGURA 2.20 - POSTE DE ILUMINAÇÃO IMPLANTADO NO MEIO DO PASSEIO 20
FIGURA 2.21 - MURETE DA PH EXISTENTE NA EN5 AO KM 23+250 20
FIGURA 2.22 - POSTES DE REDES AÉREAS DE ENERGIA JUNTO DA EN5 20
FIGURA 2.23 - EN5 A JUSANTE DA ROTUNDA A PARTIR DO KM 23+250 21

FIGURA 2.24 - ESTRADA DO POCEIRÃO 23

FIGURA 2.25 - VALA EM TERRA COBERTA DE VEGETAÇÃO E PAVIMENTO COM VÁRIAS PATOLOGIAS 24

FIGURA 2.26 - MURO DA PH NA ESTRADA DO POCEIRÃO 24

FIGURA 2.27 - GRADEAMENTO EXISTENTE NO LADO NASCENTE DA PH NA ESTRADA DO POCEIRÃO 25

FIGURA 2.28 - GRADEAMENTO EXISTENTE NO LADO POENTE DA PH NA ESTRADA DO POCEIRÃO 25

FIGURA 2.29 - CAMINHO MUNICIPAL 1034 25

FIGURA 2.30 - SINAIS VERTICAIS INCORRETAMENTE DIRECIONADOS NO CM 1034 26

FIGURA 2.31 - RUA ANTÓNIO MATIAS 27

FIGURA 2.32 - PORMENOR DO PAVIMENTO DA RUA ANTÓNIO MATIAS 27

FIGURA 2.33 – EXEMPLO DE POSTE EXISTENTE NO LIMITE DA RUA ANTÓNIO MATIAS 27

FIGURA 3.1 - PLANTA CORRESPONDENTE À INTERVENÇÃO DA SOLUÇÃO BASE NA ZONA DO POCEIRÃO 30

FIGURA 3.2 – PARÂMETROS GEOMÉTRICOS DA DIRETRIZ DO REST. 1.1 (RUA ANTÓNIO MATIAS) 34

FIGURA 3.3 – PARÂMETROS GEOMÉTRICOS DA DIRETRIZ REST. 1, PASSAGEM DESNIVELADA DA EN5 35

FIGURA 3.4 – PERFIL LONGITUDINAL DO RESTABELECIMENTO 1.1 (RUA ANTÓNIO MATIAS) 39

FIGURA 3.5 - PERFIL LONGITUDINAL DO RESTABELECIMENTO 1 (PASSAGEM DESNIVELADA DA EN5) 41

FIGURA 3.6 - PERFIL TRANSVERSAL TIPO DA EN5 E CM 43

FIGURA 3.7 - PERFIL TRANSVERSAL TIPO DO CP 43

FIGURA 3.8 - ESTRUTURA DE PAVIMENTAÇÃO DA EN5 E CM 44

FIGURA 3.9 - ESTRUTURA DE PAVIMENTAÇÃO DOS CP 44

FIGURA 4.1 - PLANTA COM AS ALTERNATIVAS A, B E C 47

FIGURA 4.2 – PARÂMETROS GEOMÉTRICOS DA DIRETRIZ DA ALTERNATIVA A 49

FIGURA 4.3 – ENTRONCAMENTO COM A ATUAL EN5 AO KM 0+300 DA ALTERNATIVA A 50

FIGURA 4.4 - ENTRONCAMENTO COM A ATUAL EN5 AO KM 3+000 DA ALTERNATIVA A 50

FIGURA 4.5 – PERFIL LONGITUDINAL DA ALTERNATIVA A 53

FIGURA 4.6 – PARÂMETROS GEOMÉTRICOS DA DIRETRIZ DA ALTERNATIVA B 55

FIGURA 4.7 – PERFIL LONGITUDINAL DA ALTERNATIVA B 57

FIGURA 4.8 – PARÂMETROS GEOMÉTRICOS DA DIRETRIZ DA ALTERNATIVA C 59

FIGURA 4.9 –PERFIL LONGITUDINAL DA ALTERNATIVA C 61

FIGURA 5.1 - BANDAS CROMÁTICAS EM FAIXA UNIDIRECIONAL 69

FIGURA 5.2 - DELINEADORES EM FAIXAS BIDIRECIONAIS 70

FIGURA 5.3 - DELINEADORES APOIADOS NO SOLO E NA BARREIRA DE SEGURANÇA 71

FIGURA 5.4 - EM 603 (À ESQUERDA) E EM 539-2 (À DIREITA) 74

FIGURA 5.5 - BAIA DIRECIONAL SIMPLES 75

FIGURA 5.6 - COLOCAÇÃO EM SUCESSÃO MÚLTIPLA DE BAIAS DIRECIONAIS EM CURVA 76

Índice de quadros

QUADRO 3.1 - VELOCIDADE BASE E DE TRÁFEGO POR RESTABELECIMENTO 32

QUADRO 3.2 - VALORES LIMITE PARA TRAÇADO EM PLANTA 33

QUADRO 3.3 - RAIOS MÍNIMOS DAS CONCORDÂNCIAS VERTICAIS 37

QUADRO 3.4 - DESENVOLVIMENTOS MÍNIMOS DAS CONCORDÂNCIAS VERTICAIS 37

QUADRO 3.5 - VALORES DOS RAIOS DAS CURVAS CIRCULARES E PARÂMETRO DA CLOTÓIDE (A) 44

QUADRO 3.6 - VALORES MÍNIMOS E MÁXIMOS DOS RAIOS VERTICAIS E DA INCLINAÇÃO 45

QUADRO 4.1 - COMPARAÇÃO ENTRE SOLUÇÕES ALTERNATIVAS 63

QUADRO 4.2 - COMPARAÇÃO ENTRE CUSTOS DAS SOLUÇÕES ALTERNATIVAS 65

QUADRO 5.1 - VANTAGENS E INCONVENIENTES DA UTILIZAÇÃO DAS BANDAS CROMÁTICAS 70

QUADRO 5.2 - VANTAGENS E INCONVENIENTES DA UTILIZAÇÃO DOS DELINEADORES 71

QUADRO 5.3 - VANTAGENS E INCONVENIENTES DA UTILIZAÇÃO DE BARREIRAS DE SEGURANÇA 72

QUADRO 5.4 - VANTAGENS E INCONVENIENTES DA UTILIZAÇÃO DE REVESTIMENTOS ANTIDERRAPANTES 74

QUADRO 5.5 - VANTAGENS E INCONVENIENTES DA UTILIZAÇÃO DE BAIAS DIRECIONAIS 76

Lista de siglas e abreviaturas

A → Parâmetro da Clotóide

A2 → Autoestrada do Sul

A33 → Autoestrada do Baixo Tejo

AAFR → Área Adjacente à Faixa de Rodagem

ABGE → Agregado Britado de Granulometria Extensa

AC → Asphalt Concrete

CM → Caminho Municipal

CP → Caminho Paralelo

DN → Diário de Notícias

EM → Estrada Municipal

EN → Estrada Nacional

EP → Estradas de Portugal

IC1 → Itinerário Complementar 1

IMT → Instituto da Mobilidade e dos Transportes IP

IP → Infraestruturas de Portugal

Largura Útil W4 – Largura Útil da Barreira de Segurança

Nível de Gravidade A → Gravidade do Embate da Barreira de Segurança

Nível de retenção H2 → Nível Elevado de Retenção da Barreira de Segurança

Nível de retenção N2 – Nível Normal de Retenção da Barreira de Segurança

OA → Obra de Arte

PH → Passagem Hidráulica

PN → Passagem de Nível

PNI2030 → Programa Nacional de Investimentos 2030

PRN → Plano Rodoviário Nacional

PSP → Passagem Superior Pedonal

PSR → Passagem Superior Rodoviária

PSV → Valor do Polimento Acelerado

RA → Raio Mínimo Absoluto

REFER → Rede Ferroviária Nacional, EP

RFN → Rede Ferroviária Nacional

RN → Raio Mínimo Normal

Setas J2 → Setas de Direção

Sinal A26 → Perigo de Passagem de Nível com Guarda

Sinal B9a → Entroncamento com Estrada Sem Prioridade

Sinal C13 → Proibição de Exceder a Velocidade Máxima Definida

Sinal C14a → Proibição de Ultrapassagem

Sinal C20c → Fim de Proibição de Ultrapassagem

Sinal D3a → Obrigação de Contornar a Placa ou Obstáculo

Sinal I9c → Passagem de Nível a 100 metros

Sinal O7 → Baliza de Posição

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

As Passagens de Nível (PN) constituem um grave problema para a segurança rodoviária e ferroviária, sendo uma das principais causas da sinistralidade. Na Figura 1.1, para o período compreendido entre os anos 2018 e 2022, são apresentados alguns indicadores, nomeadamente o total de vítimas mortais e o número de feridos graves em PN, resultantes dos acidentes com vítimas (mortos / feridos) registados na Rede Ferroviária Nacional (RFN).

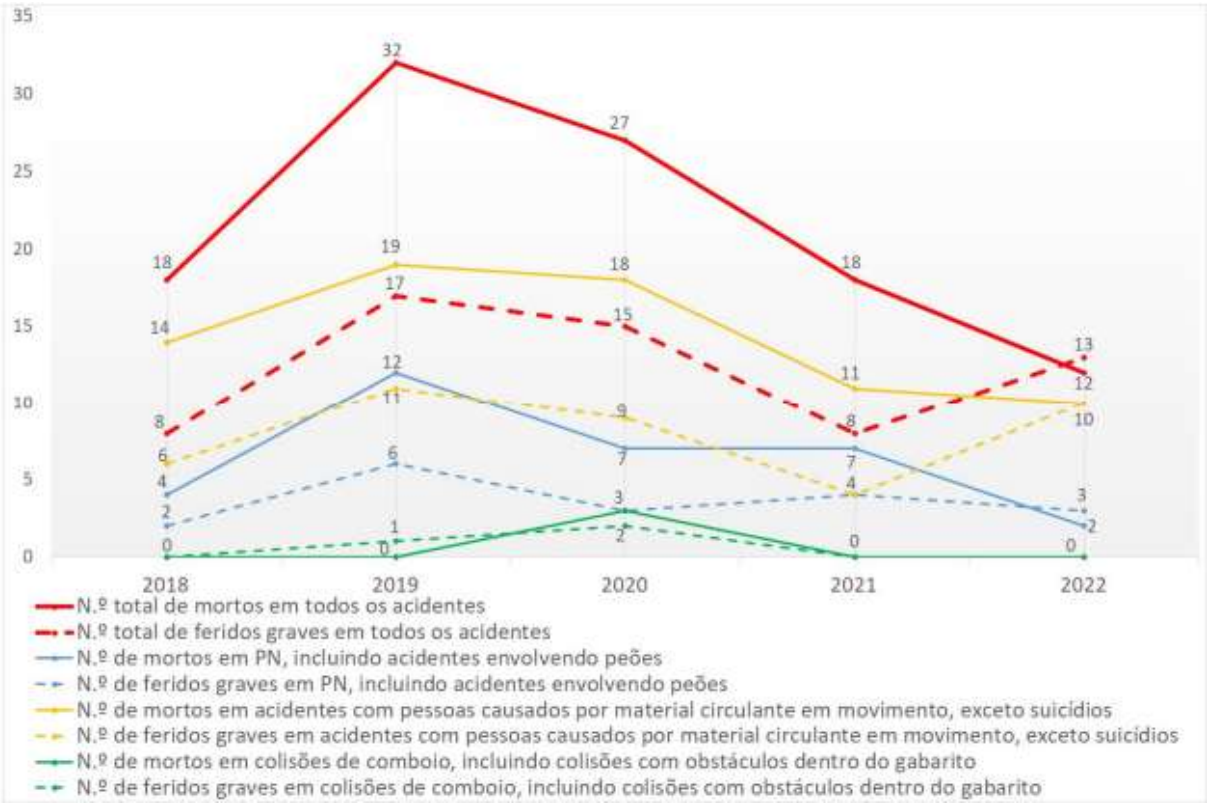


Figura 1.1 - N.º de vítimas mortais e feridos graves entre 2018 e 2022 (IMT, 2022)

Através da observação da Figura 1.1, verifica-se que o número de vítimas mortais e feridos graves nas PN tem vindo a descer nos últimos anos, mas que ainda está longe de ser inexistente.

Na realidade, a eliminação de passagens de nível tem vindo a decrescer desde 2012, sendo que "*em Portugal só foram eliminadas 43 passagens de nível entre 2013 e 2019*" (Cunha, 2021), tendência esta que tem sido mantida nos anos mais recentes. "*No final de 2022 existiam 820 PN na RFN*." (IMT, 2022) e, tendo em conta que em 2019 ainda existiam 834 PN (IMT, 2019), conclui-se que nos últimos quatro anos foram eliminadas apenas 14 PN.

Apesar da demora na supressão destes locais perigosos, a legislação encontra-se definida desde 1999 através do Decreto-Lei n.º 568/99 (1999), entretanto alterado pelo Decreto-Lei n.º 24/2005 (2005) e pelo Decreto-Lei n.º 77/2008 (2008). Nestes documentos legislativos estão definidas as medidas a aplicar nestes locais, particularmente:

- "*O atravessamento de linhas férreas por novas vias de comunicação é sempre realizado de forma desnivelada, sendo proibido o estabelecimento de novas passagens de nível*" (Id., 1999)
- "*[a IP e as autarquias locais] deverão elaborar programas plurianuais de supressão de PN através da construção de passagens desniveladas […] que se encontrem nas condições seguintes:*"
    - "*a) Tenham registado dois ou mais acidentes nos últimos cinco anos;*"
    - "*b) Se situem em troços onde se possam estabelecer circulações ferroviárias a velocidades superiores a 140 km/hora;*" (Id., 1999)

Desta forma, a supressão da PN de Poceirão baseia-se no estipulado pelo Decreto-Lei anteriormente mencionado, nomeadamente no que concerne à velocidade de circulação ferroviária, uma vez que o projeto de supressão consiste na posterior implementação de alta velocidade no troço Poceirão-Bombel.

De acordo com os dados recolhidos no Instituto da Mobilidade e Transportes (IMT) constata-se que, no ano de 2022, existiram 75 acidentes na Rede Ferroviária Nacional, sendo que seis envolvem PN. Ainda assim, este número reduziu substancialmente, cerca de 40%, face a 2021 (10 acidentes) (Id., 2022) e encontra-se abaixo das médias dos últimos 5 e 10 anos, com 9,8 e 9,1 acidentes, respetivamente.

Infelizmente, a PN do Poceirão também faz parte dessa estatística, nomeadamente nos anos de 2010 e 2021, em que se registaram acidentes graves. Em 2010, verifica-se o registo de que "*se encontrava um corpo trucidado, na via*." (IMT, 2010) e, em 2021, "*Um homem ficou […] ferido com gravidade após ser atropelado à passagem de um comboio Intercidades perto da estação do Poceirão*" (DN, 2021).

Em consequência dos incidentes registados, constam no Relatório Anual de Segurança de 2022, elaborado pelo IMT, várias recomendações acerca da perigosidade deste local, como a que se transcreve em seguida: "*[a IP] deve analisar a possibilidade da alteração do traçado da EN5 na aproximação à PN*" (IMT, 2022). Conclui-se assim a importância da supressão desta PN e de casos semelhantes, ainda presentes na RFN.

O presente estudo, subjacente ao projeto "*Linha do Alentejo – Modernização e Duplicação do Troço Poceirão-Bombel*" que integra o Programa Nacional de Investimentos 2030 (PNI2030), no subsetor ferrovia da área temática de "*Transportes e Mobilidade*", procura contribuir para a redução da sinistralidade nesta área, dado que se centra no estudo de soluções, na vila do Poceirão, para concretizar o atravessamento desnivelado da linha ferroviária ali existente.

A atual PN encontra-se localizada no Distrito de Setúbal, Concelho de Palmela, União das Freguesias de Poceirão e Marateca, como ilustrado na Figura 1.2.

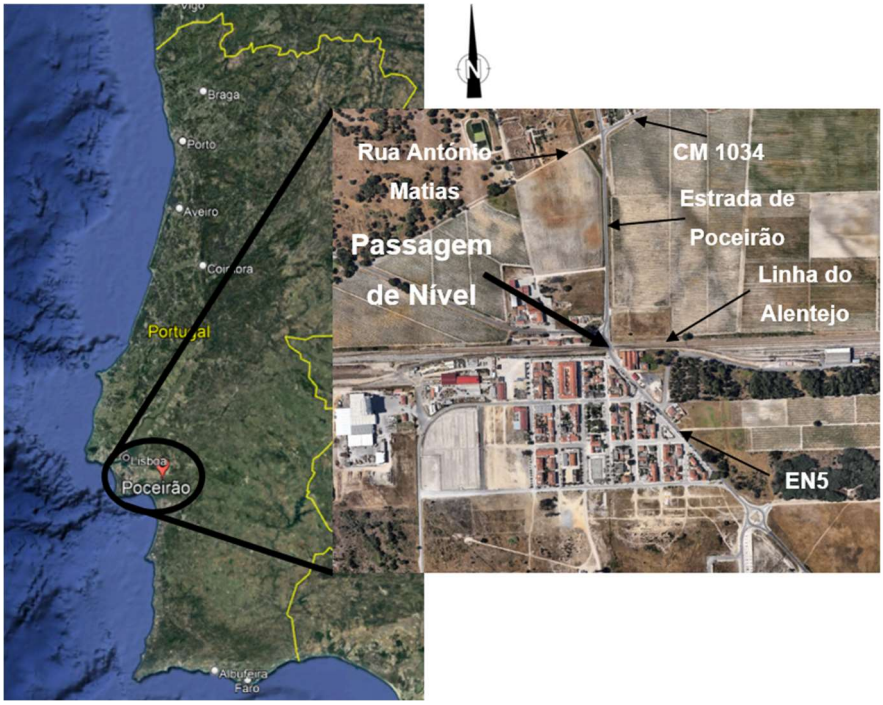


Figura 1.2 - Localização da EN5 e via-férrea (Google Earth, 2021)

1.2 Motivação e objetivos do trabalho

A gravidade dos acidentes e a sinistralidade verificada nas passagens de nível, constituíram a principal motivação para estudar esta temática, o que conduziu ao desenvolvimento do presente trabalho. Nesse sentido, destaca-se a importância dos projetos de desnivelamento das infraestruturas rodoviárias que cruzam a via-férrea, comumente designados como "restabelecimentos", os quais são fundamentais para a melhoria da segurança e a redução dos riscos associados a estas interseções.

Caso não exista a perceção da real importância desta matéria, aumenta o risco dos projetos não serem desenvolvidos com o cuidado e detalhe necessários, podendo originar soluções não otimizadas e inadequadas para cada caso específico. Nesta ótica, o presente trabalho servirá, também, como um alerta para a importância destas situações e para a necessidade de uma análise cuidadosa e rigorosa das diversas condicionantes existentes, quer do ponto de vista do traçado quer da sua envolvente (edificações, passagens hidráulicas, serviços, entre outros).

O projeto ferroviário no qual se insere a transposição da via-férrea em estudo tem como objetivo específico potenciar a competitividade do setor ferroviário a nível internacional no eixo Lisboa-Madrid e a nível regional entre as regiões do Alentejo e Lisboa e Vale do Tejo.

Nesse sentido, pretende-se melhorar a mobilidade de pessoas e bens e aumentar a velocidade comercial que permita a diminuição do tempo de viagem entre Lisboa e Madrid e na Ligação Lisboa-Évora.

Este trabalho foca-se, assim, no estudo de diversas alternativas para a transposição da via-férrea na zona do Poceirão, através das quais se pretende melhorar as características geométricas do traçado de uma Solução Base já desenvolvida para este desnivelamento, tornando o traçado mais seguro e cómodo para o utilizador.

Essas alternativas deverão considerar as restrições associadas à circulação ferroviária, nomeadamente no que concerne aos gabaritos verticais.

É igualmente importante analisar soluções que possam constituir alternativas à atual Estrada Nacional 5 (EN5) na zona do Poceirão, contornando a zona urbana e mantendo o nível de serviço adequado a uma infraestrutura que, como esta, integra o Plano Rodoviário Nacional (PRN).

Essas alternativas têm como objetivo específico a segregação do tráfego de caráter local do tráfego de médio e longo curso.

Se para uma Estrada Nacional é necessário um nível de serviço que corresponda a velocidades elevadas e tempos de percurso reduzidos, para a zona do Poceirão é necessário um arruamento que privilegie a função de acessibilidade, isto é, associado às atividades locais, apresentando um espaço-canal composto por outros elementos, tais como passeios e estacionamentos.

Deste modo, seguir-se-á a recomendação de "*construção de variantes ao centro das localidades, que visam retirar integralmente da povoação afetada o tráfego de atravessamento, com benefícios tanto para o nível de serviço associado a esses movimentos, como para a qualidade da vivência urbana.*" (IMT, 2020).

Assim sendo, salientam-se como objetivos principais do presente estudo:

- Descrição da situação existente, incluindo levantamento de problemas detetados;
- Identificação dos elementos geométricos no traçado da Solução Base que não cumprem as recomendações estabelecidas nas Normas de Traçado;
- Elaboração de alternativas ao traçado da Solução Base para a transposição da linha de caminho de ferro e identificação da solução mais adequada;
- Identificação das medidas segurança rodoviária previstas na Solução Base e definição de outras passíveis de serem aplicadas.

1.3 Metodologia

Para atingir os objetivos propostos, foi definida a seguinte metodologia de trabalho de modo a estabelecer os procedimentos que foram seguidos durante o desenvolvimento do Trabalho Final de Mestrado, e que pode ser sintetizada da seguinte forma:

- Visita ao local para caracterização da rede viária existente;
- Comparação dos elementos do traçado da Solução Base com os documentos normativos;
- Avaliação das condicionantes existentes no Poceirão para o estudo de alternativas de traçado;
- Estudo de alternativas de traçado, assim como a respetiva comparação com a Solução Base;

- Pesquisa e análise de medidas adicionais de segurança rodoviária a aplicar na Solução Base, tendo por base situações similares.

1.4 Estrutura

O Trabalho Final de Mestrado encontra-se dividido em seis capítulos, cujos conteúdos se descrevem resumidamente:

- Capítulo 1 – Introdução
  É apresentado o enquadramento, a motivação para o estudo e objetivos do trabalho, assim como a metodologia adotada e a estrutura do presente documento.
- Capítulo 2 – Situação Existente
  Procede-se à caracterização da rede viária existente na localidade do Poceirão, inventariando as principais características que lhe estão associadas, incluindo a PN existente e situações pontuais que constituem problemas relativamente à circulação rodoviária e pedonal.
- Capítulo 3 – Solução Base
  É feita uma análise ao traçado desenvolvido no âmbito da Solução Base projetada. A referida análise envolve as componentes planimétrica, altimétrica e transversal, procedendo-se igualmente à sua verificação com o estipulado nas Normas de Traçado.
- Capítulo 4 – Alternativas de Traçado
  Neste capítulo são apresentadas três alternativas de traçado (A, B e C), sendo que a alternativa A consiste numa variante da EN5 sem o atravessamento do centro da localidade de Poceirão (envolvendo complementarmente a necessidade de criação de arruamentos para acesso local), enquanto as Alternativas B e C se desenvolvem no corredor da Solução Base, melhorando as características geométricas. No final, são comparadas as soluções estudadas e identificadas as vantagens e desvantagens de cada uma.

- Capítulo 5 – Medidas Adicionais de Segurança Rodoviária
  São propostas e justificadas algumas medidas adicionais de segurança rodoviária de possível implementação na Solução Base, com o objetivo de melhorar as condições de circulação sem alterar as características geométricas do traçado.
- Capítulo 6 – Conclusões e Trabalhos Futuros
  São apresentadas as conclusões do trabalho realizado e referidos os trabalhos futuros.

2 SITUAÇÃO EXISTENTE

As visitas ao local são uma etapa fundamental no desenvolvimento de projetos rodoviários, pois permitem o reconhecimento de forma direta e detalhada das condições do terreno onde se prevê realizar a intervenção, sendo possível verificar também o contexto ambiental, social e urbanístico da zona em estudo.

No âmbito da caracterização da situação existente, foram consideradas as seguintes infraestruturas (Figura 2.1), que são diretamente interferidas com o Projeto de Execução da Solução Base:

- Passagem de Nível do Poceirão;
- Estrada Nacional 5;
- Estrada do Poceirão, Caminho Municipal 1034 e Rua António Matias.

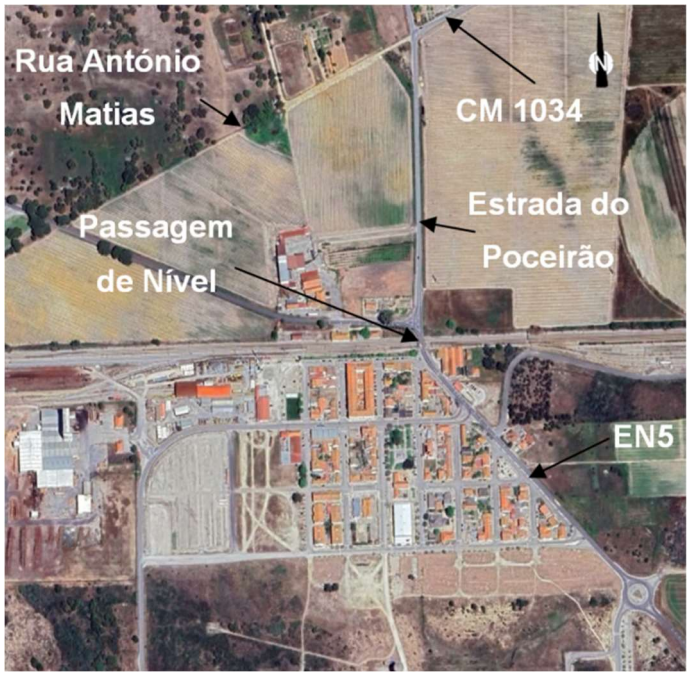


Figura 2.1 - Arruamentos afetados pela supressão da PN (Google Earth, 2023)

Nesse sentido, no dia 9 de julho de 2024 foi efetuada uma visita à zona do Poceirão com o objetivo de recolher informações sobre as vias de comunicação afetadas pela supressão da passagem de nível.

2.1 Passagem de Nível do Poceirão

A passagem de nível do Poceirão localiza-se na extremidade nascente da estação daquela localidade, ao km 22+700 da EN5 e ao km 30+690 da Linha do Alentejo, numa zona de orografia plana, com a envolvente condicionada pela existência de edificações de ambos os lados da via-férrea, com especial ênfase do lado sul, conforme se pode observar na Figura 2.2.



Figura 2.2 - Passagem de Nível do Poceirão (Google Earth, 2023)

Esta passagem de nível pode ser observada em mais detalhe a partir da Figura 2.3 e caracteriza-se por:

- Uma faixa de rodagem com uma via de circulação em cada sentido;
- Três linhas de caminho de ferro: a via ascendente e a via descendente da Linha do Alentejo, bem como uma via de acesso às oficinas;
- Ser dotada de equipamentos de proteção ativa, isto é, considera-se uma PN automatizada devido à presença de sinalização luminosa e sonora, bem como barreiras acionadas automaticamente pela passagem do comboio;
- Não possuir local definido para a travessia de peões, fazendo-o de forma partilhada com os veículos automóveis, realizando-se este atravessamento pelo lado direito da plataforma da EN5 (tendo em conta a quilometragem crescente);
- Existência, a Norte, de um pilarete de betão armado nas proximidades da faixa de rodagem (Figura 2.4), que provavelmente seria a extremidade de um antigo portão;
- Permitir o acesso pedonal (não autorizado) à extremidade das plataformas da estação do Poceirão que, apesar de dotadas de barreiras para evitar tais movimentos, são fáceis de contornar.



Figura 2.3 – PN do Poceirão (Vista Norte/Sul)



Figura 2.4 - Pilarete de Betão a Norte da PN

No que diz respeito ao tráfego rodoviário, conforme mencionado anteriormente, mesmo que a passagem de nível esteja equipada com barreiras automáticas, o risco de ocorrer graves acidentes com a circulação de comboios é muito elevado, devido a invasões e atravessamentos da linha indevidos.

Em relação à circulação pedonal, a inexistência de uma área adequada para a travessia de peões, obrigando-os a compartilhar a via de circulação rodoviária para atravessar de um lado ao outro da localidade do Poceirão, representa um enorme perigo, especialmente considerando que se trata de uma zona maioritariamente rural, com uma significativa presença de pessoas idosas.

Em suma, pode-se concluir que a PN do Poceirão apresenta características perigosas, tanto para a circulação automóvel quanto para a circulação pedonal.

Como tal, é fundamental a eliminação deste ponto de conflito rodoviário/ferroviário/pedonal, sob pena de, não se minimizando os riscos neste local, se contribuir para o aumento das vítimas nas estatísticas dos acidentes na Rede Ferroviária Nacional.

2.2 Estrada Nacional 5

A Estrada Nacional 5, situada no distrito de Setúbal, foi criada no âmbito do Plano Rodoviário Nacional de 1945, ligando as localidades do Montijo e do Torrão, com uma extensão de aproximadamente 87 quilómetros.

Trata-se de uma via de comunicação relevante em termos regionais, pois possibilita a ligação entre Poceirão e as localidades vizinhas, bem como a conexão com importantes estradas e autoestradas, nomeadamente a A2 Autoestrada do Sul, o IC1 Itinerário Complementar do Litoral e a A33 Autoestrada do Baixo Tejo.

A EN 5, ao longo de toda a extensão em análise (entre o km 22+400 e o km 23+400), caracteriza-se, em termos gerais, pela existência de:

- Uma faixa de rodagem com duas vias, uma em cada sentido (1x2 vias);
- Inexistência de bermas pavimentadas;
- Pavimento flexível, não tendo sido identificadas patologias através da observação visual.

Através dos marcos quilométricos e hectométricos existentes no terreno foi possível reconstruir uma diretriz aproximada da EN5 nesta zona e elaborar uma peça desenhada (TFM.MC.002.00), anexa ao presente documento, sendo que na Figura 2.5 é apresentado um extrato da mesma.



Figura 2.5 - Planta da Situação Atual

Para uma melhor compreensão da situação atual, procede-se em seguida a uma descrição mais pormenorizada deste troço da EN5, tendo sido consideradas quatro secções fruto de alguma homogeneidade verificada:

- Secção A – km 22+400 ao km 22+700;

- Secção B - km 22+700 ao km 23+175;
- Secção C - km 23+175 ao Km 23+250;
- Secção D - km 23+250 e o km 23+400.

Secção A - km 22+400 ao km 22+700

Esta secção caracteriza-se por se encontrar num ambiente semiurbano, com edificações em ambos os lados da faixa de rodagem, destacando-se a estação ferroviária do Poceirão, localizada ao quilómetro 22+575, conforme ilustrado na Figura 2.6.

Em termos geométricos desenvolve-se através de um alinhamento reto com cerca de 250 m, até cerca do km 22+650, seguindo-se uma curva circular, a montante da PN, com um pequeno raio, de aproximadamente 30 metros.



Figura 2.6 - EN5 ao km 22+700, na proximidade da Estação do Poceirão

Não existem passagens para peões, o que origina graves problemas de segurança, especialmente na zona da curva circular, cuja visibilidade é limitada, tendo em conta o tráfego pedonal que transita na PN e que, possivelmente, atravessa a estrada naquela zona, potenciando o risco de acidentes.

Relativamente à drenagem, observa-se que, embora a via possua uma inclinação transversal próxima do habitualmente utilizado neste tipo de estradas, com as vias inclinadas para o exterior do eixo da faixa de rodagem, com valores compreendidos entre 2,0% e 2,5%, constata-se a existência de apenas um dispositivo de drenagem localizado no lado esquerdo da plataforma (Figura 2.6).

Esse dispositivo consiste numa vala triangular em terra, no entanto, encontra-se coberta por vegetação e lixo, o que compromete a sua capacidade de funcionamento, conforme se pode observar na Figura 2.7.



Figura 2.7 – Vala em terra da EN5 cerca do km 22+700

Embora exista uma vala ao longo da via, esse dispositivo não está presente nas imediações da entrada da estação do Poceirão, o que resulta na acumulação indesejada de água, em condições meteorológicas adversas.

Conforme ilustrado na Figura 2.8, é possível observar uma grande área com deficiente drenagem, com acumulação de água junto à via, o que pode comprometer a integridade do pavimento e impossibilitando o fácil acesso à estação, causando considerável transtorno aos seus utilizadores.



Figura 2.8 - Consequências da inexistência de drenagem adequada no acesso à Estação do Poceirão (Google Earth, 2019)

Durante a visita técnica ao local, observou-se que o pavimento do acesso à Estação do Poceirão, fora da EN5, se encontrava danificado devido à presença de água junto à via, como se pode visualizar através da Figura 2.9 e da Figura 2.10.



Figura 2.9 - Transição do betuminoso/calçada no acesso à Estação do Poceirão



Figura 2.10 - Presença de água no acesso à Estação do Poceirão

No que se refere à circulação rodoviária, identificou-se um obstáculo perigoso, resultante da presença de uma árvore de grande porte, visível através da Figura 2.11, localizada junto à faixa de rodagem, cerca do km 22+650.



Figura 2.11 - Árvore no limite da faixa de rodagem da EN5, cerca do km 22+650

Ao km 22+675 está situado o entroncamento com a Estrada do Poceirão, verificando-se que a EN5 nesta zona apresenta vários postes associados a linhas aéreas de energia, dispostos lateralmente na via, sem qualquer tipo de proteção, constituindo assim um perigo para a circulação, como é possível observar-se na Figura 2.12.



Figura 2.12 - Poste de Linha Aérea de Energia situado cerca do km 22+675 da EN5

Destaca-se, ainda, a presença de uma curva circular, situada aproximadamente entre o km 22+675 e o km 22+700, que, devido ao seu reduzido raio, cerca de 30 metros, constitui uma zona singular do traçado, apresentando características que prejudicam a circulação e a segurança rodoviária.

Devido à presença dos obstáculos mencionados anteriormente e em particular à curva perigosa do traçado em planta, é necessário limitar a velocidade máxima permitida. Esta restrição é transmitida aos condutores por meio do sinal C13 (Decreto Regulamentar n.º 6/2019, 2019) de proibição de exceder a velocidade máxima de 30 km/h, situado aproximadamente ao km 22+600 (Figura 2.13).



Figura 2.13 - Sinal de proibição de exceder a velocidade de 30 Km/h ao km 22+600, na aproximação à PN

É importante destacar que, apesar da aproximação a uma passagem de nível a 100 metros ser sinalizada para os condutores, através do Sinal I9c (Id., 2019), este não é acompanhado pelo Sinal A26 de passagem de nível com guarda, como evidenciado na Figura 2.13.

No entroncamento com a Estrada do Poceirão, cerca do km 22+675, constata-se a existência de setas de direção com o intuito de orientar os condutores dos possíveis destinos, contudo não existe o sinal B9a de entroncamento com estrada sem prioridade.

Secção B - km 22+700 ao km 23+175

Esta secção caracteriza-se geometricamente por se iniciar a jusante da PN com uma curva circular com cerca de 75 metros de raio, entre o km 22+700 e o km 22+750, seguida de um alinhamento reto com cerca de 425 metros de extensão.

O perfil transversal é distinto da secção anterior, pois apresenta talude do lado esquerdo e passeio do lado direito (Figura 2.14), onde se verificam diversos obstáculos à circulação pedonal, nomeadamente postes de iluminação e árvores, o que sugere que seja utilizado apenas como separador e a circulação pedonal seja realizada próxima ao edificado. É também possível observar o marco quilométrico correspondente ao km 23+000, no entanto, tal objeto já se encontra deteriorado, não apresentando o quilómetro em questão.



Figura 2.14 - EN5 a Sul da PN entre o km 22+725 e o km 23+175

Imediatamente a jusante da PN, é possível observar uma paragem de transporte público de passageiros (Figura 2.15), que será naturalmente alterada pela supressão da passagem de nível deste local. Assim, ressalva-se a importância de ser realizado um estudo pelas operadoras dos referidos transportes para o necessário restabelecimento, considerando o novo traçado da EN5.



Figura 2.15 - Paragem de Transporte Público de Passageiros a jusante da PN, cerca do km 22+725

No que se refere à drenagem, a área apresenta duas tipologias distintas: no lado do passeio, são encontrados sumidouros próximos aos lancis para a coleta da água da via (Figura 2.16), enquanto no lado oposto, a recolha das águas pluviais é efetuada por meio de uma vala em terra (Figura 2.17), verificando-se que este último dispositivo de drenagem está coberto de terra vegetal, o que compromete o seu funcionamento adequado.



Figura 2.16 - EN5 entre o Km 22+725 e 23+175 - Sumidouro



Figura 2.17 - EN5 entre o Km 22+725 e 23+175 - Vala em Terra

Finalmente, para garantir a sinalização adequada da passagem de nível existente, verifica-se que a combinação do sinal de perigo de passagem de nível com guarda e do sinal de aproximação à passagem de nível (A26 e I9a) está corretamente posicionada a aproximadamente 300 metros da mesma, cerca do km 22+950 (Figura 2.18).



Figura 2.18 – Sinais de aproximação da PN ao km 22+950

Secção C - km 23+175 ao Km 23+250

Esta secção caracteriza-se pela existência de uma interseção giratória (Figura 2.19), que articula a EN5 com acessos locais e que se caracteriza pelos seguintes elementos:

- Plataforma com duas vias de circulação;
- Uma ilha central materializada, não galgável, preenchida com material britado;
- Raio interior de aproximadamente 15 m;
- Raio exterior de aproximadamente 24 m;
- A geometria do anel de circulação parece não constituir constrangimentos aos veículos pesados que nela circulam;
- Pavimento flexível em bom estado de conservação, sem qualquer tipo de patologia observável visualmente.

Em torno de toda a interseção giratória, é possível observar a presença de um passeio em mau estado de conservação, coberto por vegetação, e onde se verifica a existência de postes de iluminação, frequentemente situados no meio do referido passeio (Figura 2.20). Esta situação reduz a sua largura útil, o que causa constrangimentos na circulação pedonal dos utilizadores.



Figura 2.19 - Rotunda existente na EN5 ao km 23+200



Figura 2.20 - Poste de Iluminação implantado no meio do passeio

Ao km 23+250, na proximidade da rotunda, encontra-se uma Passagem Hidráulica (PH) destinada a garantir o restabelecimento da linha de água sob a faixa de rodagem da EN5 (Figura 2.21).

Geralmente, este tipo de estruturas está associado à construção de um murete, na zona adjacente à faixa de rodagem da estrada, o qual pode frequentemente representar um obstáculo e constituir um perigo à circulação rodoviária, como é o que acontece no caso em estudo. Além disso, observa-se a presença de postes de suporte das redes aéreas de energia (Figura 2.22) situados muito próximos da via.



Figura 2.21 - Murete da PH existente na EN5 ao km 23+250



Figura 2.22 - Postes de redes aéreas de energia junto da EN5

Secção D - km 23+250 ao km 23+400)

Nesta secção a EN5 apresenta um perfil transversal previamente com uma faixa de rodagem de 1x2 vias, sem bermas pavimentadas e sem qualquer tipo de órgãos de drenagem longitudinal à via conforme ilustrado na Figura 2.23.

Em termos do traçado em planta, este troço é constituído por um alinhamento reto até ao km 23+400, seguido de uma curva circular com cerca de 1000 m de raio.



Figura 2.23 - EN5 a jusante da rotunda a partir do km 23+250

Salienta-se igualmente a presença de sinais de proibição de ultrapassagem (C14a) e de fim da proibição de ultrapassagem (C20c) na aproximação à rotunda existente e à própria passagem de nível existente na proximidade.

Em resumo, para este troço da EN5 é possível concluir os seguintes aspetos:

- Na sua generalidade, a Estrada Nacional 5 apresenta um traçado linear com alinhamentos retos extensos e curvas com raios amplos. As exceções a esta característica são a curva circular localizada imediatamente a Norte da passagem de nível, entre o km 22+675 e o km 22+700, de cerca de 30 metros de raio, e a curva circular imediatamente a jusante da PN, com raio de 75 metros, cujas reduções significativas dos referidos raios representam problemas de segurança rodoviária.
- Próximo à PN, existe um pilarete de betão armado, possivelmente relativo a um antigo portão, que deverá ser removido por representar um obstáculo perigoso para a circulação rodoviária.

- A Norte da PN, verifica-se também a presença de uma árvore de grande porte que, embora sinalizada por meio de uma baliza de posição (Sinal O7), a sua remoção é recomendada com a maior brevidade possível, uma vez que, devido às suas dimensões e à proximidade da faixa de rodagem, pode originar graves acidentes em caso de embate.
- No que diz respeito à sinalização, a mesma é, em geral, considerada adequada, com a presença de sinais verticais de perigo, informação e proibição, que alertam os utilizadores sobre possíveis situações que possam enfrentar.

  No entanto, observaram-se algumas lacunas, conforme anteriormente mencionado, que devem ser corrigidas pela implementação dos sinais em falta.

- Foram identificados vários postes de linhas aéreas de energia que deverão ser recolocados por estarem muito próximos às faixas de rodagem, representando um perigo para os condutores que circulam nessas vias. Caso o seu reposicionamento não seja possível, deverão os mesmos ser devidamente protegidos com barreiras de segurança adequadas.

  É importante destacar que qualquer outra infraestrutura que possa ser afetada pelos traçados das novas soluções deverá ser intervencionada, removendo-a ou recolocando-a para um local mais seguro.
- Em termos de drenagem, a EN5 dispõe de diversos órgãos de drenagem, contudo, em alguns troços, estes são inexistentes. Por outro lado, nos locais onde existem, observa-se uma falta de manutenção, evidenciada pela presença de vegetação que compromete o seu funcionamento adequado, podendo resultar em danos no pavimento e na formação de lençóis de água sobre a plataforma da via, aumentando o risco de acidentes.

  Sugere-se, portanto, a manutenção e a limpeza destes importantes órgãos para o bom funcionamento da via, bem como a instalação nos locais onde tais elementos não existam.

- Ao km 23+250, existe uma PH cujo murete na proximidade da faixa de rodagem da EN5 constitui um obstáculo e deveria ser devidamente protegido através da instalação de uma barreira de segurança.
- Existência de passeios em mau estado de conservação na zona da rotunda da EN5.

2.3 Estrada do Poceirão, Caminho Municipal 1034 e Rua António Matias

Além da EN5, no âmbito da intervenção prevista associada ao projeto da Solução Base, serão também interferidas a Estrada do Poceirão, o Caminho Municipal (CM) 1034 e a Rua António Matias.

Na Estrada do Poceirão, entre o entroncamento com a EN5 e o cruzamento com o CM 1034 e a Rua António Matias, as características são muito semelhantes à da EN5 anteriormente descrita no Ponto 2.2, ou seja:

- Uma faixa de rodagem com duas vias, uma em cada sentido (1x2 vias);
- Inexistência de bermas pavimentadas;
- Pavimento flexível.

Esta via pode ser observada na Figura 2.24.



Figura 2.24 - Estrada do Poceirão

Em relação aos dispositivos de drenagem, observa-se a presença de valas em terra ao lado da faixa de rodagem estando, no entanto, estas valas cobertas por vegetação, o que dificulta o seu funcionamento adequado, conforme evidenciado na Figura 2.25.



Figura 2.25 - Vala em terra coberta de vegetação e pavimento com várias patologias

Visualmente, o pavimento aparenta ser de tipo flexível, apresentando uma camada de desgaste em betão betuminoso em estado bastante degradado.

Próximo do entroncamento com a EN5, cerca do km 22+675, observa-se uma linha de água que foi restabelecida por meio de uma PH, resultando na materialização de um murete com alguma altura e muito próximo da via de circulação (Figura 2.26).



Figura 2.26 - Muro da PH na Estrada do Poceirão

Adicionalmente, nas proximidades do cruzamento com a Rua António Matias e com o CM 1034, encontra-se outra passagem hidráulica protegida por um gradeamento metálico de cada lado da faixa de rodagem e por balizas de posição, destinados a alertar os condutores sobre a presença desses elementos.

No entanto, refere-se que o gradeamento atualmente utilizado não é de todo adequado e constituem perigo para a circulação rodoviária, pois em caso de despiste, o mesmo não apresenta a contenção adequada do veículo, conforme se pode observar nas Figura 2.27 e Figura 2.28.



Figura 2.27 - Gradeamento existente no lado nascente da PH na Estrada do Poceirão



Figura 2.28 - Gradeamento existente no lado poente da PH na Estrada do Poceirão

O traçado em planta não apresenta grandes condicionamentos, uma vez que é composto por alinhamentos retos extensos, concordados por curvas circulares de grande raio.

Relativamente ao CM 1034, como se pode observar na Figura 2.29, o mesmo é constituído por uma faixa de rodagem, com uma via de circulação em cada sentido, percetível apenas pela sinalização vertical existente, uma vez que a marcação horizontal não se encontra devidamente materializada.



Figura 2.29 - Caminho Municipal 1034

Não existem bermas pavimentadas, em ambos os lados da faixa de rodagem, nem passeios. Apresenta um pavimento em betão betuminoso que se encontra notoriamente envelhecido.

Não se observam quaisquer dispositivos de drenagem ao longo de toda a extensão, com as várias consequências daí decorrentes, conforme mencionado anteriormente.

À semelhança da Estrada do Poceirão, o traçado também não apresenta grandes condicionamentos, uma vez que é composto por alinhamentos retos extensos, concordados por curvas circulares de grande raio.

No cruzamento com a Estrada do Poceirão, existe uma pequena ilha direcional materializada, que contém dois sinais verticais mal posicionados, conforme se pode observar na Figura 2.30. A combinação entre a baliza de posição (O7) e o sinal de obrigação de contornar a placa ou obstáculo (D3a (INIR, 2010f)) deve estar corretamente orientada para o condutor que circula no CM 1034, para que este tenha uma perceção adequada sobre como se posicionar em relação à interseção.



Figura 2.30 - Sinais verticais incorretamente direcionados no CM 1034

Importa ainda realçar a sinalização de orientação existente, através das setas de direção J2 (Id., 2010f), localizadas antes da interseção, com o objetivo de informar os usuários sobre os destinos de proximidade, de modo a contribuir para a tomada de decisão atempada e eficaz dos seus utilizadores.

A Rua António Matias (Figura 2.31) constitui um acesso local a várias residências existentes e aos campos agrícolas. Possui um perfil transversal tipo com uma plataforma com cerca de 3,50 m de largura, para a circulação de ambos os sentidos, sem qualquer dispositivo de drenagem da plataforma.

O pavimento é composto por camadas de Agregado Britado de Granulometria Extensa (ABGE) e, aparentemente, não apresenta patologias visíveis (Figura 2.32). Nas proximidades da estrada, existem diversos serviços, incluindo postes de redes aéreas de energia, conforme ilustrado na Figura 2.33.

O traçado é linear, composto por um alinhamento reto extenso.



Figura 2.31 - Rua António Matias



Figura 2.32 - Pormenor do Pavimento da Rua António Matias



Figura 2.33 – Exemplo de poste existente no limite da Rua António Matias

Em resumo, para estas três vias rodoviárias, foram identificadas algumas anomalias, em particular no que se refere aos seguintes aspetos:

- Ausência de drenagem ou existência de órgãos sem qualquer manutenção, resultando numa deficiente drenagem da plataforma e podendo originar graves patologias no pavimento e problemas de segurança rodoviária;
- Presença de murete associado a PH, o qual representa um obstáculo perigoso para a circulação rodoviária;
- Aplicação de gradeamento metálico na proteção de PH, o que não constitui uma contenção adequada para a circulação rodoviária.
- Existência de postes de linhas aéreas de energia próximos da faixa de rodagem, o que constitui um obstáculo perigoso para quem circula;
- Ilhéu com sinalização mal instalada.

Para todas as situações identificadas, tanto no que se refere à EN5 como às três estradas identificadas, é imprescindível que as situações mencionadas neste trabalho sejam devidamente corrigidas, pois mesmo com a realização da supressão da PN no Poceirão, estas vias continuarão em funcionamento, embora para um serviço de natureza mais local, sendo merecedoras de toda a atenção por forma a mitigar situações de perigo ou insegurança existentes.

3 SOLUÇÃO BASE

O projeto da "*Linha do Alentejo – Modernização e Duplicação do Troço Poceirão-Bombel*", desenvolvido pela PROFICO, S.A. para a Infraestruturas de Portugal (IP), visa a intervenção na linha férrea, de modo a possibilitar velocidades de circulação mais elevadas, aumentar a capacidade da linha do Alentejo e irá também permitir *"a eliminação dos constrangimentos existentes na Linha do Alentejo, no troço Poceirão-Bombel e na Linha do Sul, entre a Bifurcação de Águas de Moura Sul e o Poceirão*" (IP, 2023).

Concretamente, na zona do Poceirão, o projeto envolve a supressão da PN existente e a execução do restabelecimento rodoviário correspondente. Para isso, é necessário ter em conta diversas condicionantes, nomeadamente a existência de inúmeras edificações próximas à estação e à própria linha de caminho de ferro, que exige certas medidas de segurança estabelecidas nas normas aplicáveis, entre elas, o gabarito vertical de 7,50 m (REFER, 2008).

Além disso, localizando-se a intervenção numa zona maioritariamente rural, a agricultura é a principal atividade, existindo diversas explorações ao redor da Linha do Alentejo, que constituem uma grande condicionante para o projeto do restabelecimento da EN5, exigindo a minimização da expropriação dessas áreas de exploração agrícola.

Com base nestas condicionantes, a Solução Base projetada visou afetar o território adjacente o mínimo possível, preservando ao máximo as vinhas e os edifícios existentes. Estes fatores restritivos conduziram a uma solução que, não sendo a desejável, pode ser entendida como a solução possível.

A Solução Base envolve o traçado de sete vias, nomeadamente, a adaptação de um ramo da rotunda existente a Sul do Poceirão, uma nova interseção giratória a Norte da via-férrea e a melhoria das condições de circulação da Rua António Matias, de modo a adequá-la ao tráfego que nela circula, como pode ser observado na Figura 3.1.

Para uma melhor compreensão da Solução Base, foram considerados dois grupos de restabelecimentos:

- Restabelecimento da EN5 – Constituído pelos Restabelecimentos 1 e 1.1 e a nova rotunda a Norte do Poceirão;
- Restantes Restabelecimentos – Restabelecimentos 1.2 a 1.7.

Os restantes restabelecimentos correspondem a pequenas ligações que interligam os restabelecimentos principais (EN5) às estradas/arruamentos existentes.

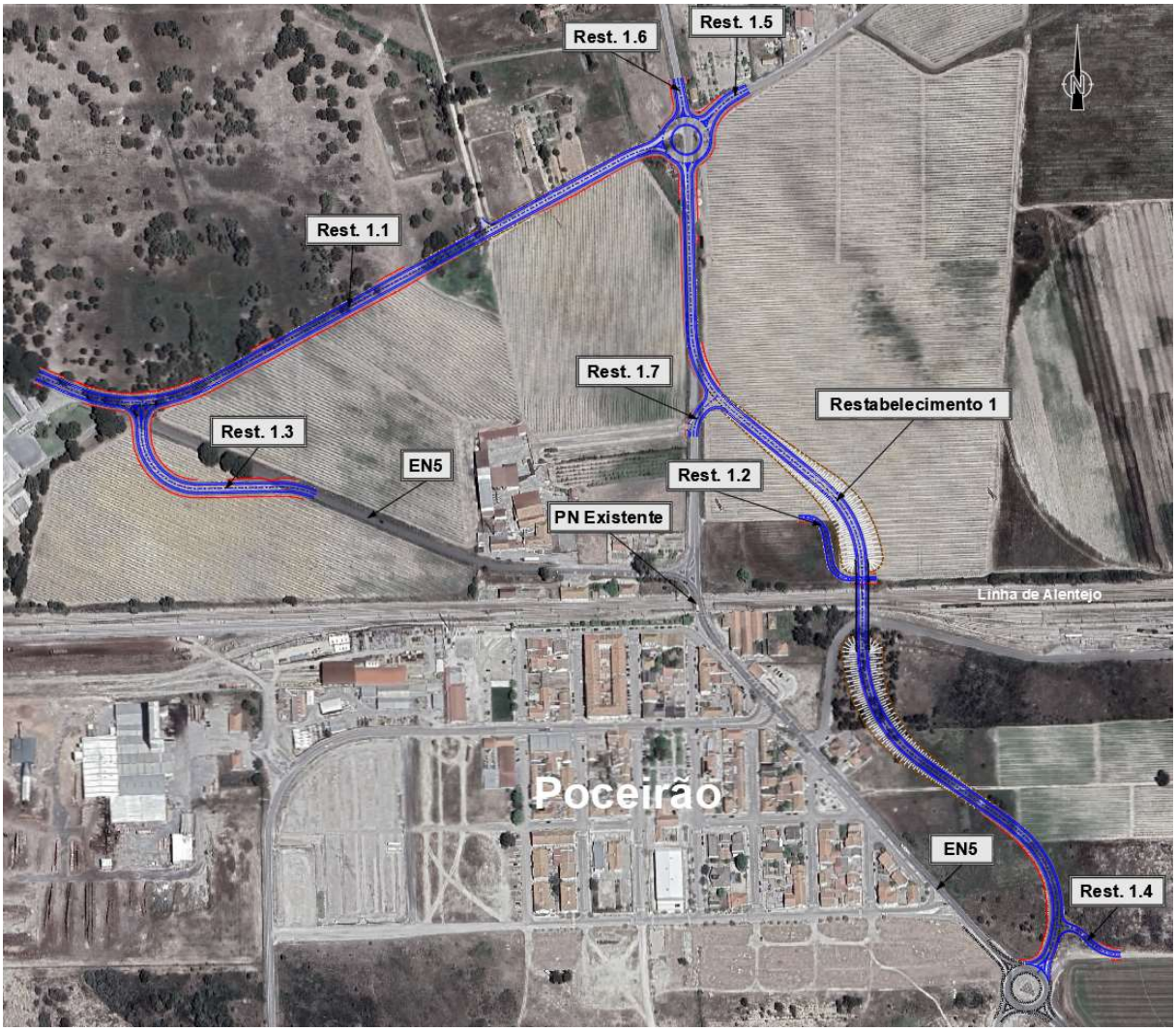


Figura 3.1 - Planta correspondente à intervenção da Solução Base na zona do Poceirão

Assim, o novo traçado da EN5 irá cruzar a linha férrea através do Restabelecimento 1, passando pela nova rotunda a Norte do Poceirão, e efetua a transição para o traçado existente da estrada nacional através do Restabelecimento 1.1, que coincide com a Rua António Matias.

O Restabelecimento 1.2 visa melhorar o acesso aos campos agrícolas, assegurando que este não conflitue com a nova passagem superior rodoviária (PSR). O Restabelecimento 1.3 estabelece a ligação entre o novo traçado da EN5 e o antigo, que possibilita o acesso à localidade do Poceirão e o Restabelecimento 1.4 representa a conexão entre o novo traçado e o caminho de acesso aos campos agrícolas adjacentes à rotunda situada ao Sul da PN. Dado o carácter rural dos Restabelecimentos 1.2 e 1.4, estes podem ser categorizados como Caminhos Paralelos (CP).

Por fim, os Restabelecimentos 1.5 e 1.6 correspondem às transições entre a nova rotunda a Norte e a Estrada do Poceirão e o CM 1034, respetivamente, enquanto o Restabelecimento 1.7 estabelece a ligação entre a Estrada do Poceirão e a novo traçado da EN5.

Adicionalmente, foi imprescindível estudar o acesso à estação ferroviária do Poceirão e reorganizar as vias resultantes da supressão da PN, incluindo a adição de um passeio e a construção de uma Passagem Superior Pedonal (PSP) para melhorar a circulação de peões no local e a implementação de estacionamento junto daquela estação. No entanto, essas alterações não serão objeto de análise neste trabalho, que tratará exclusivamente das vias rodoviárias anteriormente descritas.

3.1 Traçado Geométrico

Os elementos geométricos que constituem o traçado das infraestruturas rodoviárias são definidos, na sua grande maioria, tendo em conta os valores da velocidade base (também designada por velocidade de projeto) e da velocidade de tráfego associada a cada via.

Nesse sentido, e de acordo com a Norma de Traçado (INIR, 2010d), a velocidade base define o raio mínimo em planta, a inclinação máxima dos traineis e o perfil transversal tipo, enquanto a velocidade de tráfego define as distâncias de visibilidade e o raio mínimo das concordâncias verticais.

No Quadro 3.1 são apresentadas as Velocidades Base e de Tráfego para os diversos restabelecimentos envolvidos na supressão da passagem de nível no Poceirão, no âmbito do projeto desenvolvido da Solução Base.

Quadro 3.1 - Velocidade base e de tráfego por restabelecimento (Adaptado de INIR, 2010d)

Restabelecimento	Categoria da Via	Velocidade Base (km/h)	Velocidade de Tráfego (m/h)
Rest. 1	EN	70	90
Rest. 1.1	EN	70	90
Rest. 1.2	CP	40	50
Rest. 1.3	EN	70	90
Rest. 1.4	CP	40	50
Rest. 1.5	CM	40	50
Rest. 1.6	CM	40	50
Rest. 1.7	EN	70	90

3.1.1 TRAÇADO EM PLANTA

Em termos planimétricos, os traçados devem respeitar os valores dos raios mínimos absolutos (RA) e dos raios mínimos normais (RN), além de cumprir cinco condições relacionadas com as curvas de transição: variação da aceleração centrífuga, transição da sobrelevação, perceção ótica, perceção estética e condição desejável.

Os raios mínimos absolutos referem-se a raios que "*devem ser utilizados excecionalmente, pois a sua utilização tem como consequência acelerações centrífugas de valor elevado, que, para velocidades base inferiores a 80 km/h, são próximas do máximo admissível para que ainda haja segurança e comodidade*" (INIR, 2010d). Por sua vez, os raios mínimos normais "*devem assegurar uma circulação segura e cómoda*" (Id., 2010d).

Neste caso, considerando as velocidades estabelecidas para os restabelecimentos, a Norma de Traçado apresenta valores de RA e RN para 40 km/h de 55 m e 110 m, respetivamente, e valores de RA e RN para 70 km/h de 180 m e 350 m, respetivamente.

A sobrelargura consiste num aumento da largura da via em curvas (normalmente para o intradorso) com raios iguais ou inferiores a 200 m por forma a melhorar os movimentos de veículos pesados, particularmente os articulados ou com reboques.

A sobrelevação refere-se à compensação da força centrífuga pela força da gravidade através da inclinação transversal da plataforma em curva. Este parâmetro depende do tipo de estrada (com ou sem separador central) e dos raios das curvas circulares do traçado.

No caso das curvas de transição, o parâmetro da clotóide (*A*) deverá obedecer a algumas condições, nomeadamente: variação da aceleração centrífuga (função da extensão da transição, ou seja, quanto maior for a extensão, menor é a taxa de variação da aceleração centrífuga); variação da sobrelevação (consiste na extensão ou parâmetro mínimo para determinados valores de largura da faixa de rodagem, garantindo uma inclinação máxima longitudinal do bordo exterior da faixa de rodagem em relação ao eixo); perceção ótica do traçado (insere-se em zonas de curva e dependem do respetivo raio); condição de perceção estética (define que curvas de transição com pequena extensão sejam desagradáveis esteticamente).

O parâmetro da clotóide (*A)* deverá cumprir em simultâneo estas condições, pelo que o seu valor deverá ser o maior definido por estas quatro condições. Para além disto, existe uma quinta condição denominada "Condição Desejável" que estabelece que "*a extensão das duas curvas de transição associadas a uma curva circular deve, sempre que possível, estar compreendida entre 1/2 e 2/3 do desenvolvimento total do alinhamento curvo*" (INIR, 2010d).

No Quadro 3.2 encontram-se resumidos os valores limites estabelecidos na Norma de Traçado para os raios mínimos absolutos e normais, bem como para o parâmetro mínimo clotóide (*A).*

Quadro 3.2 - Valores limite para traçado em planta (Adaptado de INIR, 2010d)

Velocidade Base (km/h)	**Raio Mínimo**		**Parâmetro mínimo da clotóide (*A*) (m)**
	Absoluto (m)	**Normal (m)**	
40	55	110	52
70	180	350	121

a) Restabelecimento da EN5

Tal como referido anteriormente, o restabelecimento da EN5 envolve o traçado de duas estradas, que se articulam através de uma nova rotunda. Tratando-se de uma estrada nacional, foram consideradas curvas de transição em clotóide na sua definição geométrica.

Na descrição do traçado optou-se por adotar o sentido crescente da quilometragem da atual estrada nacional, ou seja, ao Restabelecimento 1.1 segue-se o Restabelecimento 1.

Através da Figura 3.2 é possível observar o início do traçado da nova solução preconizada para a EN5, coincidente com o Restabelecimento 1.1, da Rua António Matias, assim como os parâmetros geométricos associados à diretriz do mesmo, cuja extensão total é de 673,109 metros.

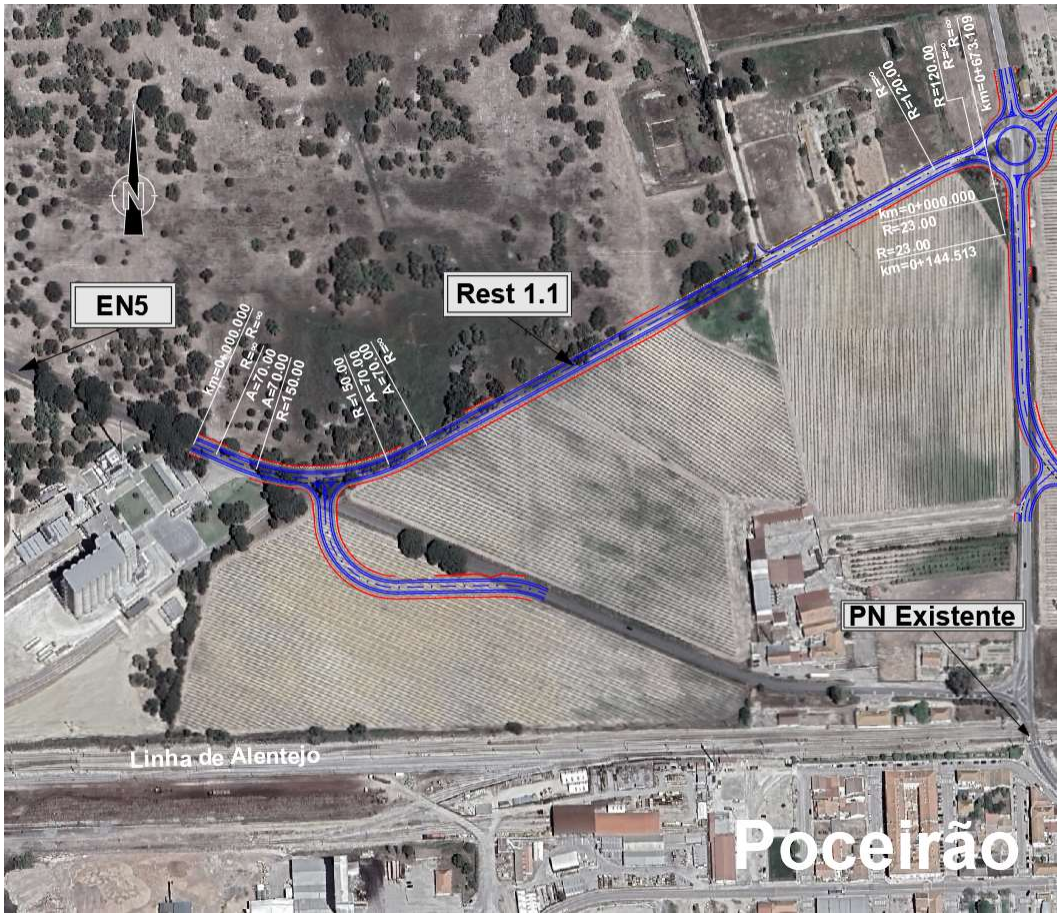


Figura 3.2 – Parâmetros geométricos da diretriz do Rest. 1.1 (Rua António Matias)

Este traçado inclui apenas uma curva composta com curvas de transição de parâmetros iguais (A = 70 m), na entrada e na saída da curva circular de raio igual a 150 m. No que diz respeito à segunda curva circular, o valor do raio é igual a 120 m, não tendo sido adotadas curvas de transição, por se tratar da aproximação à rotunda.

A nova rotunda a ser construída a Norte da estação ferroviária, apresenta um raio exterior de 23 m, um anel de circulação de 8 m e um raio da ilha central de 15 m, articulando o Restabelecimento 1.1 com o Restabelecimento 1, que constitui o atravessamento desnivelado à linha férrea.

O traçado do Restabelecimento 1 tem uma extensão de 934,354 metros e está ilustrado na Figura 3.3, onde se podem observar as suas características geométricas.

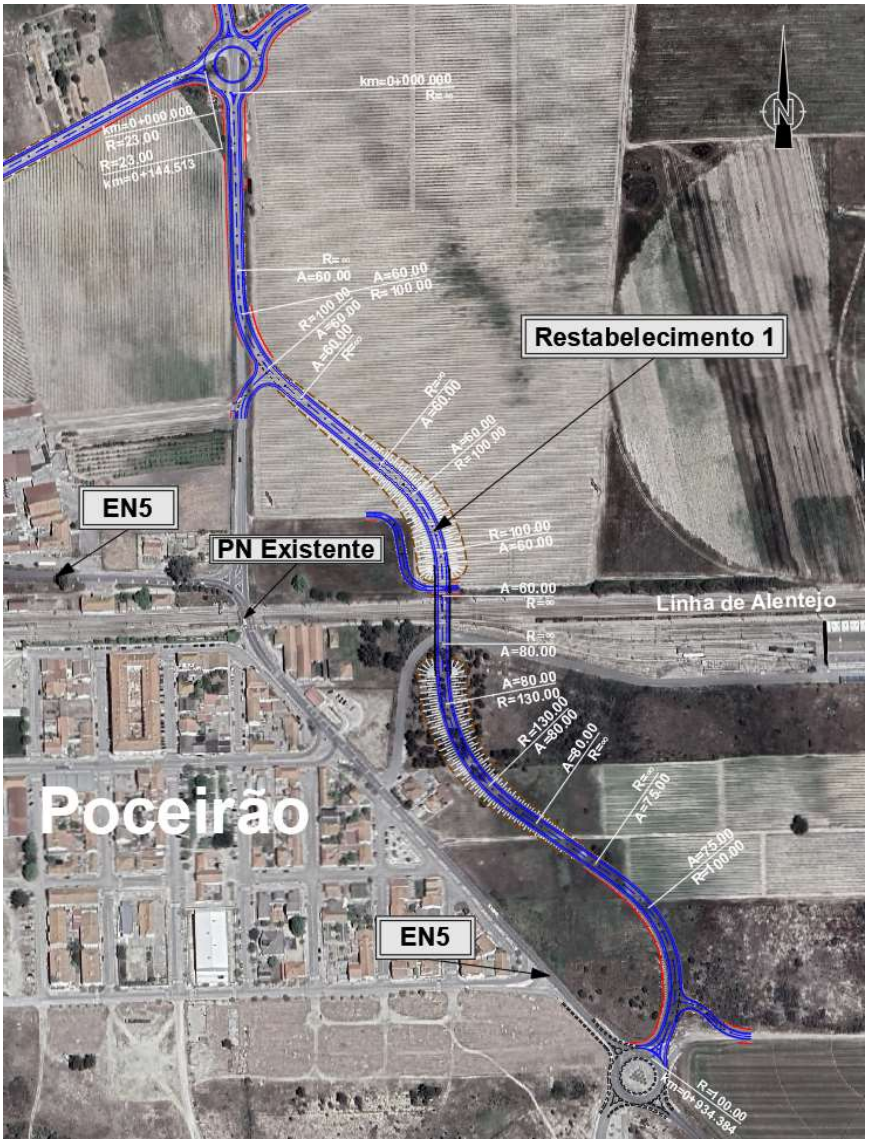


Figura 3.3 – Parâmetros geométricos da diretriz Rest. 1, passagem desnivelada da EN5

Os valores adotados para os raios das curvas circulares são de 100 m e de 130 m (utilizado uma única vez) e o parâmetro da clotóide para o maior raio é de A = 80 m, sendo os restantes parâmetros associados ao menor raio de A = 60 m e de A = 75 m.

b) Restantes Restabelecimentos

Os restantes restabelecimentos que serão descritos resumidamente a seguir, devido à sua menor importância, não apresentam curvas de transição.

O Restabelecimento 1.2 é composto por três pequenos alinhamentos retos concordados por duas curvas circulares com um raio de 20 m.

O Restabelecimento 1.3 restabelece a ligação entre o novo traçado da EN5 e o traçado antigo que dá acesso à estação do Poceirão. Este é composto por três pequenos alinhamentos retos e duas curvas circulares com raios de 55 m e 80 m.

Com a ligação da EN5 à rotunda existente a Sul da estação ferroviária, foi necessário restaurar a ligação ao caminho existente, resultando no Restabelecimento 1.4. Este considera-se como um simples CP formado por dois alinhamentos retos e duas curvas circulares com raios de 35 m e 40 m.

Os Restabelecimentos 1.5 e 1.6 referem-se às ligações entre a nova rotunda e a Estrada de Poceirão e o CM 1034, respetivamente. Ambos servem para realizar a transição entre o traçado existente e a interseção giratória e não são muito extensos. Como tal, ambos são realizados através de dois alinhamentos retos e uma curva circular de raio 55 m, no caso do Restabelecimento 1.5, e uma curva circular de raio 120 m, para o Restabelecimento 1.6.

Finalmente, o Restabelecimento 1.7 centra-se na necessidade da ligação entre o Restabelecimento 1 e a Estrada do Poceirão, sendo formado por dois alinhamentos retos e uma curva circular com 40 m de raio.

3.1.2 TRAÇADO EM PERFIL LONGITUDINAL

Relativamente ao traçado em perfil longitudinal, as Normas de Traçado (INIR, 2010d) estabelecem inclinações máximas, mínimas e extensões críticas para os trainéis, assim como raios e desenvolvimentos mínimos para as concordâncias verticais.

As inclinações máximas permitem, normalmente, terraplenagens mais económicas e, para as velocidades base de 40 km/h e 70 km/h, os valores limites são respetivamente de 8% e 6,5%. Quanto às inclinações mínimas, estas são estabelecidas para assegurar uma drenagem satisfatória das águas superficiais e, portanto, não devem ser inferiores a 0,5%.

As extensões críticas são valores limites para os quais, se superados, é necessário considerar uma via adicional para os veículos lentos. Dependem da inclinação dos trainéis com o maior valor igual a 420 m correspondente a i = 3% e o menor valor de 120 m para inclinações de 8%.

As concordâncias verticais devem assegurar uma variação da curvatura em perfil longitudinal que satisfaça condições de visibilidade e de comodidade. Para tal, são adotadas concordâncias parabólicas que asseguram uma variação constante da curvatura.

Para velocidades elevadas, as concordâncias convexas devem ter um elevado valor de raio para que seja assegurada a visibilidade, no entanto, no caso das concordâncias côncavas com boa visibilidade, "*são muitas vezes definidas no limite da comodidade*" (INIR, 2010d).

As concordâncias verticais com velocidades de tráfego de 50 km/h e 90 km/h devem respeitar os raios mínimos e os desenvolvimentos mínimos especificados no Quadro 3.3 e Quadro 3.4.

Quadro 3.3 - Raios mínimos das concordâncias verticais (Adaptado de INIR, 2010d)

Velocidade Tráfego (km/h)	**Raio Mínimo**		
	Concordância Convexa		**Concordância Côncava**
	Absoluto (m)	**Normal (m)**	**(m)**
50	1500	1500	800
90	3000	4200	2500

Quadro 3.4 - Desenvolvimentos mínimos das concordâncias verticais (Adaptado de INIR, 2010d)

Velocidade Tráfego (km/h)	**Desenvolvimento Mínimo**		
	Concordância Convexa		**Concordância Côncava**
	Absoluto (m)	**Normal (m)**	**(m)**
50	40	60	60
90	70	120	120

a) Restabelecimento da EN5

Conforme mencionado anteriormente, o restabelecimento da EN5 tem início no Restabelecimento 1.1, da Rua António Matias, verificando-se que o perfil longitudinal procurou adaptar-se o mais possível ao terreno natural, com o objetivo de minimizar a terraplenagem, respeitando simultaneamente os parâmetros estabelecidos pelas normas referidas anteriormente.

O referido perfil longitudinal está ilustrado na Figura 3.4.

A rasante é constituída por trainéis com a inclinação mínima de 0,5% concordados por duas curvas verticais consecutivas, convexa e côncava, cujos valores dos raios são, respetivamente, de 3000 m e 3688 m.

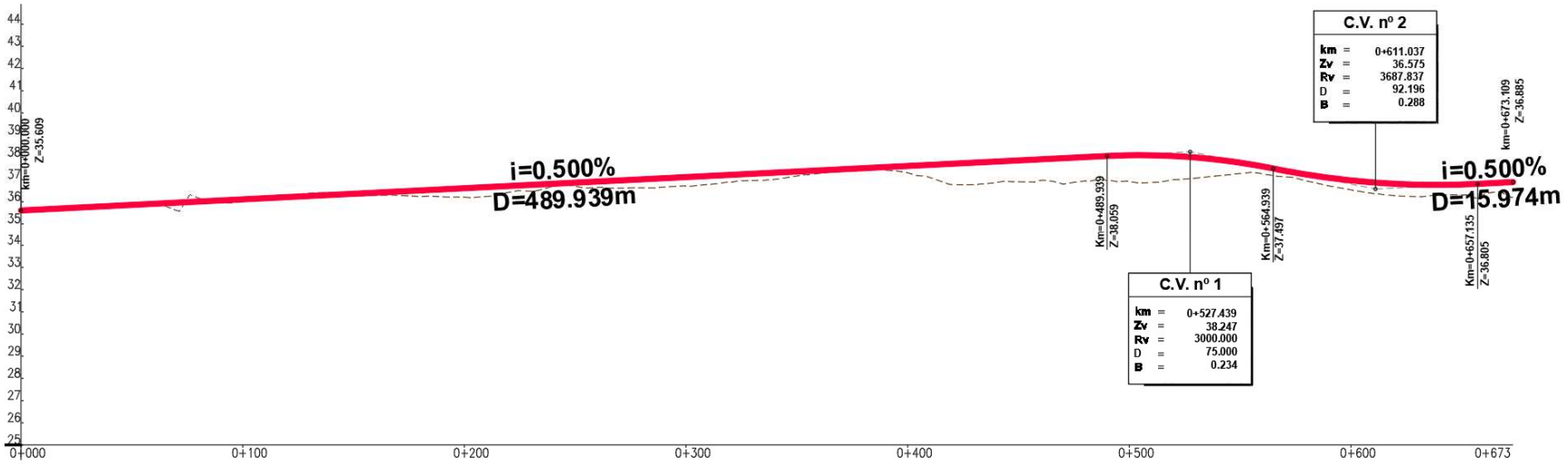


Figura 3.4 – Perfil Longitudinal do Restabelecimento 1.1 (Rua António Matias)

A futura rotunda apresenta um perfil longitudinal constituído por traineis com inclinações de -1,2% e de 2,2%, concordados por duas concordâncias verticais, uma côncava de raio igual a 479 m e outra convexa de raio igual a 998 m.

Finalmente, o Restabelecimento 1 cruza a via-férrea ao km 0+482,840 m e, conforme mencionado anteriormente, deve assegurar um gabarito vertical de, pelo menos, 7,50 m na área do caminho de ferro. A passagem desnivelada da EN é ilustrada através da Figura 3.5, na qual é possível observar os elementos constituintes da sua rasante.

Conclui-se, portanto, que as inclinações máximas e mínimas são iguais a 6,5% e 0,5% e que os raios máximos e mínimos são iguais a 3000 m e 2977 m, para a concordância côncava, e a 2000 m, para a concordância convexa.

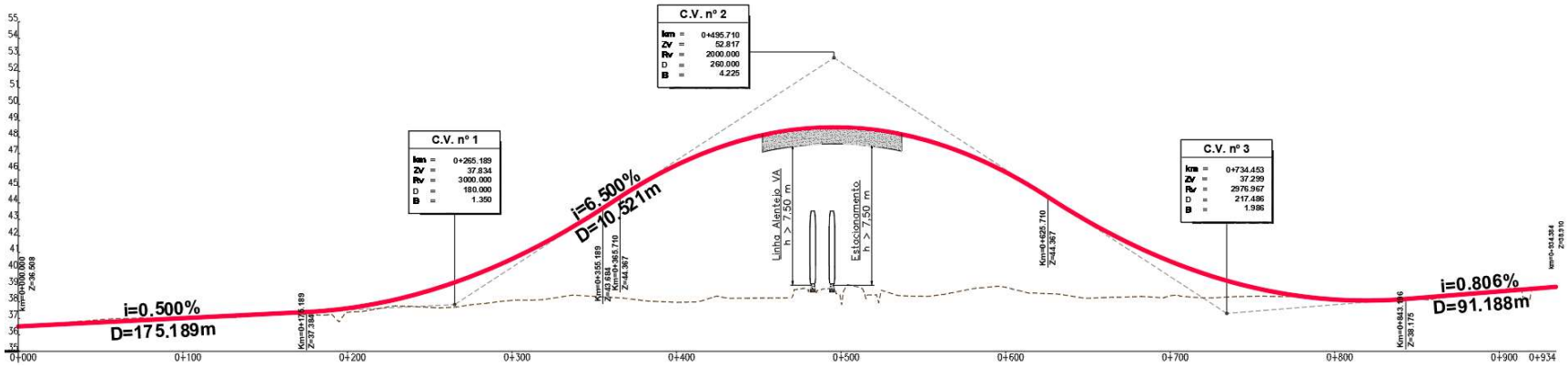


Figura 3.5 - Perfil longitudinal do Restabelecimento 1 (passagem desnivelada da EN5)

b) Restantes Restabelecimentos

O Restabelecimento 1.2 é composto apenas por um trainel ascendente com inclinação de 0,5% e uma concordância convexa com 8932 m de raio.

O Restabelecimento 1.3 liga-se ao novo traçado da EN5 em curva com sobrelevação de 7%, ou seja, tal implica que o perfil longitudinal deste restabelecimento deva iniciar-se com a mesma inclinação. Complementarmente, a rasante é constituída por traineis com inclinações máximas e mínimas de 7% e 0,5%, bem como raios máximos e mínimos de 6000 m e 1413 m, para concordâncias convexas, e de 3375 m e 101 m, para concordâncias côncavas.

O Restabelecimento 1.4 inicia-se também numa curva circular do novo traçado da EN5 com sobrelevação igual a 7%, logo, o seu perfil longitudinal iniciar-se-á com essa inclinação, seguido por uma concordância convexa de 370 m de raio e um trainel descendente com inclinação de 1%.

Os perfis longitudinais dos Restabelecimentos 1.5 e 1.6 são formados apenas por um trainel com inclinação de 0,5% e 1,2 %, respetivamente.

Finalmente, o Restabelecimento 1.7 situa-se numa curva de transição do Restabelecimento 1 e, como tal, o perfil longitudinal inicia-se com um trainel de inclinação de 6,757% (a sobrelevação da EN5 no eixo do Restabelecimento 1.7). A rasante é formada também por uma concordância convexa com 98 m de raio e um trainel descendente com inclinação de 3%.

3.1.3 PERFIS TRANSVERSAIS TIPO

O projeto em estudo foi dividido em dois grandes grupos: os restabelecimentos que constituem o novo traçado da EN5 e proporcionam acesso aos arruamentos existentes, e os caminhos do tipo paralelo (CP) que, ao cruzarem-se com a EN5, garantem acesso a estradas de menor importância ou campos agrícolas. O primeiro grupo possui as características típicas de uma estrada nacional (EN), incluindo, entre outras, bermas pavimentadas de 1,50 m de largura e uma faixa de rodagem constituída por uma via em cada sentido (1x2 vias), cada uma com 3,50 m, conforme apresentado na Figura 3.6.

O segundo grupo, designado por “CP”, é composto por bermas com 0,50 m de largura e uma faixa de rodagem constituída por uma via em cada sentido (1x2 vias), cada uma com 2,50 m, de acordo com a Figura 3.7.

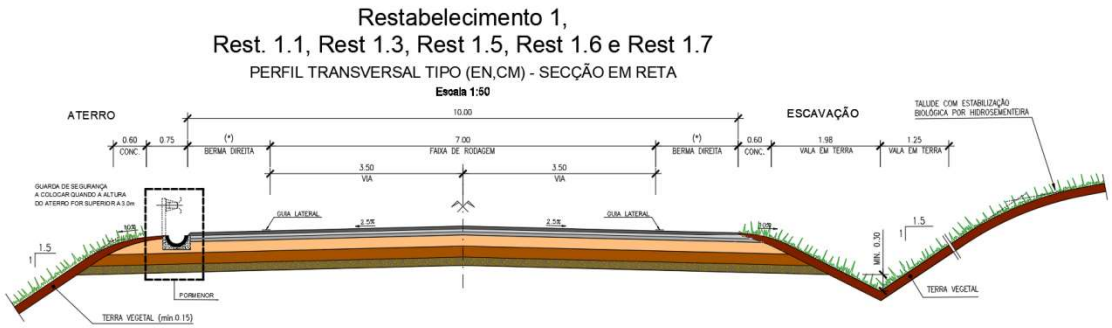


Figura 3.6 - Perfil Transversal Tipo da EN5 e CM

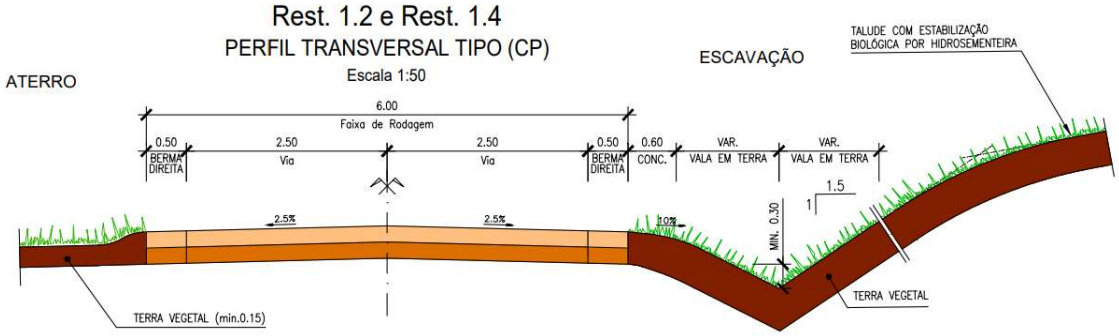


Figura 3.7 - Perfil Transversal Tipo do CP

Em termos de pavimentação, o projeto prevê a utilização de um pavimento do tipo flexível para a EN5, composto por uma camada de desgaste AC14 35/50 de 0,05 m em betão betuminoso, uma camada de ligação AC20 35/50 de 0,05 m em macadame betuminoso e uma camada de base AC20 35/50 de 0,06 m em macadame betuminoso. Adicionalmente, o projeto contempla duas camadas granulares, base e sub-base, de 0,20 m em ABGE e um leito do pavimento, também em ABGE, com 0,15 m.

Para o segundo grupo, a estrutura do pavimento consiste apenas na aplicação das duas camadas de base e sub-base em ABGE.

Os pormenores dos pavimentos podem ser observados na Figura 3.8 e Figura 3.9.

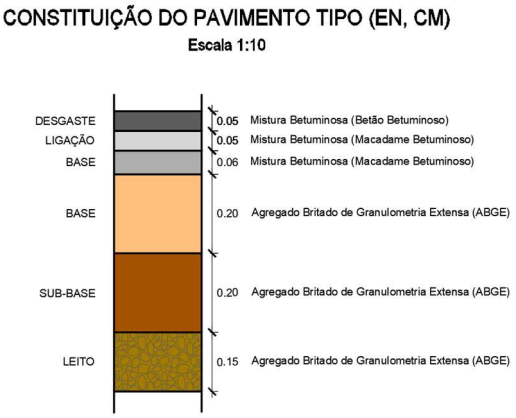


Figura 3.8 - Estrutura de Pavimentação da EN5 e CM

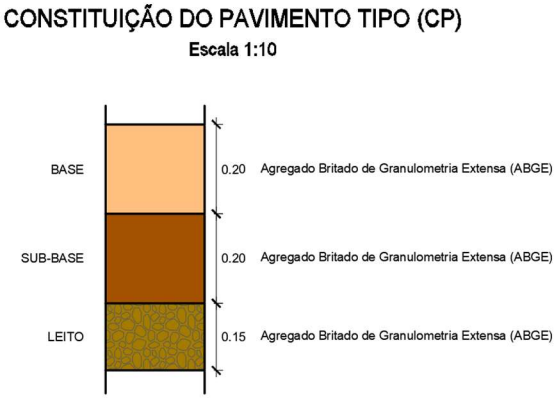


Figura 3.9 - Estrutura de Pavimentação dos CP

3.2 Análise Crítica da Solução Base

Com base nas características geométricas analisadas nas secções anteriores, elaborou-se o Quadro 3.5 e o Quadro 3.6, resumindo os vários parâmetros geométricos, respetivamente para o traçado em planta e em perfil longitudinal.

Quadro 3.5 - Valores dos raios das curvas circulares e parâmetro da clotóide (A)

Restabelecimento	Raio da Curva Circular (m)			Parâmetro da Clotóide A (m)		
	Solução Base		Norma	Solução Base		Norma
Rest. 1	100	130	180	60	80	121
Rest. 1.1	120	150		70		
Rest.1.2	20		55	-	-	-
Rest.1.3	55	80	180	-	-	-
Rest.1.4	35	40	55	-	-	-
Rest.1.5	55		55	-	-	-
Rest.1.6	120		55	-	-	-
Rest.1.7	40		180	-	-	-

Comparando os valores adotados no projeto com os limites estabelecidos nas Normas de Traçado, conclui-se que, para o novo traçado da EN5 (Restabelecimentos 1 e 1.1), os raios mínimos não respeitam os valores limites de 180 m para uma velocidade base de 70 km/h. Além disso, os valores do parâmetro das curvas de transição também não atendem ao valor mínimo de 121 m.

Relativamente à sobrelevação, sendo o novo traçado da EN5 uma estrada com faixa de rodagem única com dois sentidos constituído por raios inferiores a 525 m, conclui-se que a sobrelevação nas curvas deverá ser de 7%.

A sobrelargura é um parâmetro importante para curvas com raios inferiores a 200 m, logo, este parâmetro deveria ser aplicado na Solução Base uma vez que todas as curvas circulares têm estas características, no entanto, tal situação não se verifica para o caso em estudo.

Em suma, o novo traçado da EN5 exigirá a imposição de uma velocidade reduzida (velocidade de tráfego de 50 km/h) em comparação com as características habituais desse tipo de via, uma vez que os elementos geométricos não atendem aos valores limites para uma velocidade base de 70 km/h, correspondente a uma velocidade de tráfego de 90 km/h.

Os restantes restabelecimentos, por não constituírem elementos da EN5, não apresentam curvas de transição. No entanto, os valores mínimos dos raios das curvas circulares não respeitam o valor limite de 55 m para 40 km/h, com exceção dos Restabelecimentos 1.3, 1.5 e 1.6. Destaca-se o Restabelecimento 1.6 que é o único que cumpre tanto o raio mínimo absoluto quanto o raio mínimo normal, enquanto os Restabelecimentos 1.3 e 1.5 possuem o raio igual ao mínimo absoluto de 55 m.

Os valores dos elementos geométricos podem ser explicados pela necessidade de atender às condicionantes do projeto, incluindo limites de expropriação e a utilização das vias existentes. Embora não atendam aos valores limites das normas, opções que foram decerto realizadas para minimizar o impacto na localidade do Poceirão e das suas áreas adjacentes.

Relativamente à nova interseção giratória, o raio interior de 15 m permite, de acordo com a Norma de Dimensionamento de Rotundas (INIR, 2010a), uma área de varredura para um veículo articulado de 6,2 m e um diâmetro do círculo inscrito de círculo inscrito de 44,4 m.

Quadro 3.6 - Valores mínimos e máximos dos raios verticais e da inclinação

Restabelecimento	Raio da Concordância (m)						Inclinação (%)		
	Côncava			Convexa					
	Mínimo	Máximo	Norma	Mínimo	Máximo	Norma	Mínima	Máxima	Norma (Mín. / Máx.)
Rest.1	2977	3000	2500	2000	2000	3000	0,50	0,50	0,50 / 6,50
Rest.1.1	3688	3688		2000	2000		0,50	6,50	0,50 / 6,50
Rest.1.2	-	-	800	8932	8932	1500	0,50	0,50	0,50 / 6,50
Rest.1.3	1413	6000	2500	101	3375	3000	0,50	7,00	0,50 / 6,50
Rest.1.4	-	-	800	370	370	1500	1,00	1,00	0,50 / 6,50
Rest.1.5	-	-	800	-	-	1500	0,50	0,50	0,50 / 6,50
Rest.1.6	-	-	800	-	-	1500	1,20	1,20	0,50 / 6,50
Rest.1.7	-	-	2500	98	98	3000	3,00	3,00	0,50 / 6,50

Relativamente à inclinação das vias, todos os valores atendem aos limites estabelecidos pela Norma de Traçado, com a inclinação de 6,50% para a EN5 o valor mais condicionante, uma vez que a inclinação de 7,00% no Restabelecimento 1.3 resulta do novo traçado da Estrada Nacional.

No que diz respeito aos raios das concordâncias verticais, para uma velocidade de tráfego de 90 km/h, o Restabelecimento 1 e 1.1 apenas respeitam o valor limite para a concordância côncava.

Os restantes restabelecimentos não cumprem os valores limites para concordâncias verticais, à exceção do Restabelecimento 1.2, que possui um raio da concordância convexa de 8932 m. Esta situação é atribuída à transição do novo traçado para o existente, que frequentemente exige determinados valores de raio e desenvolvimento que, embora não estejam em conformidade com a Norma de Traçado, são necessários para manter a continuidade da rede viária existente.

Relativamente às interseções giratórias, estas "*devem preferencialmente ser implantadas em zonas planas ou com pouca inclinação e de boa visibilidade*" (INIR, 2010a). As inclinações não devem exceder 3%, e os raios mínimos devem ser de 800 m (ou 500 m de forma excecional) para concordâncias côncavas e de 1000 m para concordâncias convexas.

No caso em estudo, a rotunda encontra-se situada numa zona plana, com inclinações não superiores a 3% e raios mínimos de 500 m e 1000 m para concordâncias côncavas e convexas, respetivamente, respeitando os valores limite estipulados na Norma de Dimensionamento de Rotundas, com uma exceção relativa ao raio da concordância côncava.

Conclui-se, portanto, que as características geométricas dos restabelecimentos descritos estão no limite dos valores aceites pela Norma de Traçado, contudo, em grande parte dos casos não atendem aos parâmetros estabelecidos. Isto sugere a necessidade de um estudo de alternativas de traçado que, considerando que se trata de um trabalho meramente académico, possa excluir algumas condicionantes, como a expropriação admissível, e assumindo a disponibilidade ilimitada de recursos, tanto financeiros quanto materiais.

4 ALTERNATIVAS DE TRAÇADO

No presente capítulo, serão apresentadas as três propostas desenvolvidas no âmbito deste trabalho de projeto: Alternativa A, Alternativa B e Alternativa C, que podem ser visualizadas na Figura 4.1. No sentido de caracterizar geometricamente cada solução, foram elaboradas várias peças desenhadas que podem ser consultadas no Anexo do presente documento.

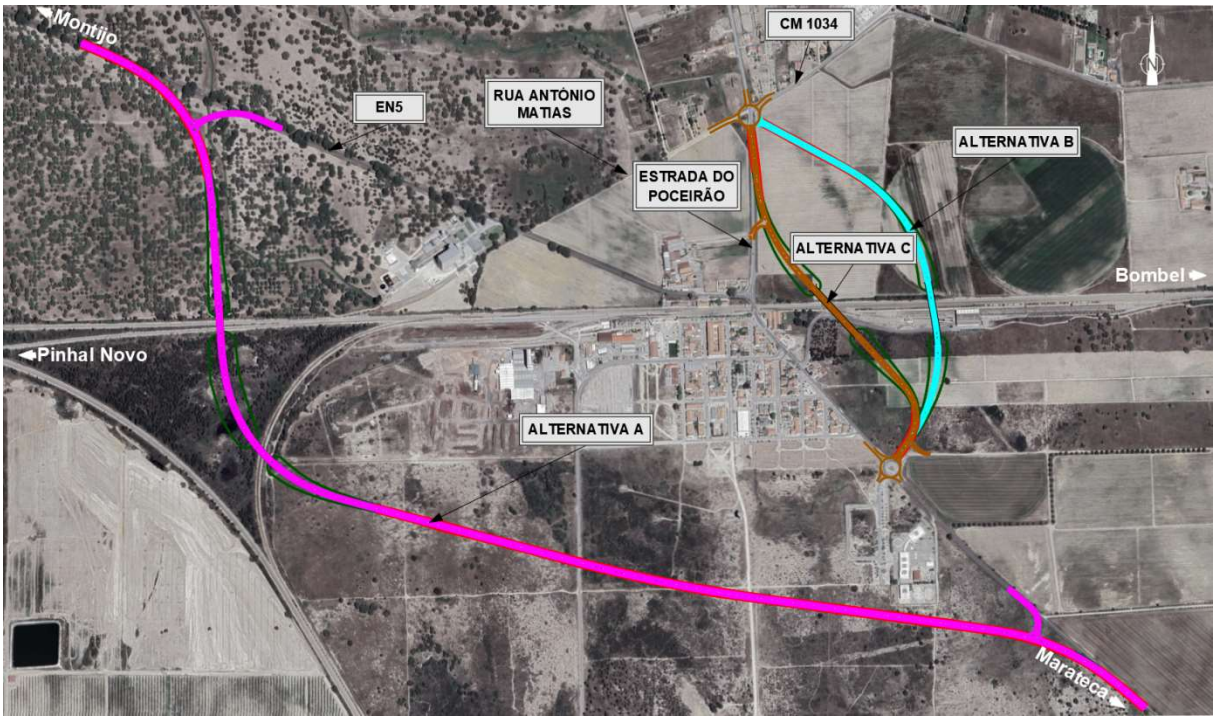


Figura 4.1 - Planta com as Alternativas A, B e C

Para todas as alternativas, incluindo a Solução Base, a zona da atual PN será reconfigurada para garantir a continuidade da rede rodoviária existente. A Norte, será criada uma mini-rotunda entre o antigo traçado da EN5 e a Estrada do Poceirão, enquanto a Sul será criado um impasse que permitirá aos veículos realizarem a manobra de inversão de sentido de marcha em segurança, embora este estudo não faça parte do presente projeto.

Tendo em consideração que as alternativas a estudar correspondem a uma fase preliminar do projeto de traçado, não foi considerada sobrelargura nas curvas com raio igual ou inferior a 200 m.

A Alternativa A surge da necessidade de aperfeiçoamento das características geométricas do traçado da EN5, adequando-o à função da estrada. Com o objetivo de melhorar a fluidez da circulação, nomeadamente no que diz respeito à velocidade máxima permitida, será analisada uma variante que não atravesse a localidade do Poceirão, desenvolvendo-se a Noroeste desta. Assim, o acesso a Poceirão será realizado por meio de entroncamentos situados no início e no fim da nova alternativa, permitindo que os utilizadores acedam facilmente à localidade, tanto a Norte quanto a Sul da linha de via-férrea.

A Alternativa B apresenta um traçado que se desenvolve a Este da Solução Base, com o objetivo de melhorar as suas características geométricas, priorizando tanto a segurança rodoviária quanto o conforto dos utilizadores. Tendo-se verificado algumas condicionantes na Alternativa B, nomeadamente a complexidade do local da passagem superior rodoviária, foi desenvolvida a Alternativa C. Esta alternativa posiciona-se entre o traçado da Solução Base e o traçado da Alternativa B, priorizando um local mais adequado para a transposição da via-férrea e a melhoria dos parâmetros geométricos na primeira curva circular da Solução Base.

4.1 Alternativa A

Esta alternativa consiste no desvio do traçado da EN5 para Noroeste da localidade do Poceirão, realizando a transposição da linha férrea na zona de divergência entre a Linha do Alentejo e a Concordância de Agualva, por meio de duas passagens superiores rodoviárias. A presença do estabelecimento de ensino, a escola José Saramago, a Sul, e da Sociedade Transformadora de Madeiras, a Oeste do Poceirão, o alinhamento desta alternativa foi ajustado, de modo a evitar a expropriação ou demolição desses edifícios fundamentais para a região.

A alternativa proposta é constituída por três curvas compostas, cujos valores mínimos são de 350 m para os raios das curvas circulares e de 227 m para o parâmetro da clotóide (A). No que diz respeito à segunda curva circular, na proximidade da escola, o valor do raio é igual a 3500 m, não tendo sido adotadas curvas de transição, uma vez que para raios superiores ou iguais a 2500 metros dispensa a necessidade de curvas de transição e, consequentemente, de sobrelevação. Para as curvas com raio de 350 m, a sobrelevação terá um valor de 7%.

O traçado possui uma extensão total de 3.340,040 m e, considerando os valores normais de 350 m para o raio e a condição desejável para o parâmetro da clotóide (A) de 121 m, todos os valores planimétricos da Alternativa A cumprem as normas estabelecidas para uma velocidade base de 70 km/h, correspondente a uma velocidade de tráfego de 90 km/h.

O traçado em planta da Alternativa A é apresentado na Figura 4.2 e pode ser consultado em pormenor na peça desenhada TFM.MC.006.00.

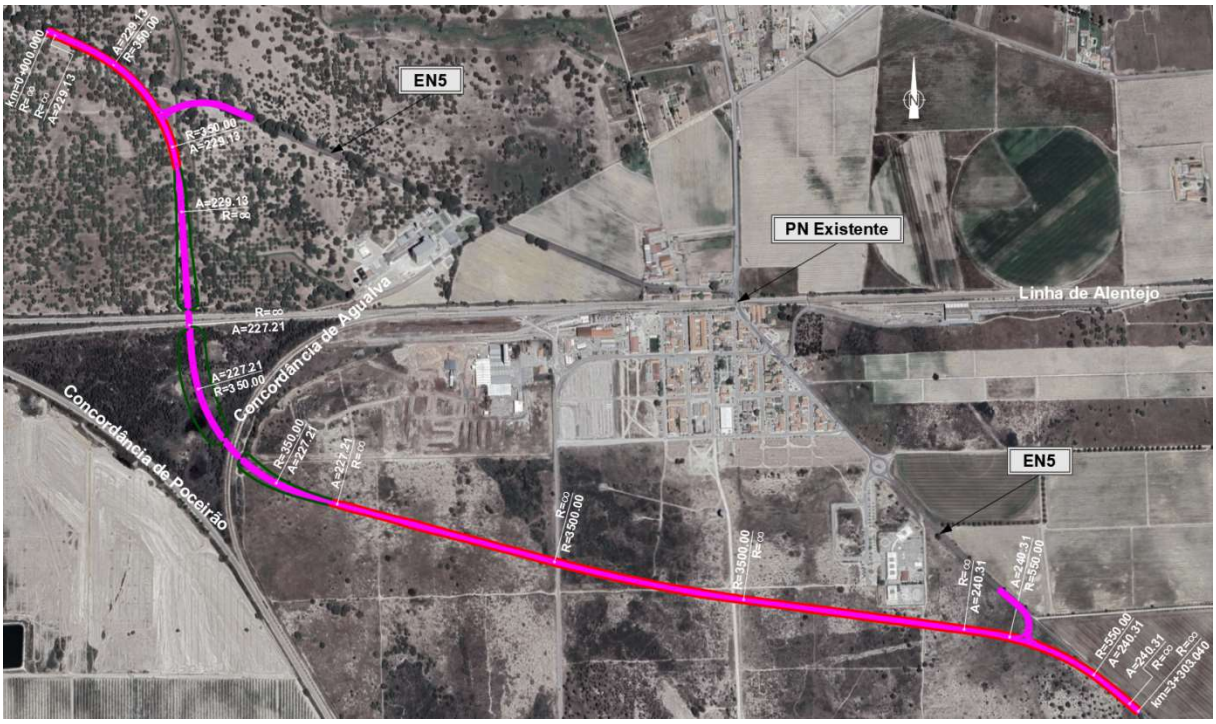


Figura 4.2 – Parâmetros geométricos da diretriz da Alternativa A

Por fim, é imprescindível realizar uma análise criteriosa relativamente à transição entre o traçado existente e o novo, especialmente no que diz respeito aos entroncamentos resultantes da reconfiguração da EN5, no início e no fim desta solução.

Tendo por base que o núcleo urbano está localizado a Sul da estação ferroviária do Poceirão e que, a Norte, existem apenas a Guarda Nacional Republicana e algumas residências, considera-se aceitável que se priorize o tráfego de passagem em detrimento do tráfego local. Nesse sentido, a deslocação da zona Norte para a zona Sul da Linha do Alentejo, ou vice versa, é realizada através dos entroncamentos entre o traçado da Alternativa A e o traçado da atual estrada nacional, conforme ilustrado na Figura 4.3 e na Figura 4.4.

Nestas configurações é fundamental considerar aspetos relacionados com a segurança rodoviária, como a implantação dos entroncamentos no extradorso da curva, favorecendo a visibilidade para os condutores que pretendem aceder à variante da EN5. Além disso, é crucial que o entroncamento seja perpendicular ao traçado da variante, assegurando que os movimentos de entrada e saída sejam executados de forma eficiente, em concordância com um raio adequado para cada manobra.

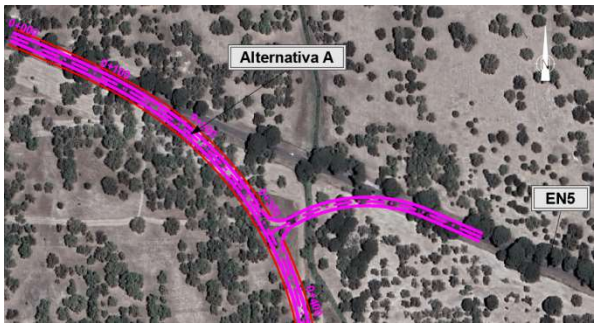


Figura 4.3 – Entroncamento com a atual EN5 ao km 0+300 da Alternativa A

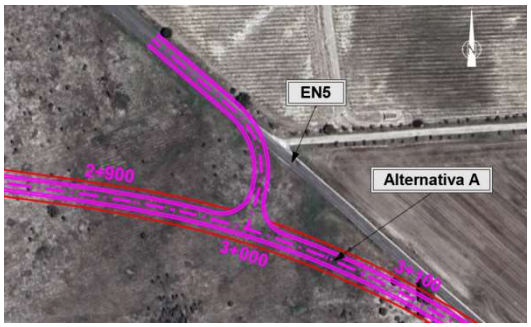


Figura 4.4 - Entroncamento com a atual EN5 ao km 3+000 da Alternativa A

No que diz respeito ao perfil longitudinal da Alternativa A, foram definidas inclinações de forma a manter o novo traçado próximo do terreno natural, evitando grandes taludes e, consequentemente, a minimização da expropriação. No entanto, à medida que o traçado se aproxima da Linha do Alentejo, torna-se necessário elevar a rasante para garantir o gabarito vertical de 7,50 m, conforme mencionado anteriormente. Adicionalmente, foi considerada uma espessura de 1,50 m para a obra de arte (OA), o que implica que o perfil longitudinal, na zona de interseção com a Linha do Alentejo, deve situar-se a, pelo menos, 9,00 m da cota do carril da fila alta.

Para assegurar o cumprimento do gabarito vertical, tendo em vista que esta solução envolve a construção de duas passagens superiores para a transposição da linha ferroviária — sobre a Linha do Alentejo e a Concordância de Agualva — e que a distância entre essas passagens é de cerca de 325 m, foram estudadas várias alternativas, de modo a otimizar esta zona do traçado. Concluiu-se que não seria vantajoso adotar dois traineis distintos, um descendente e outro ascendente, entre as duas OA, optando-se por um trainel descendente intermédio com inclinação de 0,5%, de modo a garantir o gabarito vertical nas duas PSR.

As concordâncias verticais para uma velocidade de tráfego de 90 km/h devem respeitar os valores mínimos de 3000 m e 2500 m para concordâncias convexas e côncavas, respetivamente, tal como referido anteriormente. Complementarmente, para essa mesma velocidade, existem limites de desenvolvimento mínimo que devem ser seguidos, sempre que possível: 70 m para concordâncias convexas e 120 m para concordâncias côncavas.

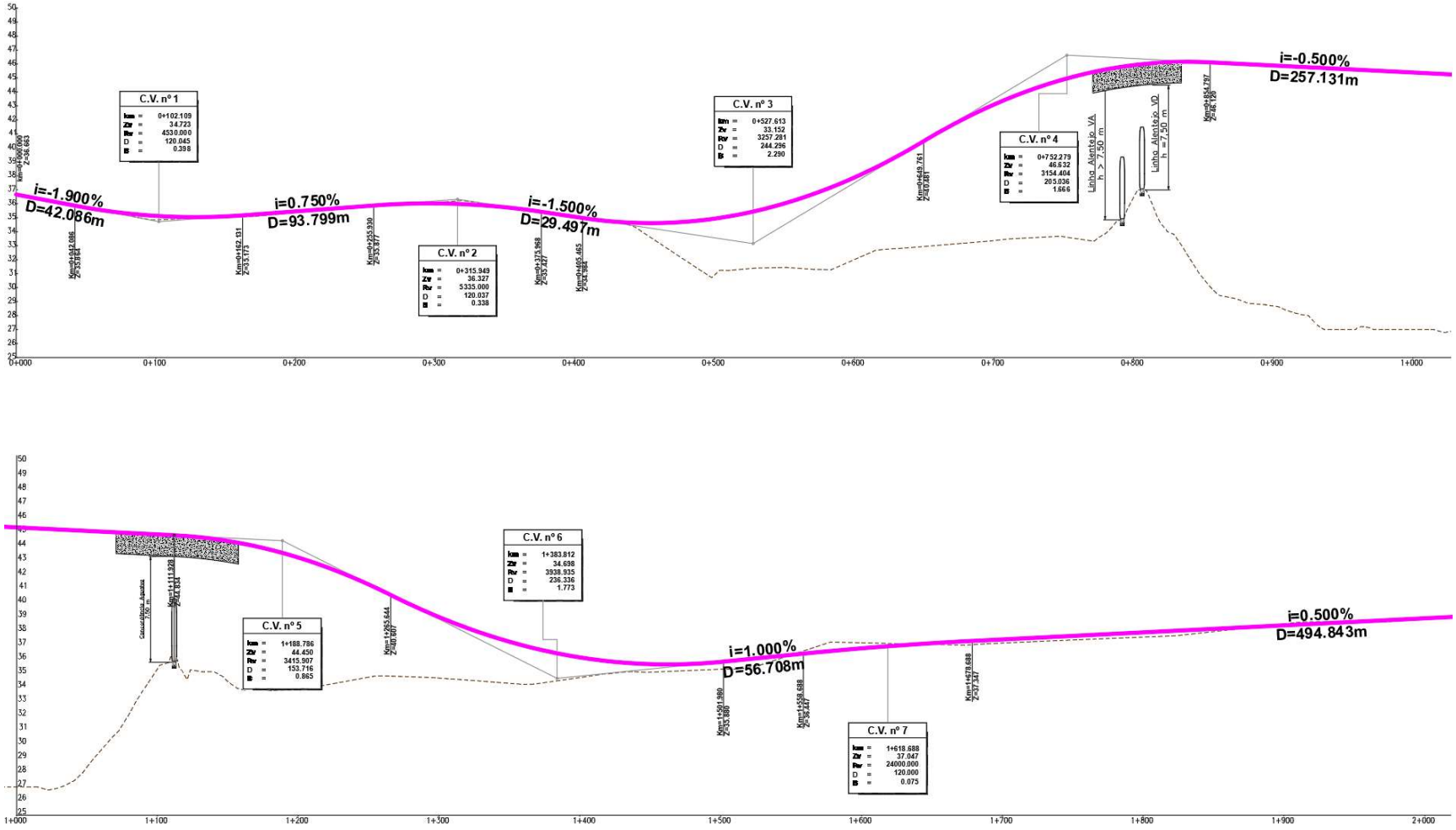
A rasante da Alternativa A é constituída por 11 concordâncias verticais, sendo seis convexas e cinco côncavas, e por 12 traineis, com inclinações compreendidas entre 0,5% e 6,5%.

As concordâncias convexas apresentam raios variando entre 3154 m e 24000 m, cumprindo assim os valores mínimos exigidos pela Norma de Traçado, tanto em termos de raios como de desenvolvimentos.

As concordâncias côncavas possuem raios entre 3257 m e 12000 m, também respeitando os valores mínimos estabelecidos na Norma de Traçado para os raios e os desenvolvimentos.

Na proximidade das vias-férreas, a combinação de concordâncias verticais convexas e côncavas consecutivas, assegura que a inclinação máxima de 6,5% ocorre apenas pontualmente, nomeadamente ao km 0+649,761 e ao km 1+265,644. Tal situação repete-se ao km 2+862,088 entre a concordância vertical n.º 10 e a concordância vertical n.º 11 para uma inclinação de 1,2%.

O perfil longitudinal da Alternativa A é apresentado na Figura 4.5 e pode ser consultado em detalhe na peça desenhada TFM.MC.006.00.


C.V. nº 1
km = 0+102.109
Zv = 34.723
Rv = 453.000
D = 120.045
θ = 0.398
C.V. nº 2
km = 0+315.949
Zv = 36.327
Rv = 5335.000
D = 120.037
θ = 0.338
C.V. nº 3
km = 0+527.613
Zv = 33.152
Rv = 3257.281
D = 244.296
θ = 2.290
C.V. nº 4
km = 0+752.279
Zv = 46.632
Rv = 3154.404
D = 205.036
θ = 1.666
C.V. nº 5
km = 1+188.786
Zv = 44.450
Rv = 3415.907
D = 153.716
θ = 0.865
C.V. nº 6
km = 1+383.812
Zv = 34.698
Rv = 3938.935
D = 236.336
θ = 1.773
C.V. nº 7
km = 1+618.688
Zv = 37.047
Rv = 24000.000
D = 120.000
θ = 0.075
i=-1.900%
D=42.086m
i=0.750%
D=93.799m
i=-1.500%
D=29.497m
i=1.000%
D=56.708m
i=-0.500%
D=257.131m
i=0.500%
D=494.843m
Linha Alentejo_VA
h > 7,50 m
Linha Alentejo_VD
h > 7,50 m

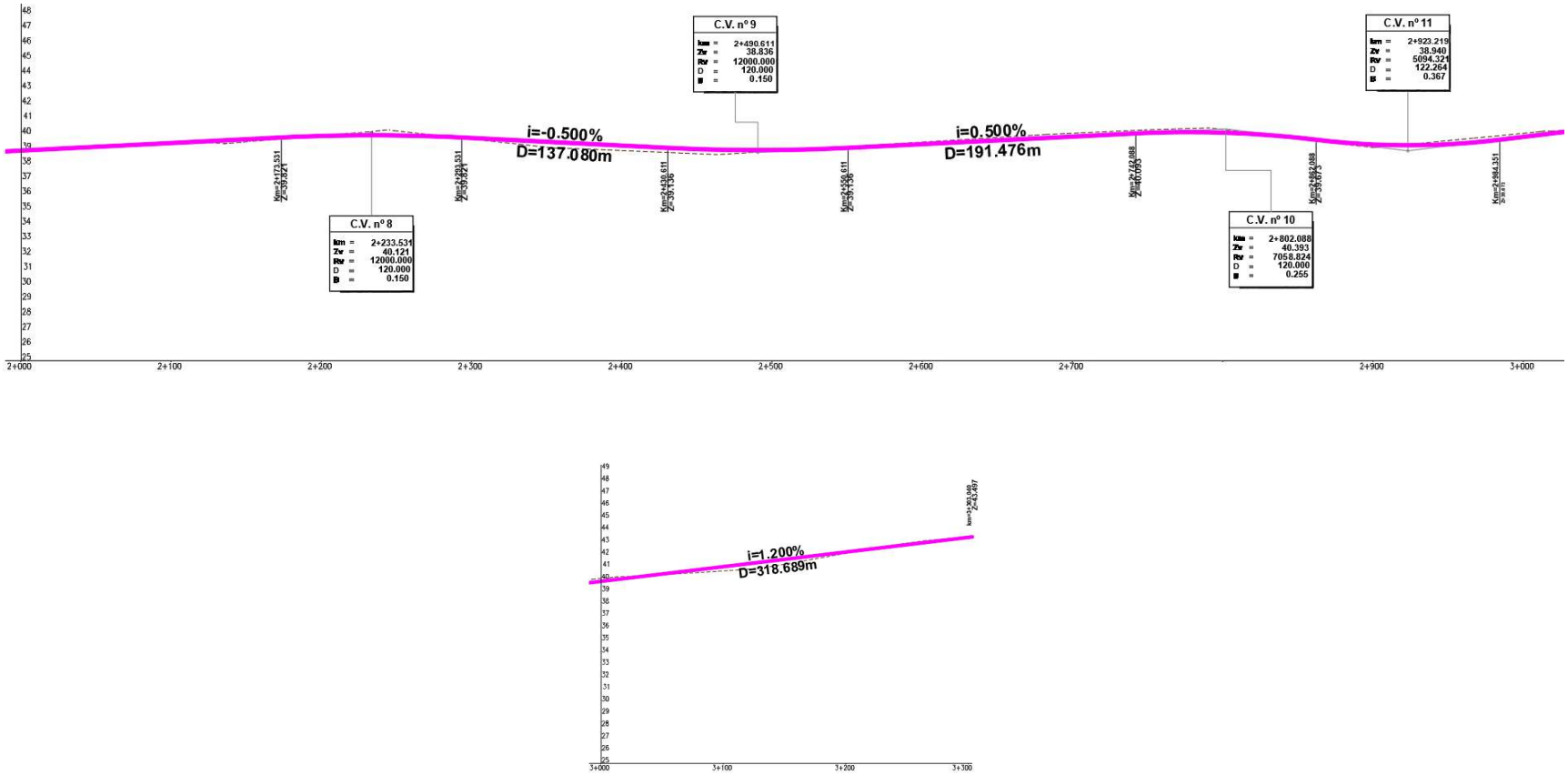


Figura 4.5 – Perfil longitudinal da Alternativa A

O perfil transversal tipo da alternativa A é composto por:

- Faixa de rodagem com uma via em cada sentido (1x2 vias);
- Vias de 3,50 m de largura;
- Bermas pavimentadas de 2,50 m (tendo em consideração que a velocidade de circulação é superior à da Solução Base);
- Concordância de Escavação com 0,60 m;
- Talude com a geometria V/H 1:1,5;
- Quando a altura do talude de aterro for superior a 3,00 m, implementa-se uma barreira de segurança no limite da berma, na concordância de 0,75 m de largura;
- No caso de ser em escavação, modela-se uma vala em terra com largura variável, sendo que o seu fundo encontra-se sempre a, pelo menos, 0,30 m da base da última camada de pavimento, de forma a garantir uma drenagem eficiente de todas as camadas.

O pormenor deste perfil pode ser observado na Figura 3.6.

O pavimento adotado caracteriza-se por:

- Pavimento do tipo flexível;
- Camada de desgaste de 0,05 m em betão betuminoso;
- Camada de ligação de 0,05 m em macadame betuminoso;
- Camada de base de 0,06 m em macadame betuminoso;
- Camada de base de 0,20 m em ABGE;
- Camada de sub-base de 0,20 m em ABGE;
- Camada de leito do pavimento de 0,15 m em ABGE, com o intuito de conferir melhores características ao solo existente na zona em estudo.

O pormenor deste tipo de pavimento pode ser observado na Figura 3.8.

4.2 Alternativa B

Para garantir os parâmetros mínimos exigidos pela Norma de Traçado, foi necessário desviar o traçado da Solução Base para Este, transpondo a via-férrea numa área destinada ao estacionamento de material circulante. Assim, a solução da PSR apresenta maiores

condicionantes em relação ao comprimento do tabuleiro, uma vez que será necessário transpor um número maior de linhas ferroviárias.

O traçado é constituído por uma sequência de alinhamentos retos e de duas curvas circulares concordadas por clotóides.

Os valores adotados para os raios das duas curvas circulares são de 350 m e o parâmetro da clotóide é de A = 192 m e de A = 132 m, para a primeira e segunda curva, respetivamente. Estes valores estão em conformidade com os limites estabelecidos pela Norma do Traçado, sendo o comprimento total do restabelecimento de 1014,546 m. Para as curvas com raio de 350 m, a sobrelevação terá um valor de 7%.

Relativamente à ligação à rede rodoviária existente, é fundamental analisar a transição com a alternativa proposta, sendo necessário implementar uma interseção giratória a Norte, semelhante àquela do traçado da Solução Base, e adicionar um ramo na rotunda existente a Sul.

O traçado em planta da Alternativa B está detalhado na Figura 4.6 e pode ser consultado com mais profundidade na peça desenhada TFM.MC.007.00.



Figura 4.6 – Parâmetros geométricos da diretriz da Alternativa B

O perfil longitudinal é constituído por quatro traineis com inclinação de 0,5% e 6,5% concordados por três curvas verticais consecutivas, duas côncavas e uma convexa, cujos valores dos raios são, respetivamente de 3155 m, 2750 m e 2500 m, no sentido crescente da quilometragem.

O traçado da Alternativa B está situado entre duas interseções giratórias, o que limita o desenvolvimento dos traçados estudados e não favorece a velocidade de tráfego de 90 km/h, dado que essas interseções podem funcionar como medidas de acalmia de tráfego. Nesse sentido, foi considerada uma velocidade de tráfego de 50 km/h, que permite valores mínimos para os raios das concordâncias verticais de 1500 m para convexas e de 800 m para côncavas e desenvolvimento mínimo de 40 m e 60 m, para as concordâncias convexas e côncavas, respetivamente.

Os elementos constituintes da rasante respeitam os valores mínimos da Norma de Traçado para uma velocidade de tráfego de 50 km/h, imposta sobretudo devido à concordância convexa, e a sinalização deve estar de acordo com essa mesma velocidade.

É importante notar que as duas primeiras concordâncias verticais foram projetadas para eliminar traineis de curta extensão, criando inclinações pontuais para facilitar a transição entre todos os traineis e, por isso, apresentam raios que não são uniformes.

O perfil longitudinal da Alternativa B pode ser visualizado na Figura 4.7 e consultado com mais detalhes na peça desenhada TFM.MC.007.00.

O perfil transversal tipo e o pavimento adotados para esta solução são muito semelhantes aos da alternativa anterior. A configuração inclui uma faixa de rodagem com uma via em cada sentido (1x2 vias), bermas pavimentadas de 1,50 m de largura, valas em terra com largura variável e taludes com geometria V/H 1:1,5. O pavimento é composto por três camadas betuminosas e três camadas granulares, sendo a camada inferior um leito de pavimento em ABGE.

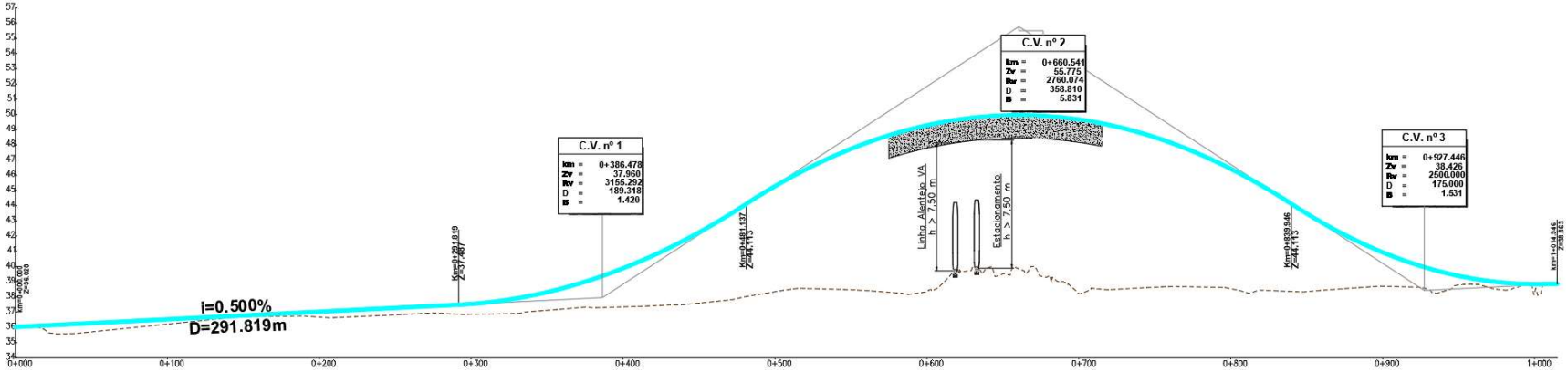


Figura 4.7 – Perfil longitudinal da Alternativa B

4.3 Alternativa C

Esta solução constitui um traçado alternativo à Solução Base e à Alternativa B apresentada no ponto anterior, com o objetivo de otimizar as características geométricas. A proposta visa realizar a interseção com a via-férrea num ponto próximo ao da Solução Base, minimizando assim a extensão da obra de arte e evitando o cruzamento das vias de estacionamento do material circulante.

O traçado tem uma extensão total de 923 metros e é constituído por três alinhamentos retos e duas curvas circulares concordadas por clotóides.

Os valores adotados para os raios das curvas circulares são de 350 m e 100 m e o parâmetro da clotóide para o maior raio é de A = 167 m, sendo o parâmetro associado ao menor raio de A = 75 m. Para as duas curvas a sobrelevação terá um valor de 7%.

Comparando os parâmetros adotados com os estabelecidos na Norma de Traçado, verifica-se que a primeira curva composta está em conformidade com os limites definidos, tanto em relação ao raio quanto ao desenvolvimento, no entanto, a segunda curva composta não atende aos valores mínimos exigidos. Esta situação decorre das limitações de desenvolvimento impostas pela necessidade de situar o traçado entre a interseção da Rua António Matias e o CM 1034, a Norte do Poceirão, e a rotunda existente a Sul.

Desta forma, conclui-se que a solução proposta deverá ter uma limitação de velocidade máxima permitida de 50 km/h, semelhante à da Solução Base, devido ao não cumprimento dos parâmetros projetados para uma velocidade de tráfego de 90 Km/h.

Adicionalmente, realça-se a necessidade de analisar a transição entre o traçado atual da EN5 e a Alternativa C, que requer a criação de uma interseção giratória a Norte e um ramo na rotunda existente a Sul, conforme observado no traçado da Solução Base e no ponto anterior.

O traçado em planta da Alternativa C pode ser visualizado na Figura 4.8 e consultado em detalhe na peça desenhada TFM.MC.008.00.

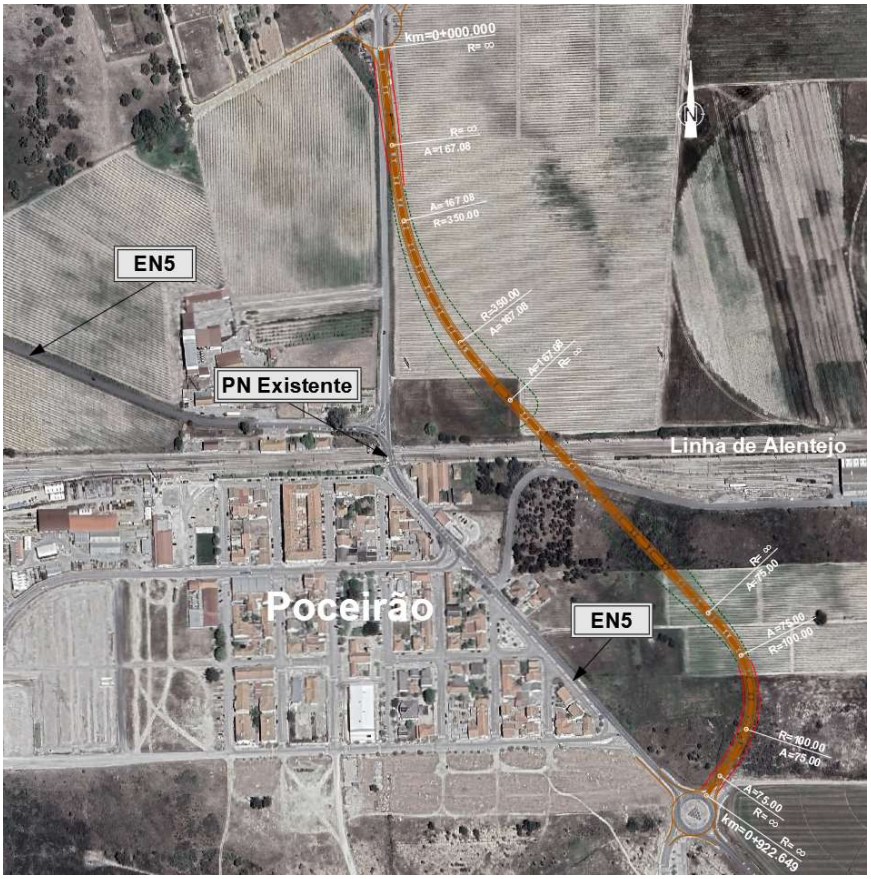


Figura 4.8 – Parâmetros geométricos da diretriz da Alternativa C

O perfil longitudinal é constituído por quatro traineis com inclinação de 0,5% e 6,5% concordados por três curvas verticais consecutivas, duas côncavas e uma convexa, cujos valores dos raios são, respetivamente, de 4400 m, 3005 m e 2500 m, no sentido crescente da quilometragem.

À semelhança do ponto anterior, o traçado da Alternativa C está situado entre duas interseções giratórias, o que limita o desenvolvimento do traçado e a velocidade praticada na via de transposição do caminho de ferro devido ao comportamento dos condutores perante estes dois elementos de acalmia de tráfego.

Independentemente destas condicionantes, os parâmetros dos elementos da rasante da Alternativa C respeitam os limites impostos pela Norma de Traçado para uma velocidade de tráfego de 90 km/h, sendo o raio da concordância convexa o mais limitado, pois apenas respeita o raio mínimo absoluto.

Contudo, a circulação rodoviária deverá ser limitada à velocidade de tráfego de 50 km/h, uma vez que está compreendida entre duas rotundas e, do ponto de vista da segurança rodoviária, não é vantajoso o aumento da velocidade entre estes dois elementos.

O referido perfil longitudinal pode ser visualizado na Figura 4.9 e consultado em detalhe na planta desenhada TFM.MC.008.00.

O perfil transversal tipo e o pavimento adotados para esta solução são idênticos aos utilizados no ponto anterior. Isto inclui a presença de uma faixa de rodagem com uma via em cada sentido (1x2 vias), bermas pavimentadas de 1,50 m, valeta em terra com largura variável e taludes com uma geometria de V/H 1:1,5. O pavimento é composto por três camadas betuminosas e três camadas granulares, sendo a camada superior um leito de pavimento em ABGE.

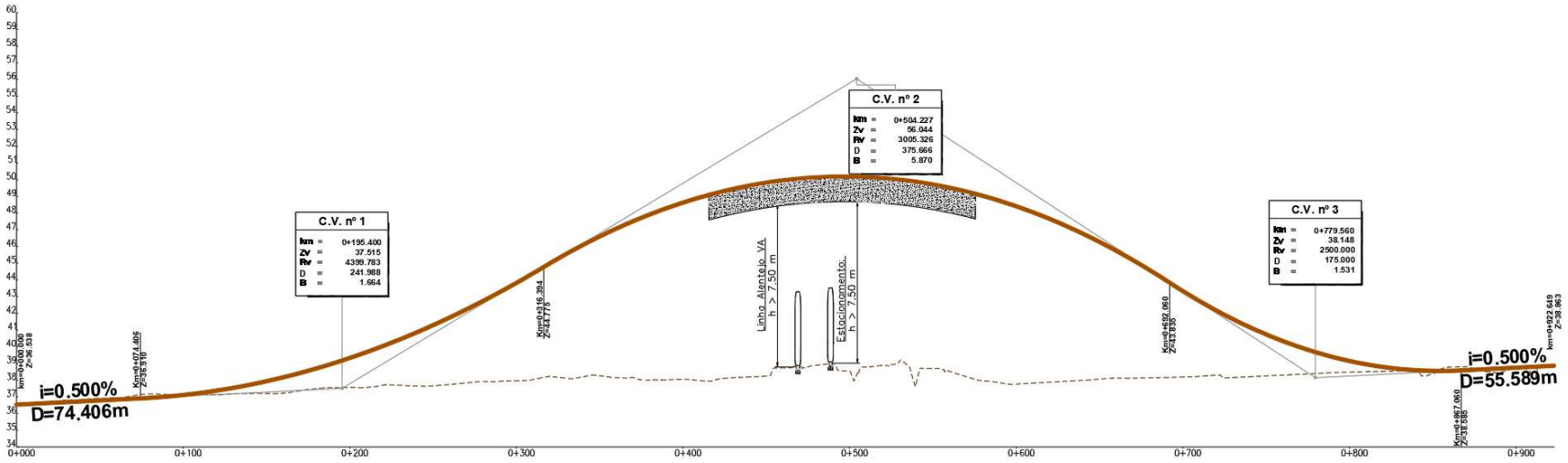


Figura 4.9 –Perfil longitudinal da Alternativa C

4.4 Comparação entre Alternativas

Com base nas alternativas apresentadas nos Pontos 4.1, 4.2 e 4.3, considera-se necessário realizar uma comparação para avaliar os benefícios e inconvenientes associados a cada uma delas.

No Quadro 4.1 apresenta-se a comparação entre alguns parâmetros para as três alternativas e para a Solução Base, tais como a sua extensão, número de obras de arte, entre outras.

A Alternativa A distingue-se por apresentar uma extensão significativamente superior à Alternativa B, o que implica uma maior área de implantação e consequentemente maior área de expropriação. A Alternativa B surge da necessidade de otimizar o traçado da Solução Base, propondo uma interseção com a via-férrea mais afastada da localidade do Poceirão, no entanto é condicionada pela zona de estacionamento do material circulante. Este fator cria um considerável obstáculo à construção da obra de arte proposta devido às limitações de espaço entre as várias linhas para a instalação dos pilares e ao acesso existente às oficinas, especialmente devido ao elevado gabarito exigido para a passagem de transportes excecionais. A Alternativa C tem praticamente a mesma extensão da Solução Base, resultando da necessidade de situar a obra de arte numa zona onde a estrada nacional, a Sul da Linha do Alentejo, se encontra mais próxima desta. Assim, é possível garantir que a PSR tenha um comprimento de tabuleiro mais reduzido e não haja necessidade de implantar pilares entre as linhas ferroviárias.

Em termos técnicos, as quatro soluções diferenciam-se notavelmente pelas obras de arte necessárias. A Alternativa A requer duas obras de arte, enquanto a Alternativa B, a Alternativa C e a Solução Base estão associadas apenas uma. Esta diferença é significativa e deve-se ao facto de que, na Alternativa A, o novo traçado tem de transpor a via-férrea na zona de bifurcação entre a Linha do Alentejo e a Concordância de Agualva, exigindo duas passagens superiores rodoviárias para o efeito.

Quadro 4.1 - Comparação entre soluções alternativas

Parâmetro	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Solução Base
Extensão	3303 m	1015 m	923 m	934 m
N.º OA	2	1	1	1
Extensão OA	50 m e 100 m	100 m	50 m	50 m
Elemento em planta na OA	Alinhamento Reto e Curva Circular	Duas curvas de transição	Alinhamento Reto	Alinhamento Reto
Variação da Sobrelevação na OA	Não	Sim	Não	Não
Atravessa o Poceirão	Não	Sim	Sim	Sim
N.º Curvas	4	2	2	4
Raio Mínimo	350 m	350 m	100 m	100 m
Parâmetro A mínimo	227 m	192 m	167 m	60 m
Inclinação Mínima dos Trainéis	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
Inclinação Máxima dos Trainéis	6,5%	6,5%	6,5%	6,5%
N.º Concordâncias Convexas	6	1	1	1
Raio Concordância Convexa Mínima	3154 m	2760 m	3005 m	2000 m
N.º Concordâncias Côncavas	5	2	2	2
Raio Concordância Côncava Mínima	3257 m	3155 m	2500 m	2977 m

O pavimento, a sobrelevação e o sistema de drenagem das quatro soluções são idênticos, pelo que as mesmas não podem ser diferenciadas com base nesses parâmetros. Da mesma forma, considera-se que as inclinações mínimas e máximas dos traineis são equivalentes, não servindo como um fator de distinção.

Em relação à variação da sobrelevação nas PSR, também se observam diferenças entre as soluções. A Alternativa A conta com duas OA, sendo uma em alinhamento reto e outra em curva circular, o que implica ausência de variação de sobrelevação no tabuleiro. De forma semelhante, a Alternativa C e a Solução Base apresentam a OA em alinhamento reto. No entanto, a Alternativa B localiza a PSR entre duas curvas de transição, o que resulta numa variação da inclinação transversal do tabuleiro.

Do ponto de vista ambiental, a Alternativa A apresenta maiores inconvenientes comparativamente às restantes alternativas, pois devido à sua maior extensão a área de ocupação/construção também é maior, afetando o meio ambiente em maior proporção.

No que diz respeito ao tráfego, a Alternativa A oferece características consideravelmente melhores em relação à Solução Base e às Alternativas B e C, devido à segregação da EN5 da localidade do Poceirão. Isso possibilita uma velocidade de tráfego adequada à categoria da via, podendo atingir os 90 Km/h. Além da melhoria na velocidade máxima permitida, a qualidade de vida em Poceirão é significativamente melhorada através da redução dos níveis de ruído e de poluição.

O Quadro 4.2 apresenta uma comparação de determinadas vertentes especificas relacionadas ao custo aproximado de cada solução. Esses valores foram obtidos a partir da relação entre o custo da Solução Base e a sua extensão, resultando num valor por metro linear que foi, posteriormente, aplicado às Alternativas A, B e C.

Quadro 4.2 - Comparação entre custos das soluções alternativas

Parâmetro	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Solução Base
Custo OA	4 725 000 €	3 150 000 €	1 575 000 €	1 575 000 €
Terraplenagem	2 517 979 €	770 024 €	710 732 €	719 200 €
Pavimentação	2 347 328 €	717 837 €	662 564 €	670 460 €
Sinalização Horizontal	13 129 €	4 015 €	3 706 €	3 750 €
Barreira de Segurança	265 230 €	81 110 €	74 865 €	75 757 €
Delineadores	19 944 €	6 099 €	5 630 €	5 697 €
Total	9 888 610 €	4 729 085 €	3 032 497 €	3 049 864 €

Conclui-se que a Alternativa A é claramente a mais dispendiosa, devido à sua maior extensão e à implementação de duas PSR.

Em termos do custo das OA, a Solução Base apresenta um valor de 1 575 000 € para uma extensão de tabuleiro de aproximadamente 50 m, ou seja, um valor por metro linear de 31 500 €. Considerando que a Alternativa A inclui duas passagens superiores rodoviárias (uma de 50 m e outra de 100 m), a Alternativa B uma PSR de 100 m, e a Alternativa C uma PSR de 50 m, observa-se que a Alternativa A exige um investimento significativo, enquanto a Alternativa C aproxima-se do valor da Solução Base e é cerca de metade do custo da Alternativa B.

Em relação aos custos de terraplenagem e pavimentação, obteve-se um valor por metro linear de 770 € e 718 €, respetivamente, o que representa um investimento superior a 2 000 000 € para essas duas vertentes na Alternativa A, considerando que a sua extensão ultrapassa os 3 000 m. Para as Alternativas B e C, os custos são bastante semelhantes, situando-se em torno de 700 000 €, ou seja, menos de metade da Alternativa A.

No que diz respeito à sinalização, e devido às variações nos traçados, considerou-se apenas a marcação horizontal e os delineadores, uma vez que a sinalização vertical depende do número de sinais instalados e não apresenta uma boa correlação com a extensão do traçado. Assim, obteve-se um custo de 4 € por metro linear para a marcação horizontal e de 6 € por metro linear para os delineadores, sem distinção entre delineadores instalados no solo ou nas barreiras de segurança.

Verifica-se também que a Alternativa A exige um maior investimento, com valores de 13 000 € para a marcação horizontal e 20 000 € para os delineadores, em comparação com as Alternativas B e C, cujos custos rondam os 4 000 € e 6 000 €, respetivamente.

Por fim, a instalação de barreiras de segurança tem um custo de 81 € por metro linear, resultando num valor total de 265 000 € para a Alternativa A, 81 000 € para a Alternativa B e 75 000 € para a Alternativa C. Importa salientar que o valor para a Solução Base é praticamente o mesmo da Alternativa C, dado que as suas extensões são muito semelhantes.

Em suma, considera-se que a Alternativa C é a melhor opção pois permite uma melhoria geométrica em relação ao traçado da Solução Base e um custo ligeiramente menor quando comparada com as restantes alternativas. A Alternativa B é muito condicionada, devido à localização da passagem superior rodoviária numa zona complexa para a transposição da linha de caminho de ferro no Poceirão.

Por fim, a Alternativa A é claramente a mais onerosa, em virtude da sua extensão significativamente maior e da presença de duas PSR, contudo considera-se uma solução válida pelos benefícios da segregação do tráfego de passagem, nomeadamente na velocidade máxima permitida, e nos benefícios para a qualidade de vida dos residentes do Poceirão. Ainda assim, refere-se que ambientalmente terá um impacto muito superior às restantes soluções, pois implica uma maior área de construção.

5 MEDIDAS ADICIONAIS DE SEGURANÇA RODOVIÁRIA

Em termos gerais, quando se pretende adotar medidas adicionais na rede rodoviária, o processo para a correta implementação dessas medidas inicia-se pela identificação dos locais a serem tratados e pela identificação das medidas a aplicar. Posteriormente, é necessário efetuar-se uma análise económica para se estabelecerem custos de execução das medidas selecionadas e elaborar uma comparação entre estas, tendo por base os possíveis benefícios de cada uma. Por fim, desenvolve-se uma análise à envolvente do local e a integração da medida a nível nacional.

"*A dificuldade numa avaliação económica deste tipo está essencialmente na determinação dos benefícios quer pela estimação da redução dos acidentes quer pelo valor do custo de um acidente.*" (Seco, Ferreira, Silva, & Costa, 2008). Assim, entende-se por custo de um acidente o valor dos materiais, custos humanos e sociais (o que é discutível e subjetivo) resultante de uma metodologia que forneça um valor económico estabelecido para estes fenómenos. Normalmente, tal resulta da classificação dos acidentes quanto à sua gravidade que pode ser dividida em quatro tipos: acidente só com danos materiais, acidentes com feridos ligeiros, acidentes com feridos graves e acidentes com mortes.

Por sua vez, "O*s custos de implementação incluem custos de construção e materiais, mas também de manutenção, projecto, fiscalização dos trabalhos, monitorização, gestão de tráfego, sinalização temporária, etc.*" (Id., 2008).

Adicionalmente, em virtude da importância da circulação pedonal, é necessário referir que elementos como passeios e iluminação pública influenciam a conceção, instalação e eficácia da sinalização.

Os passeios são áreas dedicadas para o tráfego exclusivo de peões, onde a largura e o formato influenciam diretamente o dimensionamento da sinalização, nomeadamente a altura do sinal vertical, medida entre o bordo inferior do sinal e o ponto mais alto do passeio, que deve respeitar os valores de 1,50 m fora das localidades e não inferior a 2,20 m dentro das localidades (INIR, 2010f).

Por outro lado, a iluminação tem um impacto direto no dimensionamento da sinalização rodoviária, influenciando aspetos como a visibilidade, legibilidade e a eficácia dos sinais verticais e outros dispositivos de sinalização, especialmente em condições de baixa luminosidade.

Tendo em consideração a avaliação realizada à geometria do traçado da Solução Base, apresentada no Capítulo 3 do presente trabalho, torna-se essencial adotar medidas adicionais no âmbito de outras vertentes do projeto (sinalização, equipamentos de segurança, pavimentação, entre outros), que permitam minimizar os problemas identificados, garantindo uma melhoria em termos de segurança rodoviária.

Nesse sentido, existem várias medidas de baixo custo que permitem a sua implementação pontual com um investimento reduzido, melhorando significativamente a segurança na circulação.

No presente capítulo, serão descritas as vertentes de sinalização e equipamentos de segurança implementados no projeto da Solução Base, assim como serão apresentadas recomendações de medidas adicionais passíveis de serem aplicadas nessa solução.

5.1 Sinalização prevista na Solução Base

No projeto de sinalização da Solução Base, para além da sinalização vertical (constituída por sinais de regulação de trânsito e por sinais de indicação) e de marcas rodoviárias habitualmente utilizadas neste tipo de estradas, contempla adicionalmente as bandas cromáticas, pertencente à sinalização de pré-aviso.

Os pré-avisos são elementos de sinalização utilizados para alertar os condutores sobre situações específicas, como a aproximação de um perigo ou a necessidade de atenção especial. Podem ser divididos em dois grupos principais, as bandas sonoras e as bandas cromáticas e "*caracterizam-se pela repetição, de forma variável, de bandas ou faixas transversais à faixa de rodagem*" (Seco, Ferreira, Silva, & Costa, 2008).

As bandas cromáticas são elementos que induzem um impacto visual aos condutores para que estes adaptem a sua condução face a possíveis perigos que possam surgir. A sua implementação encontra-se regulamentada através da Norma das Marcas Rodoviárias (INIR, 2010b). Esta marcação transversal é executada em conjuntos de duas unidades, paralelas entre si, com largura de 0,50 m, afastadas de 0,30 m entre si e de 0,20 m das guias, passeios ou da linha axial, como representado através da Figura 5.1. O espaçamento entre cada conjunto de unidades é degressivo à medida que se aproxima do elemento a alertar.

Os materiais utilizados neste tipo de sinalização são, geralmente, de elevada resistência e com propriedades retrorrefletoras, aumentando a visibilidade à noite ou em condições climáticas adversas.

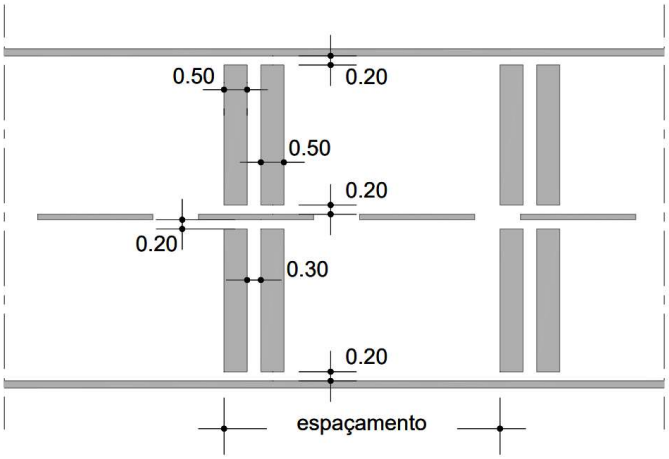


Figura 5.1 - Bandas Cromáticas em Faixa Unidirecional (INIR, 2010b)

As bandas cromáticas têm como principais objetivos:

- Induzir a redução de velocidade de forma progressiva;
- Alertar em zonas perigosas, nomeadamente, passagens para peões, cruzamentos e interseções sem sinalização semafórica;
- Reforçar a atenção do condutor;
- Aumentar a segurança em zonas de travessia pedonal, especialmente em zonas escolares.

Em curvas, no entanto, as bandas cromáticas apresentam problemas devido à diminuição do coeficiente de atrito do pavimento, podendo provocar acidentes, sobretudo nos veículos de duas rodas.

No Quadro 5.1 estão apresentadas as vantagens e inconvenientes da utilização deste tipo de sinalização.

Quadro 5.1 - Vantagens e Inconvenientes da utilização das bandas cromáticas

Vantagens	Inconvenientes
Efeito psicológico, obrigando o condutor a reduzir a velocidade	Desgaste com o tempo, necessitando de manutenção frequente
Aumento da visibilidade devido ao material retrorrefletor	Aumento do risco de despiste em curva, sobretudo a veículos de duas rodas
Ótima relação custo-benefício	Aumento dos níveis de ruído

Na Solução Base, as bandas cromáticas estão implementadas a montante das duas interseções giratórias, por forma a alertar os condutores para estes elementos no traçado.

Em complemento à sinalização preconizada, o projeto considera a aplicação de delineadores ao longo de toda a extensão da Solução Base, apesar de estar prevista a implantação de iluminação pública no traçado, como um reforço da sinalização.

Os delineadores são dispositivos de sinalização rodoviária usados para orientar o tráfego rodoviário e melhorar a segurança, especialmente em áreas onde a visibilidade das faixas de rodagem ou de obstáculos é reduzida, promovendo uma balizagem contínua da estrada.

Em faixas de rodagem bidirecionais, os delineadores a utilizar possuem "*dispositivos retrorreflectores brancos, sendo rectangulares à direita do condutor e circulares à esquerda (dois círculos)*" (INIR, 2010c), como pode ser observado através da Figura 5.2. Estes elementos podem ser apoiados no solo ou sobre dispositivos de retenção, quando estes existam (Figura 5.3).

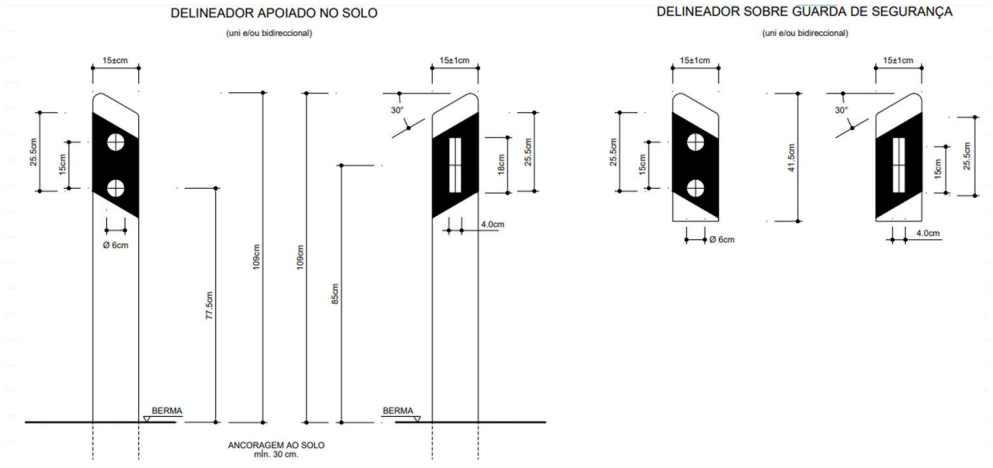


Figura 5.2 - Delineadores em faixas bidirecionais (INIR, 2010c)

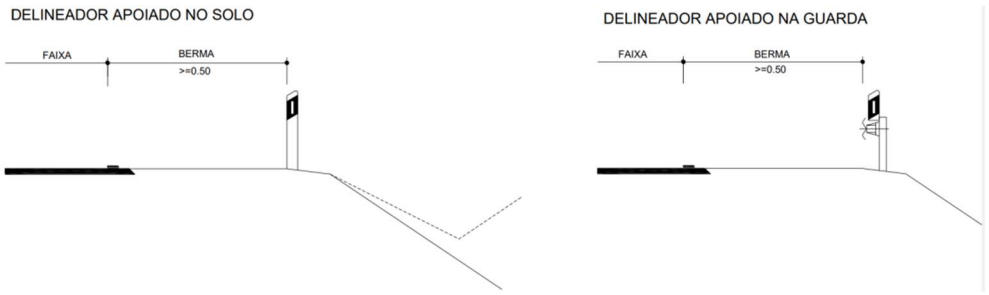


Figura 5.3 - Delineadores apoiados no solo e na barreira de segurança (INIR, 2010c)

A adoção deste tipo de elementos apresenta como principais objetivos:

- Balizagem contínua da estrada, especialmente em curvas perigosas onde a visibilidade das faixas de rodagem é limitada;
- Melhoraria da visibilidade noturna em vias com pouca ou nenhuma iluminação pública, refletindo a luz dos faróis dos veículos com o intuito de criar uma guia contínua para o condutor;
- Delimitação dos limites da faixa de rodagem.

No Quadro 5.2 estão descritas algumas vantagens e inconvenientes da utilização de delineadores.

Quadro 5.2 - Vantagens e Inconvenientes da utilização dos delineadores

Vantagens	Inconvenientes
Aumento da segurança	Desgaste natural
Melhoria da visibilidade	Dano relativo a impacto com veículos
Redução de acidentes	Eficácia limitada em altas velocidades
Elevada durabilidade, pouca manutenção	

5.2 Equipamentos de Segurança previstos na Solução Base

No projeto de equipamentos de segurança da Solução Base foram implementas barreiras de segurança ao longo da maioria do traçado devido à altura dos aterros ser superior a três metros e aos diversos obstáculos presentes na Área Adjacente à Faixa de Rodagem (AAFR).

Estes elementos de segurança são equipamentos instalados ao longo das infraestruturas rodoviárias com o objetivo de "*conter e redirecionar, os veículos descontrolados, impedindo-os de embater em obstáculos localizados na AAFR*" (Gonçalves C. M., 2016).

É importante destacar que os terminais das barreiras de segurança recebem tratamentos específicos com o objetivo de minimizar os riscos associados a possíveis colisões de veículos e, no presente caso, os terminais são projetados de forma a serem enterrados no solo, normalmente designados por terminais de montante a cota variável.

No caso em estudo foram implementadas barreiras de segurança do tipo semi-flexível "N2-W4-A", ou seja, com o nível de retenção normal "N2", nível de gravidade do embate "A", que corresponde ao maior nível de segurança e uma largura útil "W4" correspondente a um valor superior ou igual a 1,30 m, de acordo com o Manual de Aplicação de Sistemas de Retenção Rodoviários (INIR, 2010g).

Nesse sentido, todos os obstáculos a serem protegidos deverão estar situados, pelo menos uma distância de 1,30m, da face da barreira de segurança virada para o tráfego.

Por outro lado, para uma obra de arte inserida numa Estrada Nacional com uma altura de queda superior a dois metros e na proximidade de uma via-férrea, é exigido um nível de retenção "H2". Como tal, na zona da passagem superior rodoviária, foi considerado no projeto da Solução Base uma barreira de segurança com nível de retenção mais elevado "H2", nível de gravidade do embate "A" e uma largura útil "W4" de 1,30 m, correspondendo a uma barreira do tipo "H2-W4-A".

No Quadro 5.3 apresentam-se algumas vantagens e inconvenientes da utilização das barreiras de segurança.

Quadro 5.3 - Vantagens e Inconvenientes da utilização de barreiras de segurança

Vantagens	Inconvenientes
Redução de acidentes graves	Necessidade de manutenção
Proteção de infraestruturas e peões	Custo de implementação
Eficiência no controlo do tráfego	

5.3 Recomendações

Com base na análise do projeto de sinalização e equipamentos de segurança da Solução Base, considera-se que a sinalização prevista é adequada ao tipo de via, bem como o sistema de retenção preconizado, contudo recomenda-se duas medidas adicionais que representam melhorias consideráveis na segurança da circulação daquela infraestrutura: Aplicação de revestimento antiderrapante na aproximação às interseções giratórias e a colocação de baias unidirecionais no extradorso das curvas que apresentam menor raio e consequentemente menor visibilidade. Estas medidas serão brevemente descritas em seguida.

Os revestimentos antiderrapantes rodoviários são materiais aplicados sobre a superfície da faixa de rodagem das estradas com o objetivo de aumentar a aderência entre o pneu e pavimento, especialmente em condições adversas, como chuva, neve ou gelo. São essenciais para melhorar a segurança nas estradas, reduzindo o risco de derrapagem e aquaplanagem, além de fornecer maior controlo do veículo em manobras bruscas e travagens. Consistem na utilização de "*uma resina adesiva e agregado de alto PSV (valor do polimento acelerado) aplicados à superfície asfáltica da estrada*", sendo aplicados de forma "*manual […] ou aplicados mecanicamente ou por desgaste*" (Menezes, 2008).

Esta medida é projetada para aumentar o atrito entre os pneus dos veículos e a superfície da via através de agregados com uma alta resistência ao polimento aplicados sobre uma camada de adesivo ou resina.

Para a sua aplicação são necessários alguns procedimentos, tais como:

- "*Sinalização de tráfego, equipamentos, viaturas ao serviço e delimitação de áreas;*
- *Delimitação de áreas e painéis definidos para aplicação continua;*
- *Preparação de linhas de electricidade ou de gerador, se necessário;*
- *Equipamentos eléctricos de mistura dos componentes e resinas;*
- *Ferramentas e utensílios de preparação e execução do sistema;*
- *Equipamentos de protecção e sinalização individual;*
- *Equipamento mecânico de limpeza ou aspiração e transporte do quartzo sobrante do sistema*" (Inéditbase., 2024)

Os revestimentos antiderrapantes têm como principais objetivos:

- Melhoria da aderência em condições adversas;

- Redução da aquaplanagem;
- Aumento da segurança em curvas, podendo ser combinadas com as bandas cromáticas;
- Sinalização do perigo através da cor, normalmente vermelha;
- Travagem mais eficiente e cómoda.

No Quadro 5.4 estão enunciadas algumas vantagens e inconvenientes na utilização de revestimentos antiderrapantes.

Quadro 5.4 - Vantagens e Inconvenientes da utilização de revestimentos antiderrapantes

Vantagens	Inconvenientes
Redução de acidentes	Custo da instalação
Melhoria da segurança em condições adversas	Desgaste ao longo do tempo
Baixa Manutenção	

Desta forma, considera-se uma solução adequada para aplicação na Solução Base, especialmente na aproximação às interseções giratórias quando combinada com as bandas cromáticas, minimizando o problema anteriormente mencionado originado pelas faixas transversais de tinta e permitindo um aumento da aderência.

Neste âmbito, refere-se o trabalho realizado às características de superfícies de pavimentos rodoviários (Id., 2008), onde consta o estudo da aplicação de um revestimento antiderrapante em duas estradas municipais: a Estrada Municipal 603 (EM 603) e a Estrada Municipal 539-2 (EM 539-2), ambas no concelho de Sintra (Figura 5.4).

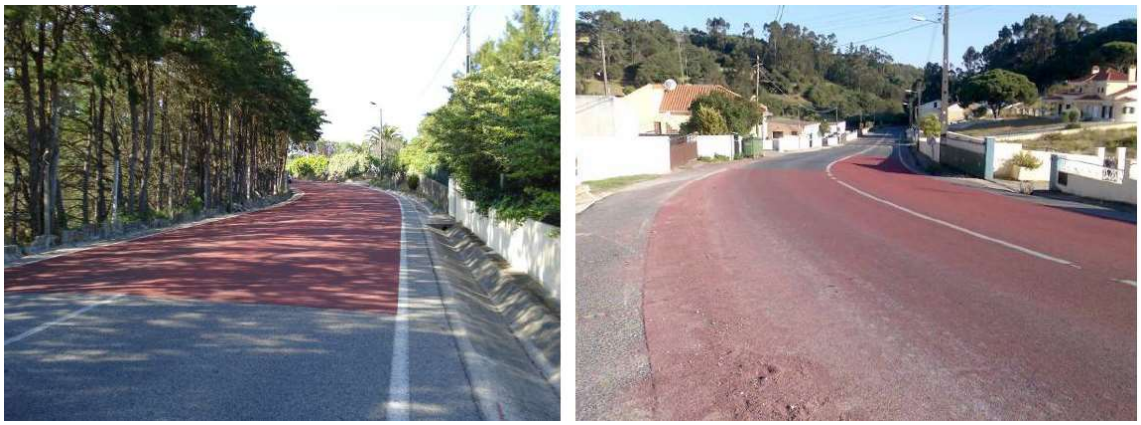


Figura 5.4 - EM 603 (à esquerda) e EM 539-2 (à direita) (Menezes, 2008)

Nas duas estradas acima representadas foram executados dois tipos de ensaios, um para determinar a resistência à derrapagem, utilizando o método do Pêndulo Britânico, e outro para determinar a profundidade da textura, utilizando-se o Ensaio Volumétrico da Mancha.

O método do Pêndulo Britânico consiste "*na avaliação das características de aderência (microtextura) de um pavimento […], permitindo a medição, localizada, do coeficiente de atrito cinemático, através da avaliação da energia absorvida por atrito, quando uma superfície de borracha do pêndulo desliza sobre o pavimento*" (Menezes, 2008). Por sua vez, o Teste da Mancha da Areia efetua-se através do "*espalhamento de um volume conhecido de material (areia fina, ou esferas de vidro) sobre a superfície do pavimento de forma circular*" (Id., 2008) sendo possível obter o diâmetro do círculo e determinar a profundidade média das depressões da superfície.

Concluiu-se que, através do método do Pêndulo Britânico, "*é claro o aumento do coeficiente de atrito com a aplicação do revestimento anti-derrapante em relação ao pavimento antigo de betão betuminoso*" e que "*ao comparar os resultados obtidos nos ensaios com o valor de referência para o coeficiente estipulado no caderno de encargos da EP [Estradas de Portugal] […] apresenta valores bastantes bons, cerca de 25% acima do valor de referência*" (Id., 2008). Por sua vez, através do Teste da Mancha da Areia, verifica-se "*um claro aumento da textura entre o pavimento antigo em betão betuminoso e o revestimento anti-derrapante*"*, sendo que* "*em recta, esse aumento foi de 100%"* (Id., 2008).

As baias direcionais são sinais verticais utilizados em complemento da sinalização de perigo, em curvas perigosas em planta. Para o traçado da Solução Base, recomenda-se a colocação de baias direcionais simples (Figura 5.5) ao longo das curvas adjacentes à passagem superior à linha férrea, colocando-as em sucessão múltipla, tal como representado na Figura 5.6.



Figura 5.5 - Baia Direcional Simples (INIR, 2010e)

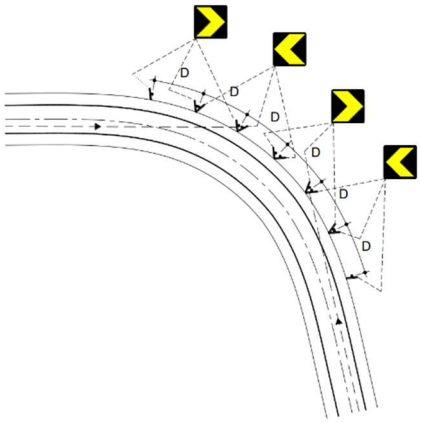


Figura 5.6 - Colocação em sucessão múltipla de baias direcionais em curva (INIR, 2010e)

Os principais objetivos da colocação de baias direcionais em curvas perigosas são:

- Orientar o condutor;
- Fornecer informação acerca do desenvolvimento e raio da curva;
- Reduzir o risco de acidentes;
- Facilitar a condução em condições adversas
- Aumentar a segurança rodoviária em curvas perigosas e entroncamentos.

No Quadro 5.5 estão descritas algumas vantagens e inconvenientes da utilização de baias direcionais para sinalização das curvas perigosas em planta.

Quadro 5.5 - Vantagens e Inconvenientes da utilização de baias direcionais

Vantagens	Inconvenientes
Melhoria na visibilidade	Necessidade de manutenção
Orientação clara e contínua	Eficácia limitada sem sinalização complementar
Aumento da segurança	

Recomenda-se que as baias direcionais sejam implementadas no extradorso das curvas que apresentam menor raio e consequentemente menor visibilidade imediatamente a montante e a jusante da Passagem Superior Rodoviária, mais concretamente ao km 0+400 m e ao km 0+600 m do traçado da Solução Base.

6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Em Portugal, as passagens de nível fazem ainda parte integrante das redes rodoviárias/ferroviárias existentes, verificando-se a existência de um número significativo de acidentes graves, o que justifica a necessidade da sua progressiva eliminação. A redução da sinistralidade é crucial para promover uma rede rodoviária e ferroviária que priorize a segurança e o bem-estar da comunidade.

Este tipo de interseções apresenta problemas específicos que necessitam de uma análise profunda e de soluções eficientes para a sua supressão. Neste âmbito, e com o desenvolvimento do presente Trabalho Final de Mestrado, foi possível estudar a futura supressão da passagem de nível na Linha do Alentejo, na zona do Poceirão, na interseção existente com a Estrada Nacional 5.

Da análise da zona de intervenção, pode-se concluir que se trata de uma área predominantemente rural, com uma economia tradicionalmente centrada na agricultura e na pecuária. O que foi imperativo para evitar, na medida do possível, expropriações que possam inviabilizar o uso desses terrenos. Adicionalmente, existem diversos edifícios comerciais e residenciais, essenciais para a dinâmica local, os quais devem ser preservados e mantidos inalterados, representando também uma condicionante relevante para o projeto de supressão da passagem de nível.

Da visita técnica de reconhecimento realizada ao local da intervenção, foi possível verificar que a EN5, a Estrada do Poceirão, o Caminho Municipal 1034 e a Rua António Matias, na zona do Poceirão apresentam, em grande parte, sistemas de drenagem ineficazes ou até inexistentes, bem como obstáculos perigosos na área adjacente à faixa de rodagem, que em caso de despiste poderão originar acidentes com gravidade. Neste âmbito, foram propostas várias medidas, no sentido de melhorar a segurança rodoviária, o estado de conservação e manutenção das referidas infraestruturas.

Embora, na maioria dos casos, o pavimento se apresente em boas condições, são evidentes, em determinadas estradas, os efeitos negativos decorrentes da ausência ou falhas nos sistemas de drenagem. Um exemplo disso é a Estrada do Poceirão que apresenta uma camada de desgaste com elevados níveis de degradação.

Tendo em consideração a análise da solução preconizada no projeto realizado (Solução Base) conclui-se que a mesma apresenta vários condicionamentos que limitam a geometria do traçado, particularmente quando comparada com as Normas de Traçado.

Um exemplo desta situação é o facto de que os raios e os parâmetros da clotóide (*A*) do novo traçado da EN5 (Restabelecimentos 1 e 1.1) não respeitam os valores limites estipulados na Norma de Traçado. De forma análoga, os raios das concordâncias convexas também não respeitam o valor limite estabelecido.

Por outro lado, o facto do Projeto de Execução da Solução Base não considerar sobrelargura para os raios das curvas circulares inferiores a 200 m é um aspeto importante a reter, que deverá ser retificado.

No que se refere às três alternativas de desnivelamento estudadas, com a finalidade de proporcionar melhores características geométricas à infraestrutura rodoviária, foi possível concluir o seguinte:

- Alternativa A (constitui uma variante à EN5, contornando a localidade do Poceirão)
    - Apresenta características geométricas que respeitam os valores estipulados na Norma de Traçado, tanto planimetricamente, como em termos de perfil longitudinal;
    - Permite uma velocidade de tráfego de 90 km/h, dando prioridade ao tráfego de passagem em detrimento do tráfego local;
    - Implica uma largura de berma superior à da Solução Base tendo em conta a velocidade superior de circulação;
    - Transposição da linha de caminho de ferro efetua-se em dois locais distintos, o que requer a construção de duas passagens superiores rodoviárias;
    - Não existe variação da sobrelevação sobre as obras de arte, estando uma em alinhamento reto e outra em curva circular;
    - Consiste numa alternativa com uma extensão elevada (superior a 3000 m), o que implica uma maior expropriação, maior impacte ambiental e socioeconómico, além de custos superiores;
    - Representa uma melhoria na qualidade de vida dos habitantes do Poceirão.

- Alternativa B
    - Desvia o traçado da Solução Base para uma zona de estacionamento de material circulante;

- Características geométricas que respeitam os valores da Norma do Traçado;
- Alternativa situa-se entre duas interseções giratórias, o que dissuade a possibilidade de circular a velocidades elevadas, embora permita velocidades de 90 km/h através dos elementos;
- Interseção com a via-férrea efetuada num só local através de uma passagem superior rodoviária;
- Existe variação da sobrelevação sobre a obra de arte, uma vez que se encontra compreendida entre curvas de transição;
- Surge a necessidade de se estudar uma terceira alternativa devido às condicionantes do local da obra de arte.

- Alternativa C
  - Surge da necessidade de evitar o cruzamento das vias de estacionamento do material, minimizando a extensão da obra de arte;
  - Traçado muito semelhante ao da Solução Base, melhorando as características da primeira curva circular;
  - Características geométricas não respeitam valores limite da Norma de Traçado para a velocidade de tráfego de 90 km/h, respeitando para 50 km/h;
  - Alinhamento situado entre duas rotundas, constituindo mais uma premissa para limitar a velocidade máxima;
  - Interseção com o caminho de ferro numa zona mais adequada, diminuindo o comprimento do tabuleiro relativamente às restantes alternativas;
  - Alinhamento reto na zona da obra de arte, o que implica a inexistência de sobrelevação neste local;
  - Melhor relação custo-benefício, associada a uma menor área de expropriação.

Complementarmente e com a finalidade de tentar melhorar a segurança rodoviária da Solução Base, foram propostas algumas medidas adicionais de baixo custo, particularmente no âmbito da pavimentação e da sinalização.

A primeira medida assenta na utilização de revestimentos antiderrapantes em complemento das bandas cromáticas já implementadas na Solução Base. Esta medida permite aumentar o coeficiente de atrito entre a superfície do pavimento e os pneus dos veículos, aumentando a segurança e a comodidade do condutor.

A segunda medida recomendada consiste na implementação de baias direcionais simples no extradorso das curvas de menor raio e, por consequente, menor visibilidade, a montante e jusante da passagem superior rodoviária, permitindo uma melhoria na visibilidade e respetivo aumento da segurança rodoviária.

Por fim, em termos de trabalhos futuros admite-se a possibilidade de otimização do traçado da Alternativa C, caso esta solução seja selecionada para um eventual projeto de execução. Paralelamente, reconhece-se a importância da criação de documentos legislativos que abordem medidas adicionais de segurança rodoviária, de forma a fornecer suporte à execução de projetos rodoviários no país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Câmara Municipal de Sintra (2017) [Online]. Disponível em: https://cm-sintra.pt/territorial/intervencoes-no-espaco-publico/revestimento-antiderrapante-em-pavimentos-rodoviarios-de-sintra. [Acedido em Agosto 2024]

Cunha, M. Eliminação de passagens de nível quase parada desde 2012 (2021). Jornal Observador. [Online]. Disponível em: https://observador.pt/2021/08/24/eliminacao-de-passagens-de-nivel-quase-parada-desde-2012/. [Acedido em Janeiro 2024]

Decreto-Lei n.º 24/2005. D.R. I-A Série. (2005-01-26) 657-658 [Acedido em Março 2024]. Disponível em: https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/24-2005-624455

Decreto-Lei n.º 77/2008. D.R. I Série. (2008-04-29) 2442-2443 [Acedido em Março 2024]. Disponível em: https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/77-2008-249571

Decreto-Lei n.º 568/99. D.R. I-A Série. (1999-12-23) 9234-9244 [Acedido em Março 2024]. Disponível em: https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/568-1999-661084

Decreto Regulamentar n.º 6/2019. D.R. I Série. 1.º Suplemento. (2019-12-20) 2-175 [Acedido em Março 2024]. Disponível em: https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/declaracao-retificacao/60-a-2019-127498156

Diário de Notícias. Homem ferido com gravidade em atropelamento ferroviário em Palmela. (2021). [Online]. Disponível em: https://www.dn.pt/sociedade/homem-ferido-com-gravidade-em-atropelamento-ferroviario-junto-em-palmela-14218684.html/. [Acedido em Janeiro 2024]

Gonçalves, C.M.. Dispositivos de Segurança em Infraestruturas Rodoviárias – Critérios de Aplicação (2016)

Google Earth. Poça de Água em frente à estação de Poceirão (2019) [Online]. Disponível em: https://earth.google.com/. [Acedido em Fevereiro 2024]

Google Earth. Vista Aérea sobre Poceirão (2021) [Online]. Disponível em: https://earth.google.com/. [Acedido em Fevereiro 2024]

Google Earth. Entroncamento a Norte da PN (2023) [Online]. Disponível em: https://earth.google.com/. [Acedido em Fevereiro 2024]

IMT. Relatório Anual de Segurança (2010) [Online]. Disponível em: https://www.imt-ip.pt/sites/IMTT/Portugues/TransportesFerroviarios/CaminhodeFerro/RelatoriosAnuaisdeSeguranca/Documents/RelatorioAnualSegurancaTranspFerroviario2010.pdf. [Acedido em Fevereiro 2024]

IMT. Relatório Anual de Segurança (2019) [Online]. Disponível em: https://www.imt-ip.pt/sites/IMTT/Portugues/IMTT/relatoriosectoriais/Documents/RelatorioAnualDeSegurancaFerroviaria_2019.pdf. [Acedido em Fevereiro 2024]

IMT. Documento normativo para a aplicação a arruamentos urbanos. Características geométricas para rodovias para tráfego motorizado, de Junho de 2020.

IMT. Relatório Anual de Segurança (2022) [Online]. Disponível em: https://www.imt-ip.pt/sites/IMTT/Portugues/TransportesFerroviarios/CaminhodeFerro/RelatoriosAnuaisdeSeguranca/Documents/RASF%202022.pdf [Acedido em Fevereiro 2024]

Inéditbase. Sinalização horizontal e revestimentos em pavimentos rodoviários (2024) [Online]. Disponível em: https://www.ineditbase.pt/revestimento-rodoviario. [Acedido em Novembro 2024]

INIR. Dimensionamento de Rotundas. (2010a)

INIR. Marcas Rodoviárias: Características Dimensionais e Critérios de Utilização e Colocação. (2010b)

INIR. Marcas Rodoviárias: Dispositivos Retrorrefletores Complementares. (2010c)

INIR. Revisão da Norma de Traçado. (2010d)

INIR. Sinalização Vertical: Critérios de Colocação. (2010e)

INIR. Sinalização Vertical: Critérios de Utilização. (2010f)

INIR. Sistemas de Retenção Rodoviários. (2010g)

IP. Modernização da Linha do Alentejo entre Poceirão e Bombel (2023). [Online]. Disponível em: https://www.infraestruturasdeportugal.pt/pt-pt/modernizacao-da-linha-do-alentejo-entre-poceirao-e-bombel. [Acedido em Março 2024]

Menezes, M.V.P.. Estudo das Características de Superfície de Pavimentos Rodoviários para Análise da Segurança do Tráfego (2008)

REFER. IT.OAP.003 – Condicionamentos para Projeto de Passagens Superiores Rodoviárias ao Caminho-de-ferro (2008).

Seco, Á.J., Ferreira, S.M., Silva, A.M., & Costa, A.H. Manual de Planeamento das Acessibilidades e da Gestão Viária – Segurança Rodoviária. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte (2008).

ANEXOS

Peças Desenhadas:

TFM.MC.001.00 – Planta de Localização e Esboço Corográfico

TFM.MC.002.00 – Situação Atual – Planta

TFM.MC.003.00 – Perfis Transversais Tipo – Solução Base e Alternativas

TFM.MC.004.00 – Planta Geral – Solução Base e Alternativas

TFM.MC.005.00 – Solução Base – Planta e Perfil Longitudinal

TFM.MC.006.00 – Alternativa A – Planta e Perfil Longitudinal

TFM.MC.007.00 – Alternativa B– Planta e Perfil Longitudinal

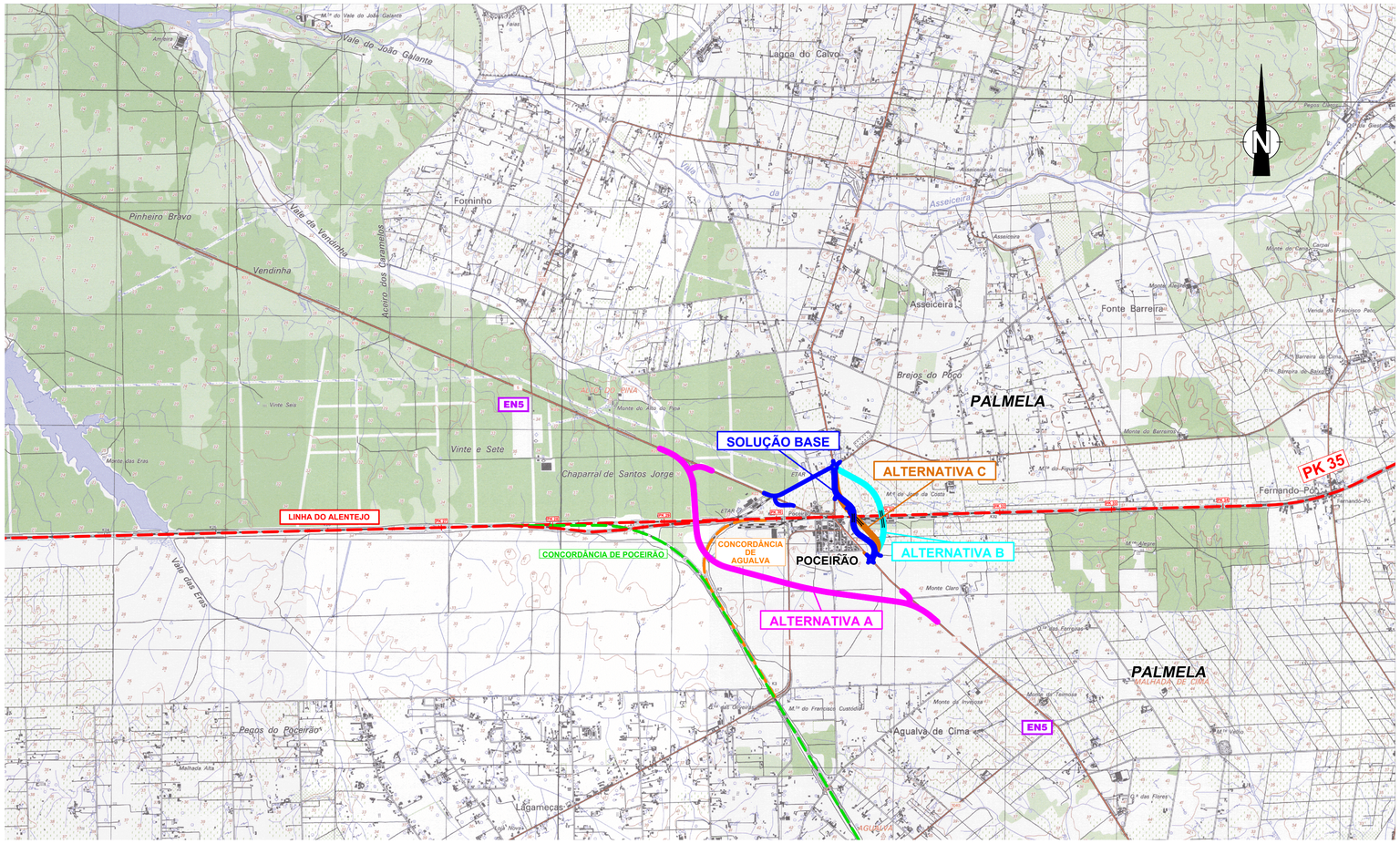
TFM.MC.008.00 – Alternativa C– Planta e Perfil Longitudinal

TFM.MC.009.00 – Solução Base – Perfis Transversais Característicos

TFM.MC.010.00 – Alternativa A – Perfis Transversais Característicos

TFM.MC.011.00 – Alternativa B - Perfis Transversais Característicos

TFM.MC.012.00 – Alternativa C – Perfis Transversais Característicos

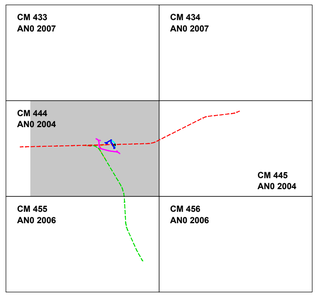


Escala - 1:25000

LEGENDA:

- SOLUÇÃO BASE
- ALTERNATIVA A
- ALTERNATIVA B
- ALTERNATIVA C
- LINHA DO ALENTEJO
- CONCORDÂNCIA DE AGUALVA
- CONCORDÂNCIA DE POCEIRÃO

CARTAS MILITARES:



Fonte:
Centro de Informação Geoespacial do Exército



Sem Escala

MAPA DE PORTUGAL

Nota: Em desenho de formato diferente de A1, atender à escala gráfica.

Rev.	Data	Descrição	Elab.	Verif.

Departamento de Engenharia Civil

Título complementar: COMPARAÇÃO ENTRE ALTERNATIVAS DE TRAÇADO DA EN5 NA TRANSPOSIÇÃO DA LINHA DE CAMINHO DE FERRO NO POCEIRÃO

Escala numérica: 1:25000	Chefe projeto: Miguel Cabral	Substitui	Designação: Planta de Localização e Esboço Corográfico
Escala gráfica	Projetou: Miguel Cabral	Substituído por	
	Desenhou: Miguel Cabral		

Desenho: TFM.MC.001.00

Data	Folha	Nº de Ordem
Dez / 2024	01	001



Nota: Em desenho de formato diferente do A1, atender à escala gráfica.

Rev.	Data	Descrição	Elab.	Verif.

Departamento de Engenharia Civil

Título complementar: COMPARAÇÃO ENTRE ALTERNATIVAS DE TRAÇADO DA EN5 NA TRANSPOSIÇÃO DA LINHA DE CAMINHO DE FERRO NO POCEIRÃO

Escala numérica	Chefe projeto	Substitui
1:4000	Miguel Cabral	
Escala gráfica	Projetou: Miguel Cabral	Substituído por
	Desenhou: Miguel Cabral	

Designação: SITUAÇÃO ATUAL / REPORTAGEM FOTOGRÁFICA PLANTA

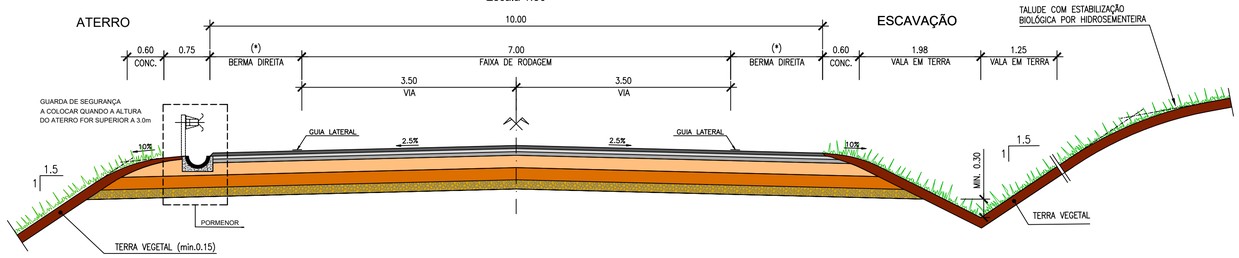
Desenho: TFM.MC.002.00

Data	Folha	Nº. de Ordem
Dez / 2024	01	002

Restabelecimento 1,
Rest. 1.1, Rest 1.3, Rest 1.5, Rest 1.6 e Rest 1.7

PERFIL TRANSVERSAL TIPO (EN,CM) - SECÇÃO EM RETA

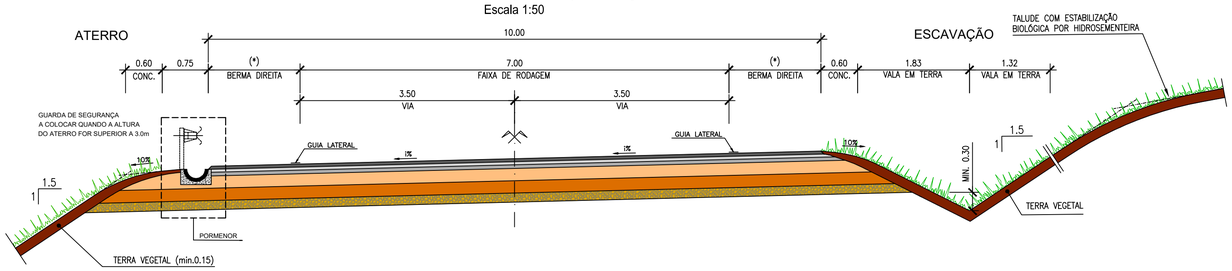
Escala 1:50



Restabelecimento 1,
Rest. 1.1, Rest 1.3, Rest 1.5, Rest 1.6 e Rest 1.7

PERFIL TRANSVERSAL TIPO (EN,CM) - SECÇÃO EM CURVA

Escala 1:50

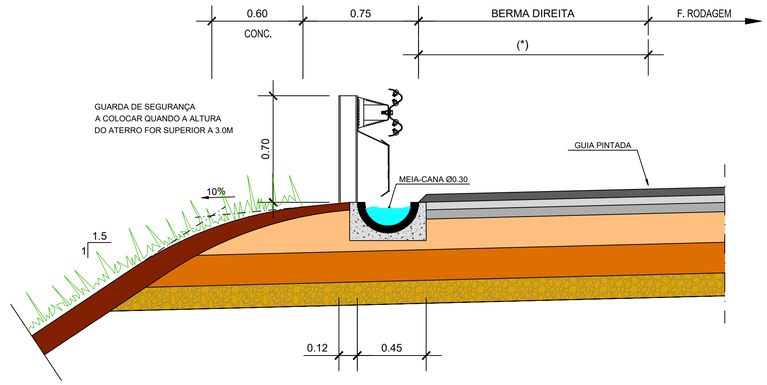


Nota: Tendo em consideração que as alternativas estudadas correspondem a uma fase preliminar do projeto de traçado, não foi considerada sobrelargura nas curvas com raio igual ou inferior a 200 m. No caso da solução base, o critério adotado no projeto também não considerou sobrelargura.

SOLUÇÃO	(*) LARGURA DA BERMA
SOLUÇÃO BASE	1,50 m
ALTERNATIVA A	2,50 m
ALTERNATIVA B	1,50 m
ALTERNATIVA C	1,50 m

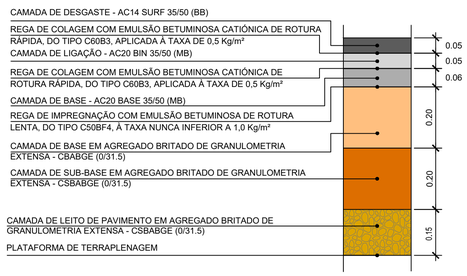
PORMENOR

Escala 1:20



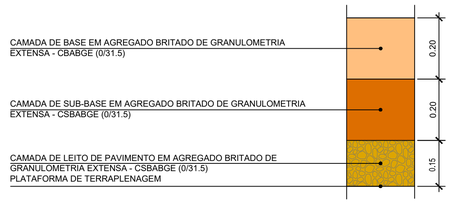
CONSTITUIÇÃO DO PAVIMENTO TIPO (EN, CM)

Escala 1:10



CONSTITUIÇÃO DO PAVIMENTO TIPO (CP)

Escala 1:10



Nota: Em desenho de formato diferente de A1, atender à escala gráfica.

Rev.	Data	Descrição	Elab.	Verif.

Departamento de Engenharia Civil

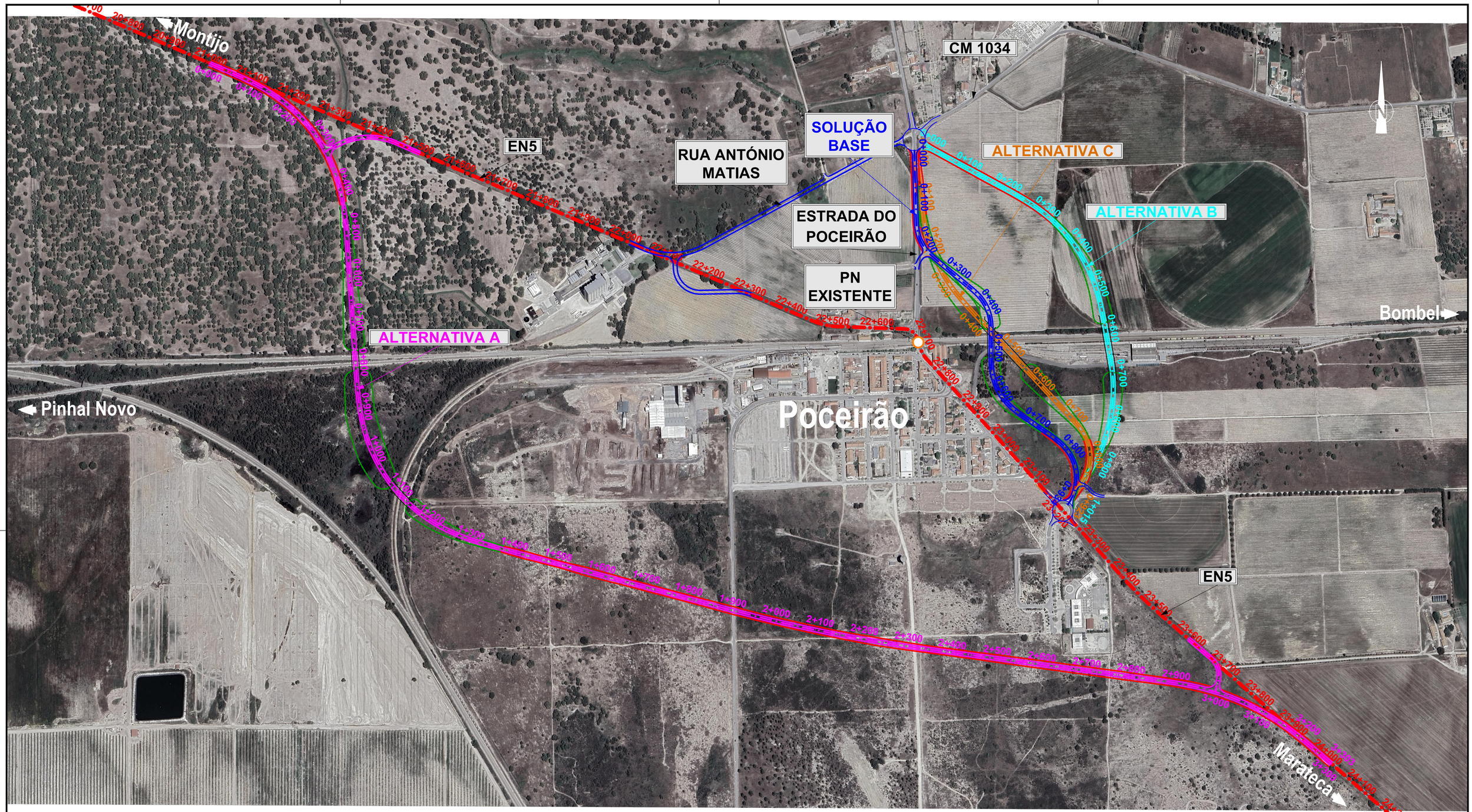
Título complementar: COMPARAÇÃO ENTRE ALTERNATIVAS DE TRAÇADO DA EN5 NA TRANSPOSIÇÃO DA LINHA DE CAMINHO DE FERRO NO POCEIRÃO

Escala numérica	Chefe projeto	Substitui
AS INDICADAS	Miguel Cabral	
Escala gráfica	Projetou: Miguel Cabral	Substituído por
	Desenhou: Miguel Cabral	

Designação: PERFIS TRANSVERSAIS TIPO SOLUÇÃO BASE E ALTERNATIVAS

Desenho: TFM.MC.003.00

Data	Folha	Nº. de Ordem
Dez / 2024	01	003



LEGENDA:

- 19+900 — ESTRADA NACIONAL 5 / SITUAÇÃO EXISTENTE
- 0+100 — SOLUÇÃO BASE
- 0+100 — ALTERNATIVA A
- 0+100 — ALTERNATIVA B
- 0+100 — ALTERNATIVA C

Rev.	Data	Descrição	Elab.	Verif.

Departamento de Engenharia Civil

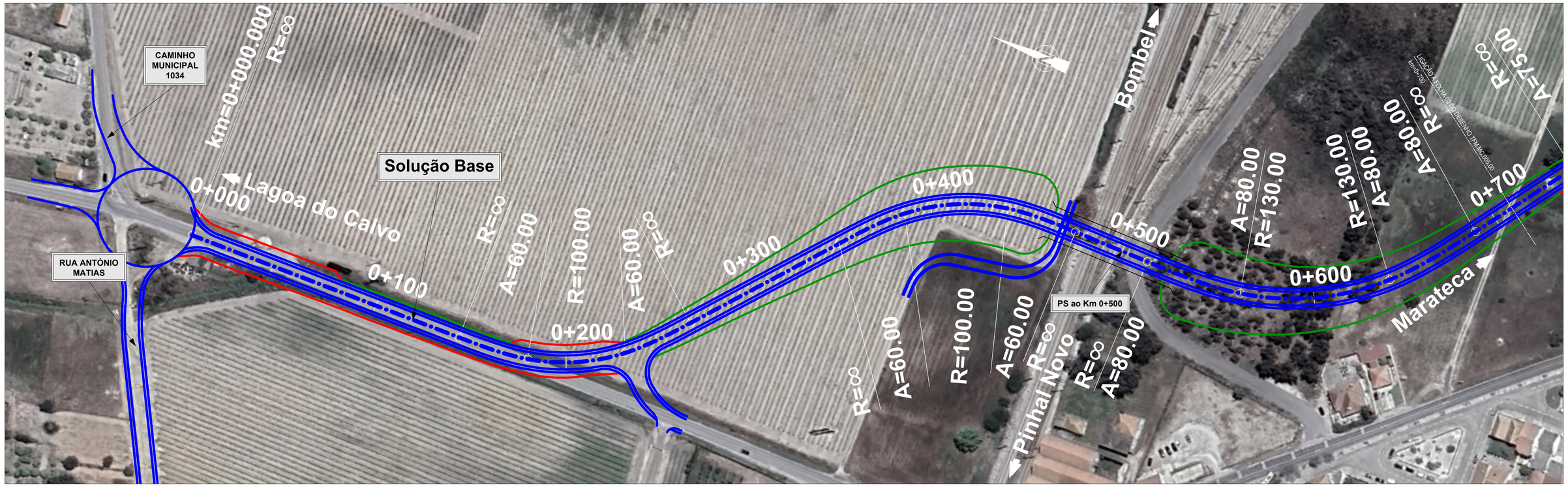
Título complementar: COMPARAÇÃO ENTRE ALTERNATIVAS DE TRAÇADO DA EN5 NA TRANSPOSIÇÃO DA LINHA DE CAMINHO DE FERRO NO POCEIRÃO

Escala numérica: 1:4000	Chefe projeto: Miguel Cabral	Substitui:	Designação: PLANTA GERAL SOLUÇÃO BASE E ALTERNATIVAS
Escala gráfica:	Projetou: Miguel Cabral	Substituído por:	
	Desenhou: Miguel Cabral		

Desenho: TFM.MC.004.00

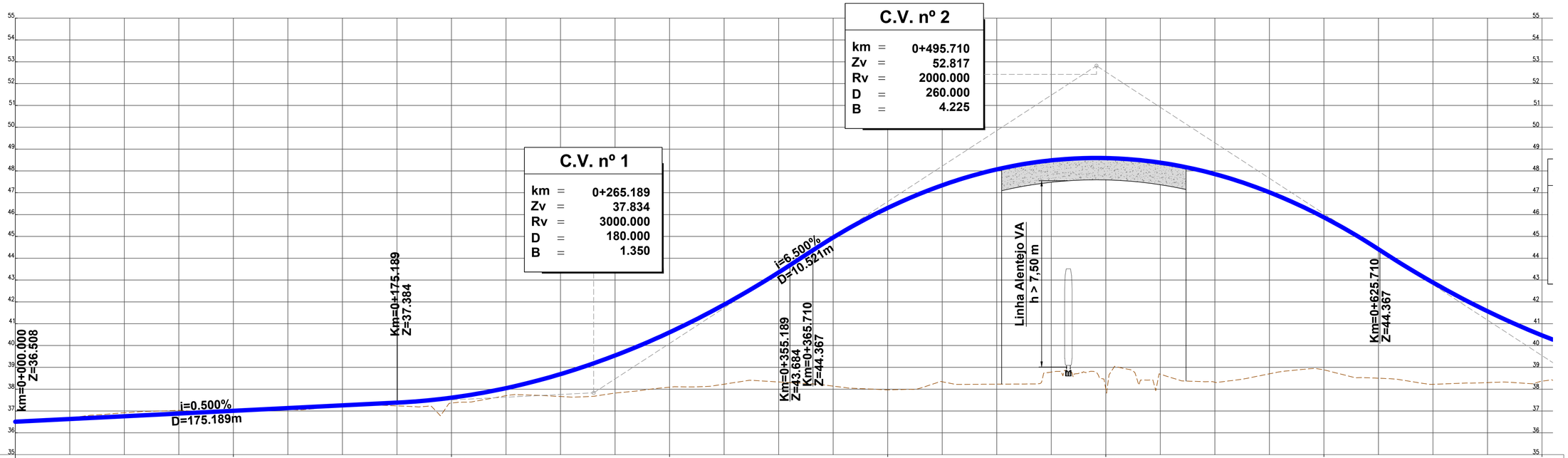
Data	Folha	Nº. de Ordem
Dez / 2024	01	004

Nota: Em desenho de formato diferente de A1 atender à escala gráfica.



LEGENDA:

- TALUDE DE ESCAVAÇÃO
- TALUDE DE ATERRO



QUILOMETRAGEM	0+000	0+100	0+200	0+300	0+400	0+500	0+600	0+700
PERFIL LONGITUDINAL – Cota da Rasante	36.51 36.508	36.70 36.633	36.92 36.758	37.03 36.883	37.07 37.008	37.07 37.133	37.21 37.258	37.23 37.383
PERFIL LONGITUDINAL – Cota do Terreno	36.92 36.758	37.03 36.883	37.07 37.008	37.07 37.133	37.21 37.258	37.23 37.383	37.36 37.610	37.70 38.046
PERFIL LONGITUDINAL – Elementos da Rasante	i=0.500% L=175.189							
PLANTA – Pontos Notáveis	km=0+000.000		km=0+144.536	km=0+180.536	km=0+230.046	km=0+266.046		
PLANTA – Diagrama de Curvas		L=144.536 R= ∞		L=36.00 A=60.00	R=100.00 L=49.510	L=36.00 A=60.00	L=84.423 R= ∞	
PLANTA – Sobreelevação (%)	TRANSIÇÃO PARA A ROTUNDA 2.5	2.5 0.0	2.5 2.5	7.0 7.0	7.0 7.0	2.5 2.5	0.0	

QUILOMETRAGEM	0+600	0+700
PERFIL LONGITUDINAL – Cota da Rasante	37.36 37.610	38.33 43.351	38.14 44.950	37.97 46.302	38.34 47.342	38.23 48.070	38.78 48.485	38.02 48.588	38.69 48.378	38.32 47.856	38.70 47.021	38.89 45.873	38.50 44.414	38.22 42.888	38.30 41.572	38.37 40.466
PERFIL LONGITUDINAL – Cota do Terreno	37.70 38.046	37.66 38.690	37.82 39.543	38.09 40.604	38.23 41.873	38.33 43.351	38.14 44.950	37.97 46.302	38.34 47.342	38.23 48.070	38.78 48.485	38.02 48.588	38.69 48.378	38.32 47.856	38.70 47.021	38.89 45.873	38.50 44.414	38.22 42.888	38.30 41.572	38.37 40.466
PERFIL LONGITUDINAL – Elementos da Rasante		R=3000.000 D=180.000			i=6.500% L=10.521				R=2000.000 D=260.000							
PLANTA – Pontos Notáveis	km=0+230.046	km=0+266.046			km=0+350.468	km=0+386.468		km=0+438.649	km=0+474.649	km=0+513.529	km=0+562.760			km=0+639.008		km=0+688.238
PLANTA – Diagrama de Curvas	L=36.00 A=60.00		L=84.423 R= ∞		L=36.00 A=60.00	R=100.00 L=52.181	L=36.00 A=60.00	L=38.880 R= ∞	L=49.23 A=80.00		R=130.00 L=76.248			L=49.23 A=80.00		
PLANTA – Sobreelevação (%)	2.5 2.5	7.0 7.0	7.0 7.0	2.5 2.5	0.0	2.5 2.5	7.0 7.0	7.0 7.0	2.5 2.5	0.0	2.5 2.5	7.0 7.0	7.0 7.0	2.5 2.5		

Rev.	Data	Descrição	Elab.	Verif.

Departamento de Engenharia Civil

Título complementar: COMPARAÇÃO ENTRE ALTERNATIVAS DE TRAÇADO DA EN5 NA TRANSPOSIÇÃO DA LINHA DE CAMINHO DE FERRO NO POCEIRÃO

Escala numérica	H 1:1000 / V 1:100
Escala gráfica	
Chefe projeto	Miguel Cabral
Projetou	Miguel Cabral
Desenhou	Miguel Cabral
Substitui	
Substituído por	

Designação: SOLUÇÃO BASE
PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL
KM 0+000 AO KM 0+700

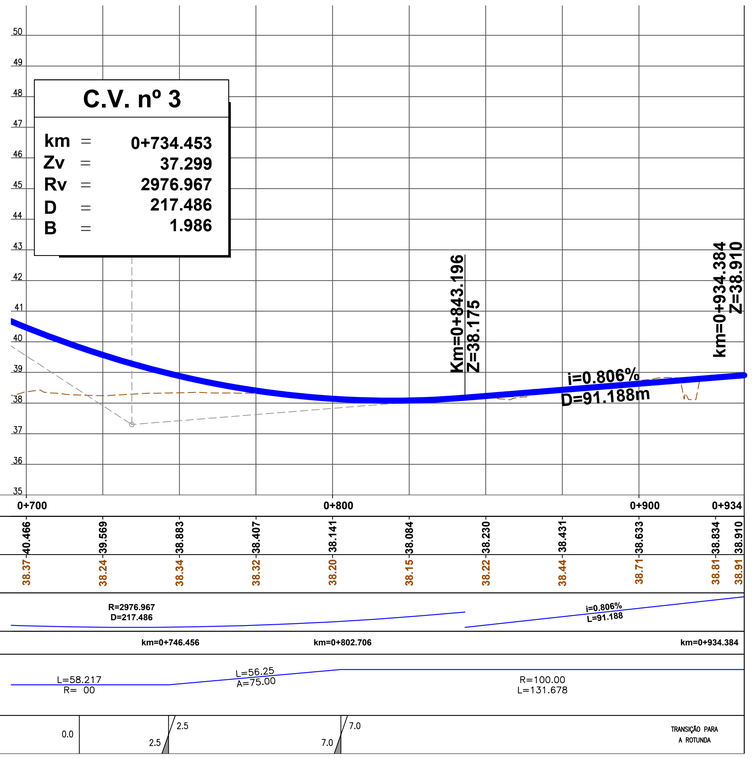
Desenho		
TFM.MC.005.00		
Data	Folha	Nº. de Ordem
Dez / 2024	01	005

Nota: Em desenho de formato diferente de A1, atender à escala gráfica



LEGENDA:

- TALUDE DE ESCAVAÇÃO
- TALUDE DE ATERRO



QUILOMETRAGEM	0+700			0+800				0+900		0+934
PERFIL LONGITUDINAL – Cota da Rasante	40.466	39.569	38.883	38.407	38.141	38.084	38.230	38.431	38.633	38.834	38.910
PERFIL LONGITUDINAL – Cota do Terreno	38.37	38.24	38.34	38.32	38.20	38.15	38.22	38.44	38.71	38.81	38.91
PERFIL LONGITUDINAL – Elementos da Rasante		R=2976.967 D=217.486							i=0.806% L=91.188		
PLANTA – Pontos Notáveis		km=0+746.456			km=0+802.706					km=0+934.384	
PLANTA – Diagrama de Curvas		L=58.217 R= 00		L=56.25 A=75.00				R=100.00 L=131.678			
PLANTA – Sobreelevação (%)	0.0		2.5 / 2.5			7.0 / 7.0				TRANSIÇÃO PARA A ROTUNDA	

Nota: Em desenho de formato diferente de A1, atender à escala gráfica.

Rev.	Data	Descrição	Elab.	Verif.

Departamento de Engenharia Civil

Título complementar: COMPARAÇÃO ENTRE ALTERNATIVAS DE TRAÇADO DA EN5 NA TRANSPOSIÇÃO DA LINHA DE CAMINHO DE FERRO NO POCEIRÃO

Escala numérica: H 1:1000 / V 1:100	Chefe projeto: Miguel Cabral	Substitui	
Escala gráfica	Projetou: Miguel Cabral	Substituído por	
	Desenhou: Miguel Cabral		

Designação: SOLUÇÃO BASE – PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL – KM 0+700 AO KM 0+934.384

Desenho: TFM.MC.005.00

Data	Folha	Nº. de Ordem
Dez / 2024	02	005



LEGENDA:

- TALUDE DE ESCAVAÇÃO
- TALUDE DE ATERRO

C.V. nº 1

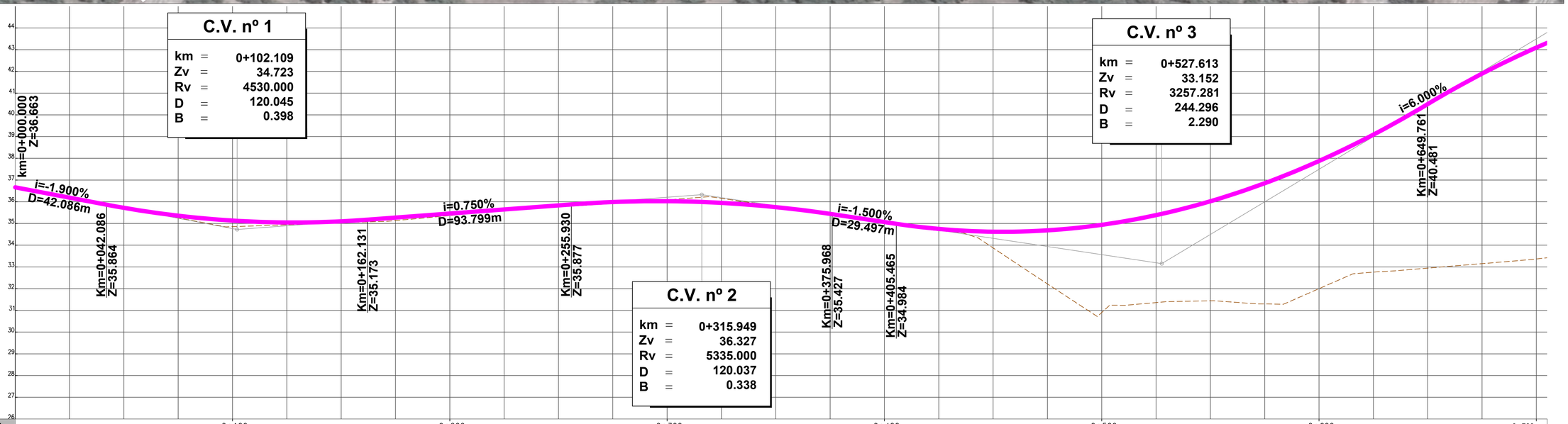
km	=	0+102.109
Zv	=	34.723
Rv	=	4530.000
D	=	120.045
B	=	0.398

C.V. nº 2

km	=	0+315.949
Zv	=	36.327
Rv	=	5335.000
D	=	120.037
B	=	0.338

C.V. nº 3

km	=	0+527.613
Zv	=	33.152
Rv	=	3257.281
D	=	244.296
B	=	2.290



QUILOMETRAGEM																														
PERFIL LONGITUDINAL	Cota da Rasante	36.663	36.188	35.720	35.358	35.134	35.047	35.099	35.270	35.457	35.645	35.832	35.986	36.025	35.948	35.753	35.441	35.066	34.750	34.621	34.684	34.938	35.385	36.023	36.853	37.875	39.089	40.495	41.894	43.095
	Cota do Terreno	36.67	36.22	35.74	35.26	34.86	34.94	35.03	35.13	35.36	35.60	35.76	35.91	36.09	36.16	35.79	35.41	35.03	34.67	33.88	32.22	30.90	31.36	31.44	31.30	32.00	32.76	32.95	33.15	33.37
	Elementos da Rasante	i=-1.900% L=42.086			R=4530.000 D=120.045					i=0.750% L=93.799				R=5335.000 D=120.037				i=-1.500% L=29.497				R=3257.281 D=244.296								
PLANTA	Pontos Notáveis	km=0+000.000	km=0+019.517						km=0+169.517									km=0+404.298								km=0+554.298				
	Diagrama de Curvas	L=19.517 R= ∞			L=150.00 A=229.13					R=350.00 L=234.781												L=150.00 A=229.13							L=259.294 R= ∞	
	Sobreelevação (%)	TRANSIÇÃO PARA 0 EXISTENTE 2.5	2.5					7.0	7.0									7.0	7.0						2.5	2.5	0.0	2.5		

Rev.	Data	Descrição	Elab.	Verif.

Departamento de Engenharia Civil

Título complementar: COMPARAÇÃO ENTRE ALTERNATIVAS DE TRAÇADO DA EN5 NA TRANSPOSIÇÃO DA LINHA DE CAMINHO DE FERRO NO POCEIRÃO

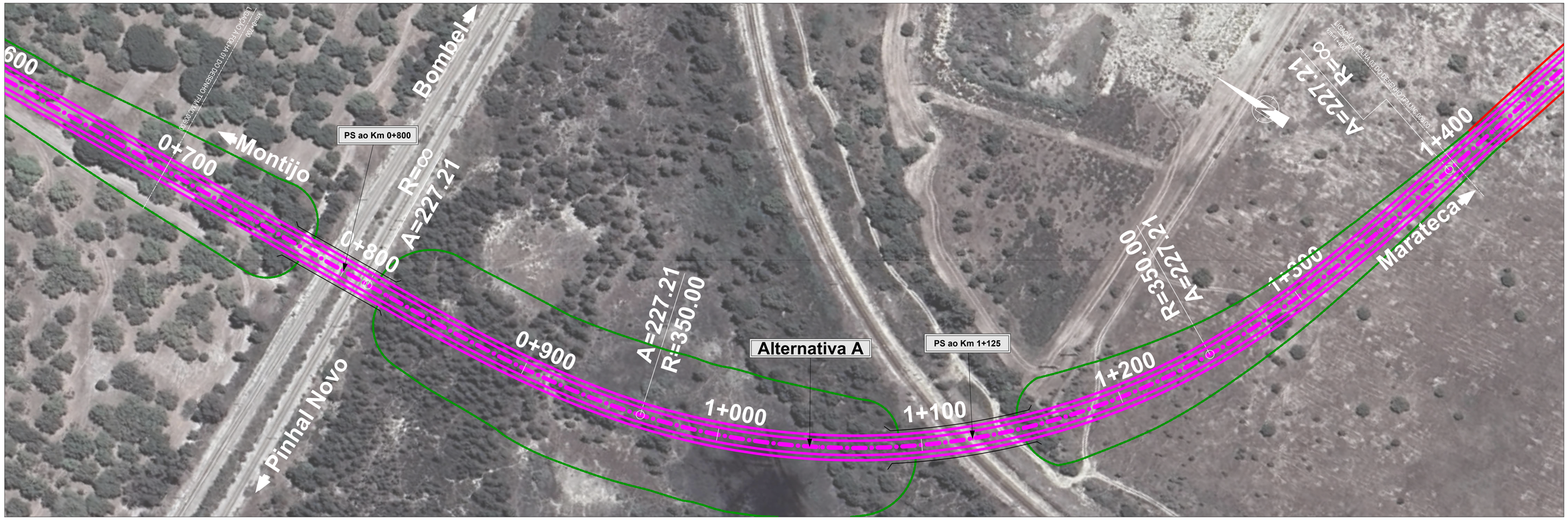
Escala numérica	H 1:1000 / V 1:100	Substitui
Chefe projeto	Miguel Cabral	
Projetou	Miguel Cabral	
Escala gráfica		Substituído por
Desenhou	Miguel Cabral	

Designação: ALTERNATIVA A
PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL
KM 0+000 AO KM 0+700

Desenho: TFM.MC.006.00

Data	Folha	Nº. de Ordem
Dez / 2024	01	006

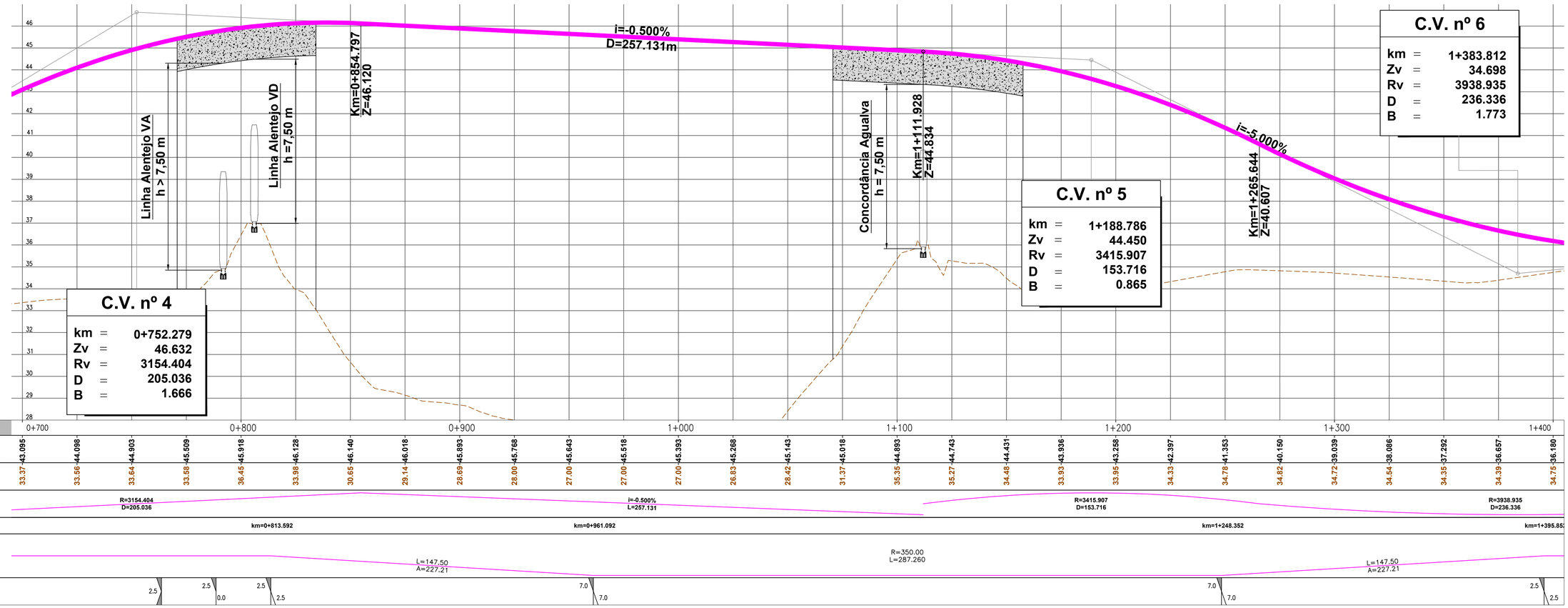
Nota: Em desenho de formato diferente do A1, atender à escala gráfica.



LEGENDA:

TALUDE DE ESCAVAÇÃO

TALUDE DE ATERRO



C.V. nº 4

km	=	0+752.279
Zv	=	46.632
Rv	=	3154.404
D	=	205.036
B	=	1.666

C.V. nº 5

km	=	1+188.786
Zv	=	44.450
Rv	=	3415.907
D	=	153.716
B	=	0.865

C.V. nº 6

km	=	1+383.812
Zv	=	34.698
Rv	=	3938.935
D	=	236.336
B	=	1.773

QUILOMETRAGEM	0+700	0+800	0+900	1+000	1+100	1+200	1+300	1+400
PERFIL LONGITUDINAL — Cota da Rasante	33.37	33.56	33.64	33.58	36.45	33.98	30.65	29.14
	43.095	44.098	44.903	45.509	45.918	46.128	46.140	46.018
Cota do Terreno	33.37	33.56	33.64	33.58	36.45	33.98	30.65	29.14
	43.095	44.098	44.903	45.509	45.918	46.128	46.140	46.018
Elementos da Rasante	R=3154.404 D=205.036				i=-0.500% L=257.131			
PLANTA — Pontos Notáveis	km=0+813.592				km=0+961.092			
Diagrama de Curvas	L=147.50 A=227.21				R=350.00 L=287.260			
Sobreelevação (%)	2.5	2.5	2.5	0.0	2.5	7.0	7.0	

QUILOMETRAGEM	1+400	1+500	1+600	1+700	1+800	1+900	2+000	2+100
PERFIL LONGITUDINAL — Cota da Rasante	34.78	34.82	34.72	34.54	34.35	34.39	34.75	35.37
	41.353	40.150	39.039	38.086	37.292	36.657	36.180	36.000
Cota do Terreno	34.78	34.82	34.72	34.54	34.35	34.39	34.75	35.37
	41.353	40.150	39.039	38.086	37.292	36.657	36.180	36.000
Elementos da Rasante	R=3415.907 D=153.716					R=3938.935 D=236.336		
PLANTA — Pontos Notáveis	km=1+248.352					km=1+395.85		
Diagrama de Curvas	L=147.50 A=227.21							
Sobreelevação (%)	7.0	7.0	2.5	2.5				

Rev.	Data	Descrição	Elab.	Verif.

Nota: Em desenho de formato diferente de A1, atender à escala gráfica.

Departamento de Engenharia Civil

Título complementar: COMPARAÇÃO ENTRE ALTERNATIVAS DE TRAÇADO DA EN5 NA TRANSPOSIÇÃO DA LINHA DE CAMINHO DE FERRO NO POCEIRÃO

Escala numérica	H 1:1000 / V 1:100	
Chefe projeto	Miguel Cabral	
Substitui		
Projetou	Miguel Cabral	
Escala gráfica		
Substituído por		
Desenhou	Miguel Cabral	

Designação: ALTERNATIVA A — PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL — KM 0+700 AO KM 1+400

Desenho: TFM.MC.006.00

Data	Folha	Nº. de Ordem
Dez / 2024	02	006



LEGENDA:

- TALUDE DE ESCAVAÇÃO
- TALUDE DE ATERRO



C.V. nº 7

km	=	1+618.688
Zv	=	37.047
Rv	=	24000.000
D	=	120.000
B	=	0.075

QUILOMETRAGEM	1+400	1+500	1+600	1+700	1+800	1+900	2+000	2+100
PERFIL LONGITUDINAL — Cota da Rasante	36.180	35.862	35.703	35.703	35.861	36.110	36.360	36.605
	36.825	37.019	37.186	37.328	37.454	37.579	37.704	37.829
	37.954	38.079	38.204	38.329	38.454	38.579	38.704	38.829
	38.954	39.079	39.204	39.329	39.454			
Cota do Terreno	34.75	35.07	35.13	35.24	35.34	35.58	36.35	37.17
	37.22	37.16	37.10	37.05	37.20	37.31	37.42	37.52
	37.62	37.73	38.01	38.28	38.56	38.71	38.71	38.72
	38.88	39.03	39.18	39.33	39.47			
Elementos da Rasante			i=1.000% L=56.708		R=24000.000 D=120.000			
							i=0.500% L=494.843	
PLANTA — Pontos Notáveis	›395.852						km=1+908.263	
Diagrama de Curvas					L=512.411 R= ∞			
Sobreelevação (%)	2.5	2.5	0.0	2.5				

Nota: Em desenho de formato diferente de A1, atender à escala gráfica

Rev.	Data	Descrição	Elab.	Verif.

Departamento de Engenharia Civil

Título complementar: COMPARAÇÃO ENTRE ALTERNATIVAS DE TRAÇADO DA EN5 NA TRANSPOSIÇÃO DA LINHA DE CAMINHO DE FERRO NO POCEIRÃO

Escala numérica	H 1:1000 / V 1:100	
Escala gráfica		
Chefe projeto	Miguel Cabral	
Projetou	Miguel Cabral	
Desenhou	Miguel Cabral	
Substitui		
Substituido por		

Designação: ALTERNATIVA A — PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL — KM 1+400 AO KM 2+100

Desenho: TFM.MC.006.00

Data	Folha	Nº. de Ordem
Dez / 2024	03	006



LEGENDA:

- TALUDE DE ESCAVAÇÃO
- TALUDE DE ATERRO

C.V. nº 9

km	=	2+490.611
Zv	=	38.836
Rv	=	12000.000
D	=	120.000
B	=	0.150

C.V. nº 8

km	=	2+233.531
Zv	=	40.121
Rv	=	12000.000
D	=	120.000
B	=	0.150



QUILOMETRAGEM	2+100	2+200	2+300	2+400	2+500	2+600	2+700	2+800
PERFIL LONGITUDINAL – Cota da Rasante	39.47 39.454	39.49 39.579	39.54 39.704	39.74 39.829	39.95 39.924	40.15 39.968	40.26 39.960	39.99 39.900
PERFIL LONGITUDINAL – Cota do Terreno	39.72 39.789	39.45 39.664	39.18 39.539	39.06 39.414	38.96 39.289	38.85 39.164	38.75 39.055	38.76 38.996
PERFIL LONGITUDINAL – Elementos da Rasante		R=12000.000 D=120.000		i=-0.500% L=137.080		R=12000.000 D=120.000		
PLANTA – Pontos Notáveis	km=2+348.048							
PLANTA – Diagrama de Curvas	R=3500.00 L=439.785					L=507.343 R= ∞		
PLANTA – Sobreelevação (%)								

QUILOMETRAGEM	2+100	2+200	2+300	2+400	2+500	2+600	2+700	2+800
PERFIL LONGITUDINAL – Cota da Rasante	39.08 39.033	38.98 38.908	38.73 38.783	38.49 38.658	38.24 38.533	38.00 38.408	37.75 38.283	37.51 38.158
PERFIL LONGITUDINAL – Cota do Terreno	38.61 38.533	38.71 38.408	38.81 38.283	38.91 38.158	39.01 38.033	39.11 37.908	39.21 37.783	39.31 37.658
PERFIL LONGITUDINAL – Elementos da Rasante		R=12000.000 D=120.000		i=0.500% L=191.476		R=12000.000 D=120.000		
PLANTA – Pontos Notáveis	km=2+348.048							
PLANTA – Diagrama de Curvas	R=3500.00 L=439.785					L=507.343 R= ∞		
PLANTA – Sobreelevação (%)								

Rev.	Data	Descrição	Elab.	Verif.

Departamento de Engenharia Civil

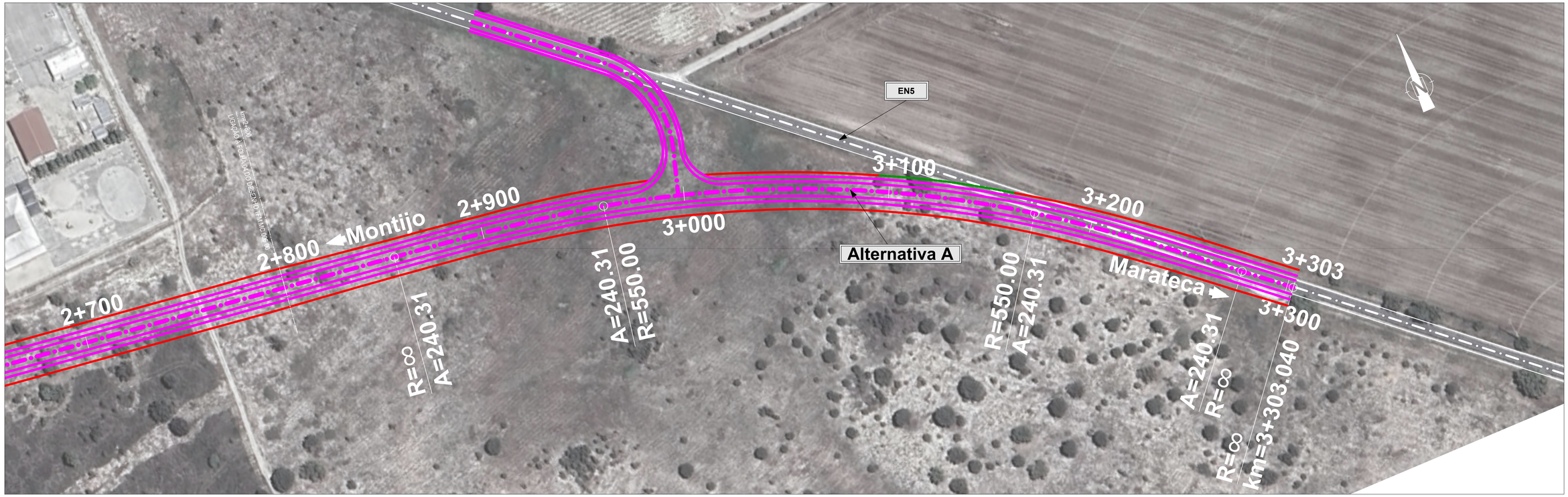
Título complementar: COMPARAÇÃO ENTRE ALTERNATIVAS DE TRAÇADO DA EN5 NA TRANSPOSIÇÃO DA LINHA DE CAMINHO DE FERRO NO POCEIRÃO

Escala numérica: H 1:1000 / V 1:100
Escala gráfica:
Chefe projeto: Miguel Cabral
Projetou: Miguel Cabral
Desenhou: Miguel Cabral
Substitui:
Substituído por:

Designação: ALTERNATIVA A
PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL
KM 2+100 AO KM 2+800

Desenho: TFM.MC.006.00
Data: Dez / 2024
Folha: 04
Nº. de Ordem: 006

Nota: Em desenho de formato diferente de A1, atender à escala gráfica.

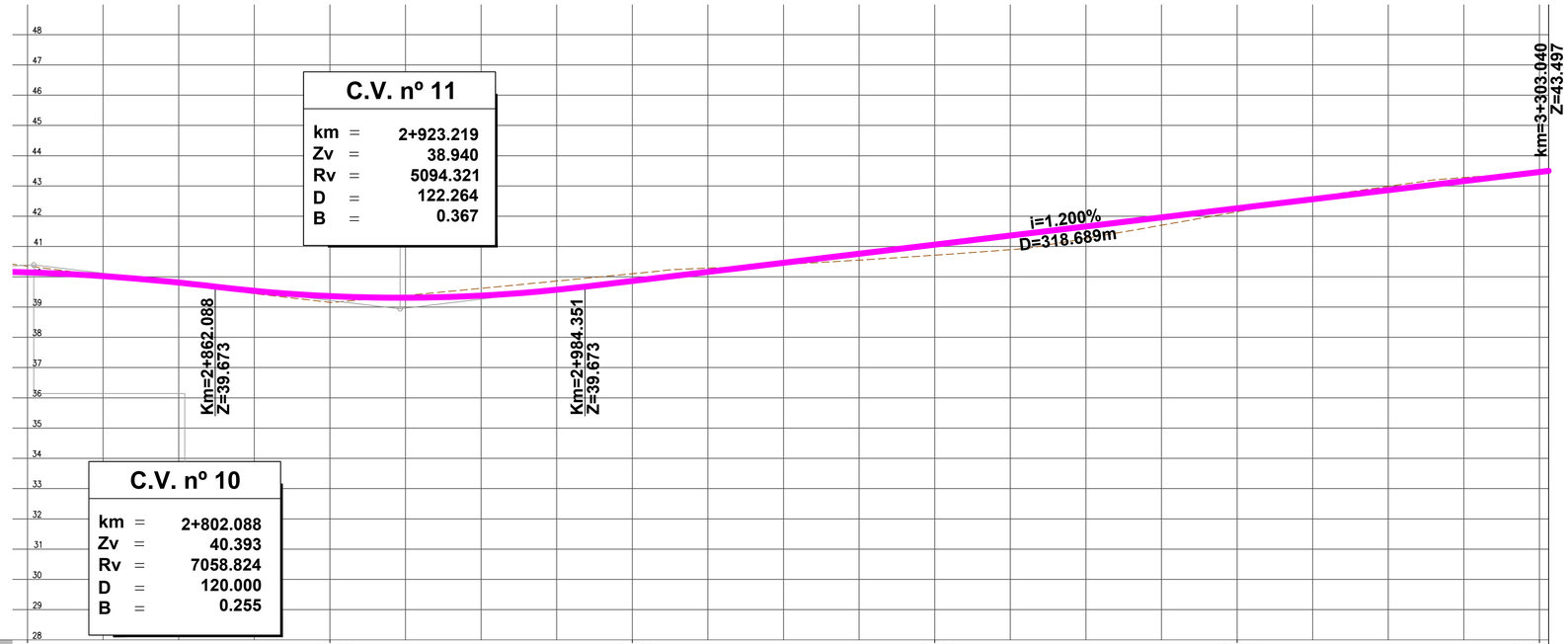


LEGENDA:

- TALUDE DE ESCAVAÇÃO
- TALUDE DE ATERRO

C.V. nº 11		
km	=	2+923.219
Zv	=	38.940
Rv	=	5094.321
D	=	122.264
B	=	0.367

C.V. nº 10		
km	=	2+802.088
Zv	=	40.393
Rv	=	7058.824
D	=	120.000
B	=	0.255



QUILOMETRAGEM	2+800	2+900	3+000	3+100	3+200	3+300
PERFIL LONGITUDINAL – Cota da Rasante	40.35 40.145	40.05 40.021	39.74 39.808	39.44 39.535	39.15 39.359	39.38 39.307
PERFIL LONGITUDINAL – Cota do Terreno	40.35	40.05	39.74	39.44	39.15	39.38
PERFIL LONGITUDINAL – Elementos da Rasante	R=7058.824 D=120.000				R=5094.321 D=122.264	
PLANTA – Pontos Notáveis	km=2+855.391		km=2+960.391		km=3+171.880	km=3+276.880 km=3+303.040
PLANTA – Diagrama de Curvas	L=105.00 A=240.31			R=550.00 L=211.489		L=105.00 A=240.31 L=26.161 R=∞
PLANTA – Sobreelevação (%)	2.5 2.5 0.0	2.5 2.5			7.0 7.0	7.0 2.5 2.5 TRANSIÇÃO PARA O EXISTENTE

| | | | |

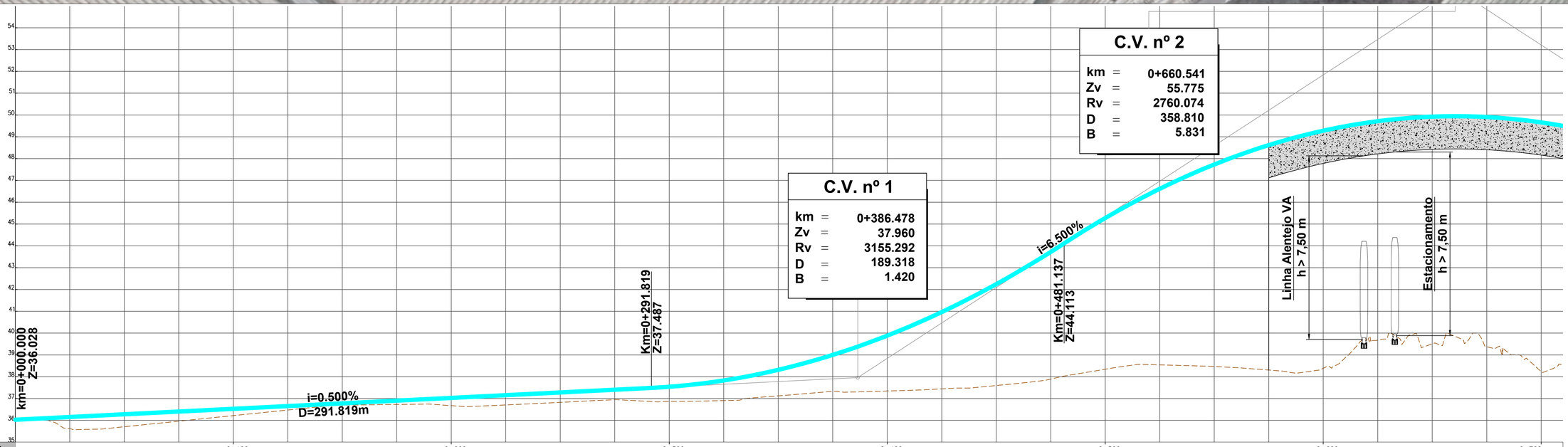


LEGENDA:

- TALUDE DE ESCAVAÇÃO
- TALUDE DE ATERRO

C.V. nº 2	
km =	0+660.541
Zv =	55.775
Rv =	2760.074
D =	358.810
B =	5.831

C.V. nº 1	
km =	0+386.478
Zv =	37.960
Rv =	3155.292
D =	189.318
B =	1.420

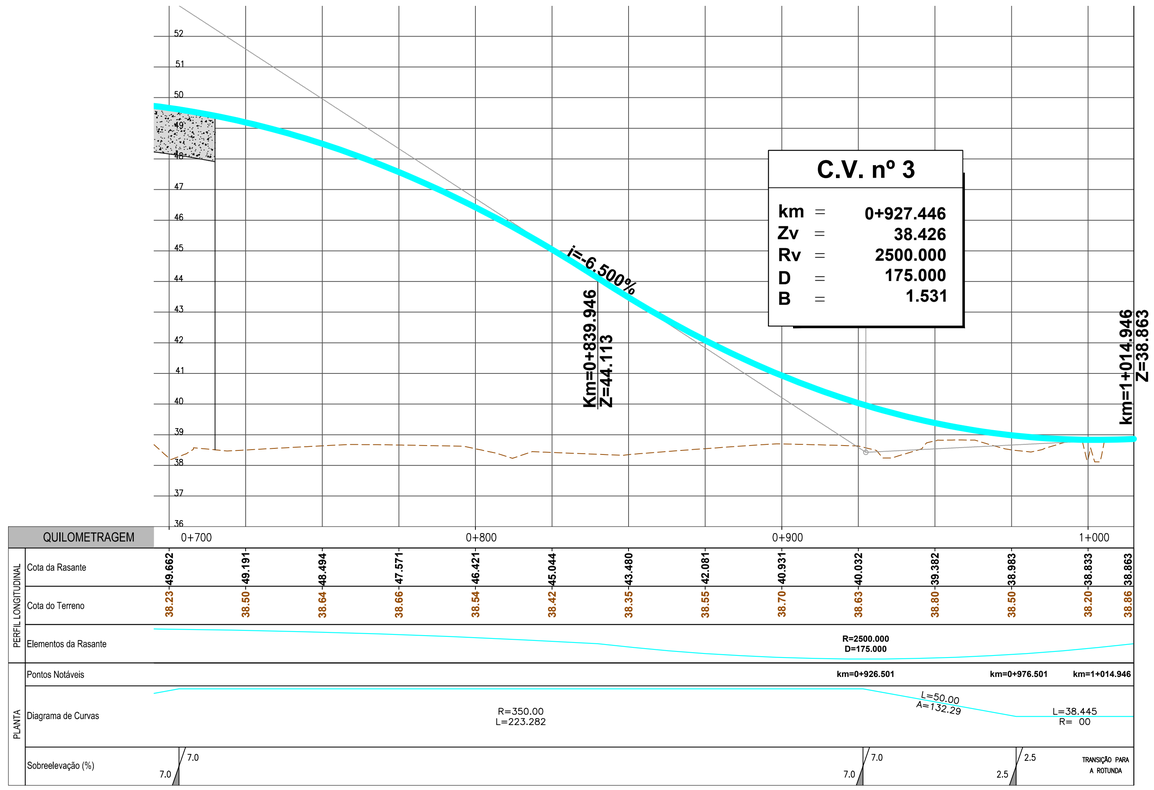


| QUILOMETRAGEM | | |



LEGENDA:

- TALUDE DE ESCAVAÇÃO
- TALUDE DE ATERRO



Rev.	Data	Descrição	Elab.	Verif.

Departamento de Engenharia Civil

Título complementar: COMPARAÇÃO ENTRE ALTERNATIVAS DE TRAÇADO DA EN5 NA TRANSPOSIÇÃO DA LINHA DE CAMINHO DE FERRO NO POCEIRÃO

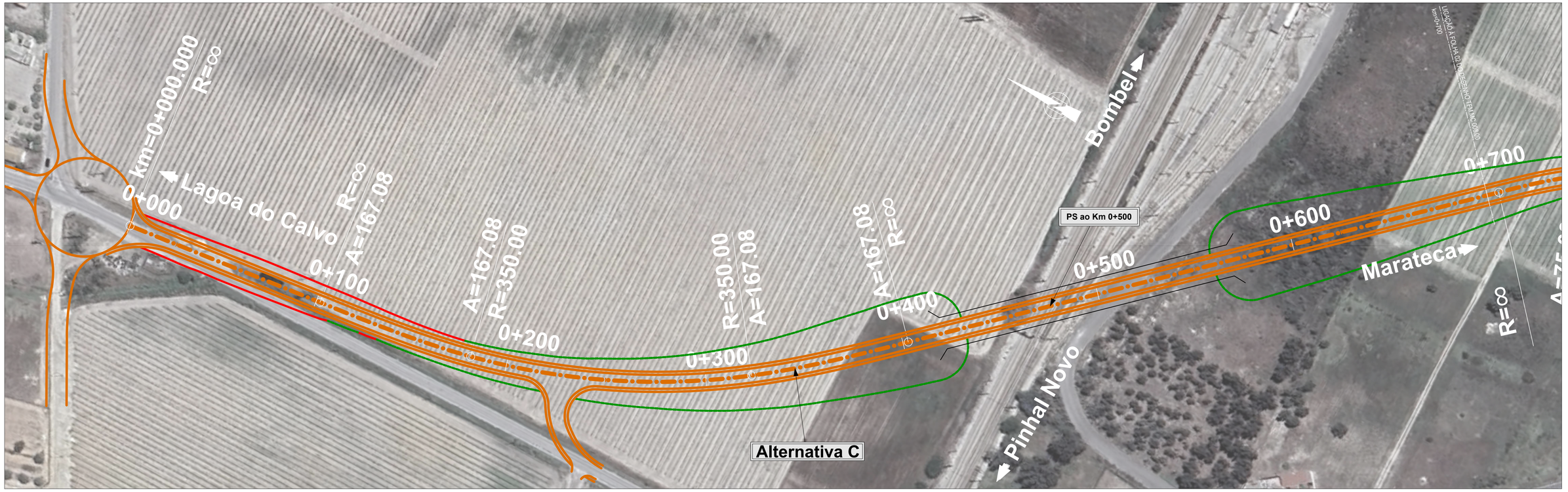
Escala numérica	Chefe projeto	Substitui
H 1:1000 / V 1:100	Miguel Cabral	
Escala gráfica	Projetou: Miguel Cabral	Substituído por
	Desenhou: Miguel Cabral	

Designação: ALTERNATIVA B
PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL
KM 0+700 AO KM 1+015

Desenho: TFM.MC.007.00

Data	Folha	Nº. de Ordem
Dez / 2024	02	007

Nota: Em desenho de formato diferente de A1 , aender à escala gráfica.



LEGENDA:

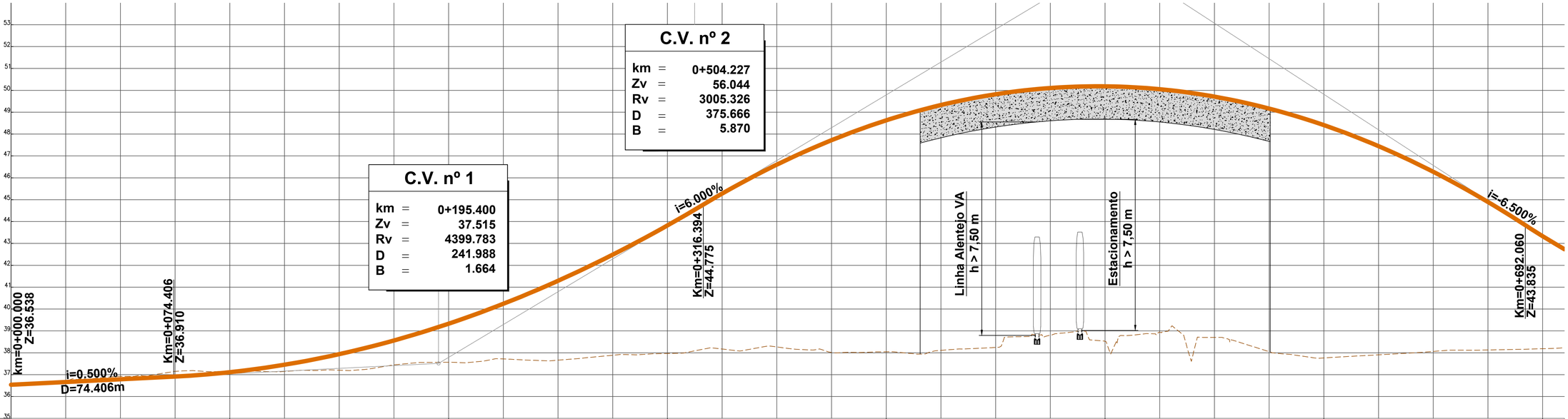
- TALUDE DE ESCAVAÇÃO
- TALUDE DE ATERRO

C.V. nº 2

km	=	0+504.227
Zv	=	56.044
Rv	=	3005.326
D	=	375.666
B	=	5.870

C.V. nº 1

km	=	0+195.400
Zv	=	37.515
Rv	=	4399.783
D	=	241.988
B	=	1.664



QUILOMETRAGEM		0+100		0+200		0+300		0+400		0+500		0+600		0+700	
PERFIL LONGITUDINAL	Cota da Rasante	36.538	36.663	36.788	36.913	37.112	37.454	37.937	38.563	39.330	40.240	41.292	42.486	43.821	45.279
	Cota do Terreno	36.64	36.74	36.92	37.15	37.16	37.15	37.20	37.45	37.57	37.72	37.66	37.89	37.97	38.17
	Elementos da Rasante	i=0.500% L=74.406				R=4399.783 D=241.988									
PLANTA	Pontos Notáveis	km=0+000.000			km=0+101.950			km=0+181.709			km=0+322.853		km=0+402.612		
	Diagrama de Curvas	L=101.950 R= 00			L=79.76 A=167.08			R=350.00 L=141.144			L=79.76 A=167.08				
	Sobreelevação (%)	TRANSIÇÃO PARA A ROTUNDA	2.5	2.5	0.0	2.5	2.5	7.0	7.0	7.0	7.0	2.5	2.5	2.5	0.0

QUILOMETRAGEM		0+600		0+700	
PERFIL LONGITUDINAL	Cota da Rasante	46.603	47.719	48.628	49.328
	Cota do Terreno	38.27	38.02	38.04	38.11
	Elementos da Rasante		R=3005.326 D=375.666		
PLANTA	Pontos Notáveis				km=0+705.911
	Diagrama de Curvas				L=303.299 R= 00
	Sobreelevação (%)	2.5	2.5	2.5	0.0

Rev.	Data	Descrição	Elab.	Verif.

Departamento de Engenharia Civil

Título complementar: COMPARAÇÃO ENTRE ALTERNATIVAS DE TRAÇADO DA EN5 NA TRANSPOSIÇÃO DA LINHA DE CAMINHO DE FERRO NO POCEIRÃO

Escala numérica	H 1:1000 / V 1:100	Chefe projeto	Miguel Cabral
		Projetou	Miguel Cabral
Escala gráfica		Desenhou	Miguel Cabral
Substitui		Substituído por	

Designação: ALTERNATIVA C
PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL
KM 0+000 AO KM 0+700

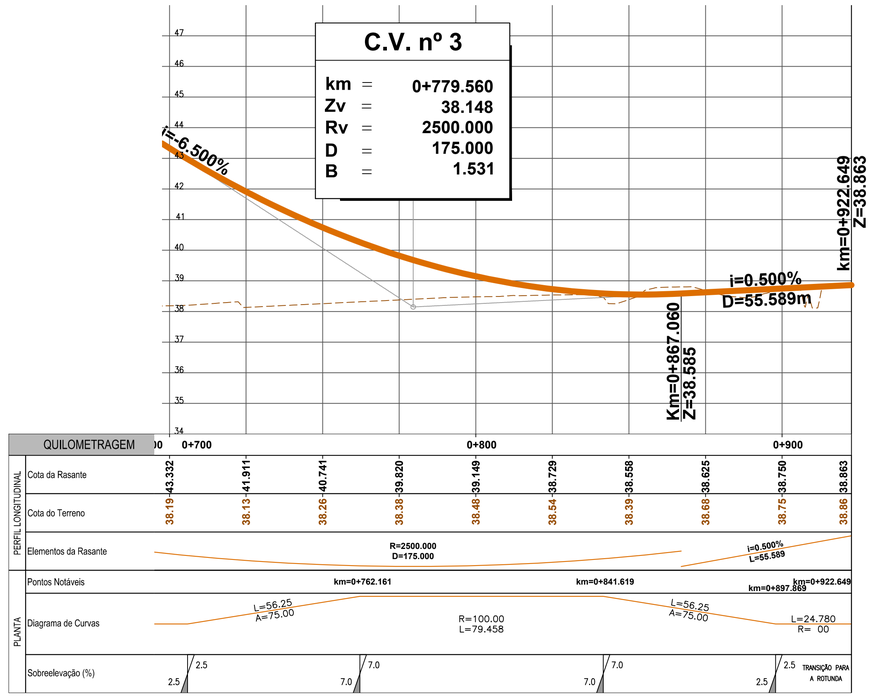
Desenho			
TFM.MC.008.00			
Data	Folha	Nº. de Ordem	
Dez / 2024	01	008	

Nota: Em desenho de formato diferente do A1, atender à escala gráfica.



LEGENDA:

- TALUDE DE ESCAVAÇÃO
- TALUDE DE ATERRO



Rev.	Data	Descrição	Elab.	Verif.

Nota: Em desenho de formato diferente de A1, atender à escala gráfica.

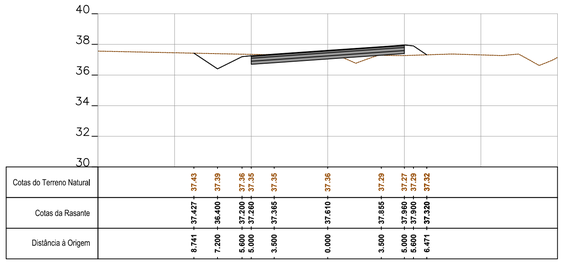
Departamento de Engenharia Civil

Título complementar: COMPARAÇÃO ENTRE ALTERNATIVAS DE TRAÇADO DA EN5 NA TRANSPOSIÇÃO DA LINHA DE CAMINHO DE FERRO NO POCEIRÃO

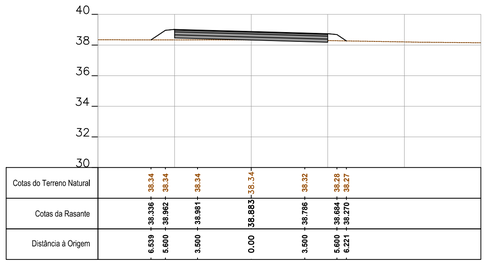
Escala numérica	Chefe projeto	Substitui
H 1:1000 / V 1:100	Miguel Cabral	
Escala gráfica	Projetou: Miguel Cabral	Substituido por
	Desenhou: Miguel Cabral	

Designação: ALTERNATIVA C
PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL
KM 0+700 AO KM 0+923

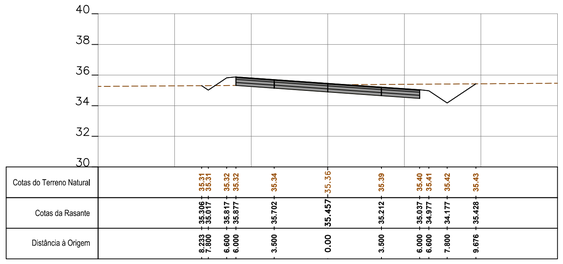
Desenho		
TFM.MC.008.00		
Data	Folha	Nº. de Ordem
Dez / 2024	02	008



| | | |

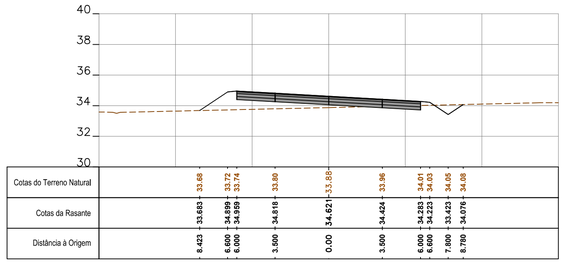

40
38
36
34
32
30

| | | |



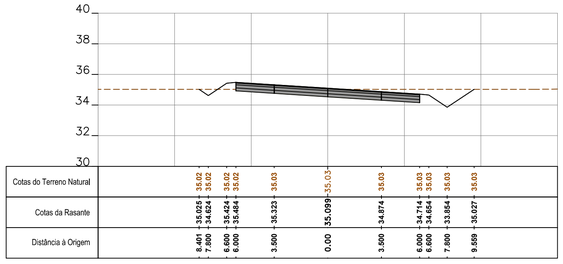
Cotas do Terreno Natural			35.31		35.32	35.34		35.36	35.39		35.40	35.41	35.42	35.43
Cotas da Rasante			35.395	35.977	35.977	35.917	35.702	35.457	35.212	35.037	34.977	34.177	35.428
Distância à Origem	8.333	7.800	6.600	6.600	3.600	3.500	0.00	3.500	3.500	6.600	6.600	7.800	9.676

0+200.000



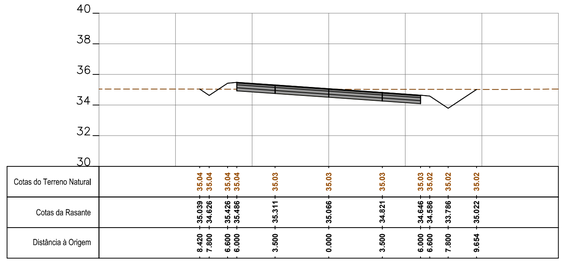
Cotas do Terreno Natural			33.68		33.72	33.74		33.80		33.88		33.98	34.01	34.08	34.08
Cotas da Rasante			33.683	34.899	34.999	34.618		34.621	34.424	34.283	34.223	33.423	34.076
Distância à Origem	8.423	6.600	6.000	3.500	0.00	3.500	6.000	6.000	7.800	8.760

0+450.000



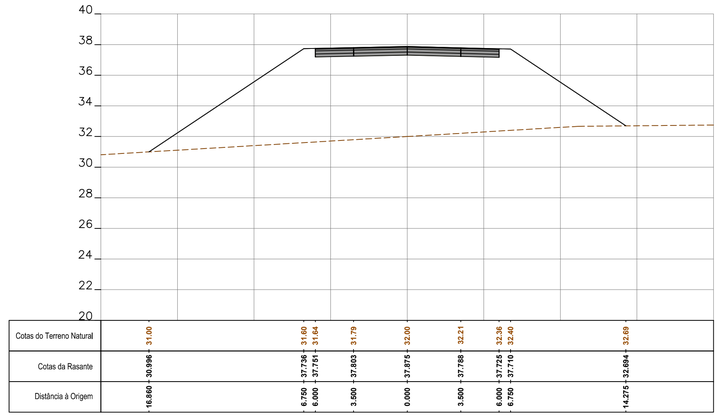
Cotas do Terreno Natural			35.02		35.02	35.02		35.03	35.03		35.03	35.03	35.03	35.03
Cotas da Rasante			35.025	34.624	35.424	35.464	35.323	35.099	34.874	34.714	34.654	33.854	35.027
Distância à Origem	8.401	7.800	6.600	6.600	3.500	0.00	3.500	6.600	6.600	7.800	9.659

0+150.000



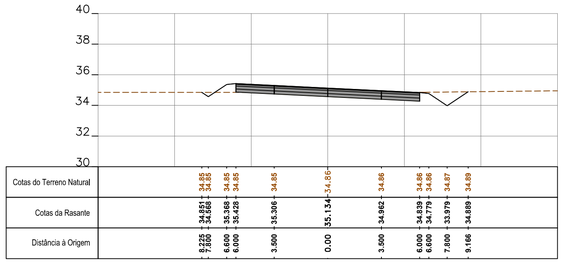
Cotas do Terreno Natural			35.04		35.04	35.04		35.03	35.03		35.03	35.02	35.02
Cotas da Rasante			35.039	34.628	35.426	35.486	35.311	35.066	34.821	34.646	34.586	33.786	35.022
Distância à Origem	8.420	7.800	6.600	6.000	3.500	0.000	3.500	6.000	6.000	7.800	9.654

0+400.000



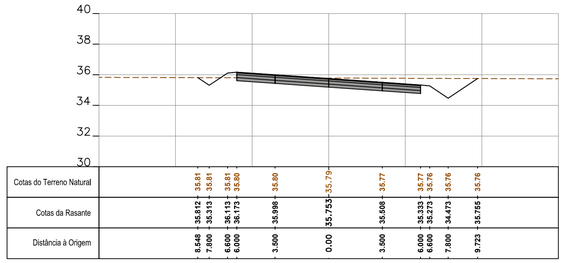
Cotas do Terreno Natural			31.60		31.64	31.79		32.00		32.21		32.36	32.40	32.69
Cotas da Rasante			30.996	37.736	37.791	37.803		37.875		37.788		37.725	37.710	32.894
Distância à Origem	16.660	6.750	6.000	3.500	0.000	3.500	6.000	6.750	14.275

0+600.000



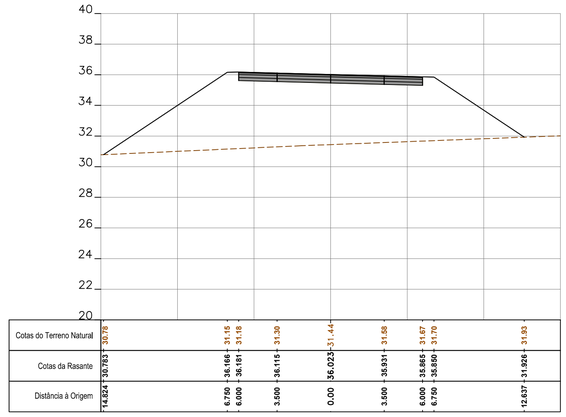
Cotas do Terreno Natural			34.85		34.85	34.85		34.86		34.86		34.86	34.87	34.89
Cotas da Rasante			34.851	34.668	35.348	35.428	35.306	35.134	34.962	34.939	34.779	33.979	34.889
Distância à Origem	8.222	7.800	6.600	6.000	3.500	0.00	3.500	6.000	6.000	7.800	9.168

0+100.000



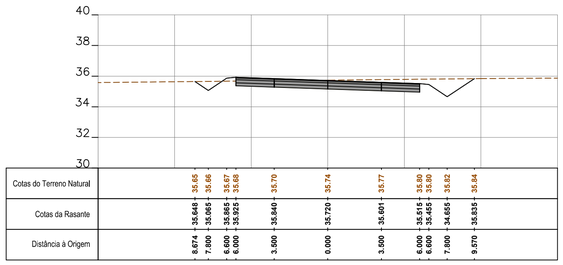
Cotas do Terreno Natural			35.81		35.81	35.81		35.80		35.79		35.77	35.77	35.76	35.76
Cotas da Rasante			35.812	35.313	35.113	35.173	35.906	35.753	35.506	35.333	35.273	34.473	35.755
Distância à Origem	8.548	7.800	6.600	6.000	3.500	0.00	3.500	6.000	6.000	7.800	9.723

0+350.000



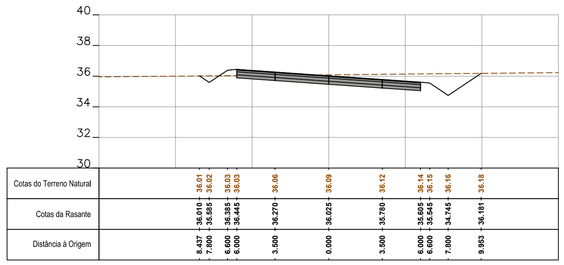
Cotas do Terreno Natural			30.78		31.15	31.18		31.30		31.44		31.68	31.67	31.70	31.93
Cotas da Rasante			30.783	36.166	36.191	36.115		36.023	35.931	35.865	35.850	31.926
Distância à Origem	14.824	6.750	6.000	3.500	0.00	3.500	6.000	6.750	12.637

0+550.000



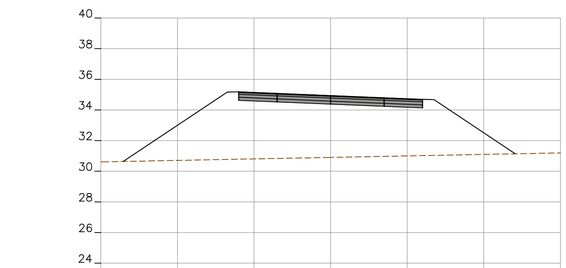
Cotas do Terreno Natural			35.65		35.66	35.67		35.70		35.74		35.77	35.80	35.82	35.84
Cotas da Rasante			35.648	35.565	35.965	35.825	35.840	35.720	35.601	35.515	35.455	34.655	35.835
Distância à Origem	8.674	7.800	6.600	6.600	3.500	0.000	3.500	6.000	6.600	7.800	9.870

0+050.000



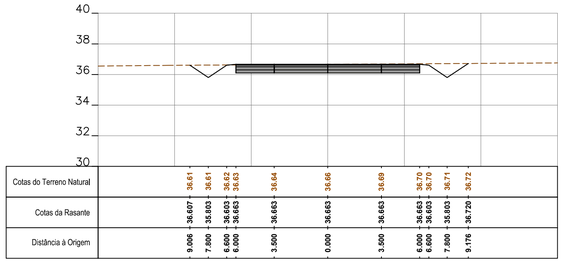
Cotas do Terreno Natural			36.01		36.02	36.03		36.06		36.09		36.12	36.14	36.15	36.16	36.18
Cotas da Rasante			36.010	35.585	36.385	36.445	36.270	36.025	35.780	35.605	35.545	34.745	36.161
Distância à Origem	8.427	7.800	6.600	6.000	3.500	0.000	3.500	6.000	6.000	7.800	9.953

0+300.000



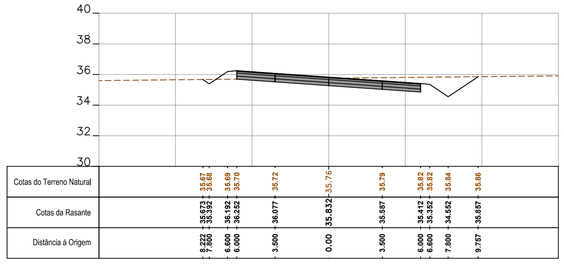
Cotas do Terreno Natural			30.64		30.77	30.78		30.83		30.90		30.97	31.02	31.03	31.14
Cotas da Rasante			30.637	35.171	35.186	35.083		34.938	34.794	34.690	34.675	31.138
Distância à Origem	13.550	6.750	6.000	3.500	0.00	3.500	6.000	6.750	12.057

0+500.000



Cotas do Terreno Natural			36.61		36.61	36.62		36.64		36.66		36.69	36.70	36.70	36.71	36.72
Cotas da Rasante			36.607	35.803	36.603	36.663	36.663	36.663	36.663	36.563	36.603	35.803	36.720
Distância à Origem	9.006	7.800	6.600	6.600	3.500	0.000	3.500	6.600	6.600	7.800	9.176

0+000.000



Cotas do Terreno Natural			35.67		35.68	35.69		35.70		35.72		35.76	35.79	35.82	35.82	35.84	35.86
Cotas da Rasante			35.673	35.392	36.192	36.252	36.077	35.832	35.687	35.412	35.352	34.552	35.857
Distância à Origem	8.222	7.800	6.600	6.000	3.500	0.00	3.500	6.000	6.000	7.800	9.757

0+250.000

Rev.	Data	Descrição	Elab.	Verif.

Departamento de Engenharia Civil

Título complementar

COMPARAÇÃO ENTRE ALTERNATIVAS DE TRAÇADO DA EN5 NA TRANSPOSIÇÃO DA LINHA DE CAMINHO DE FERRO NO POCEIRÃO

Escala numérica	Chefe projeto	Substitui
1:200	Miguel Cabral	
Escala gráfica	Projetou: Miguel Cabral	Substituído por
	Desenhou: Miguel Cabral	

Designação

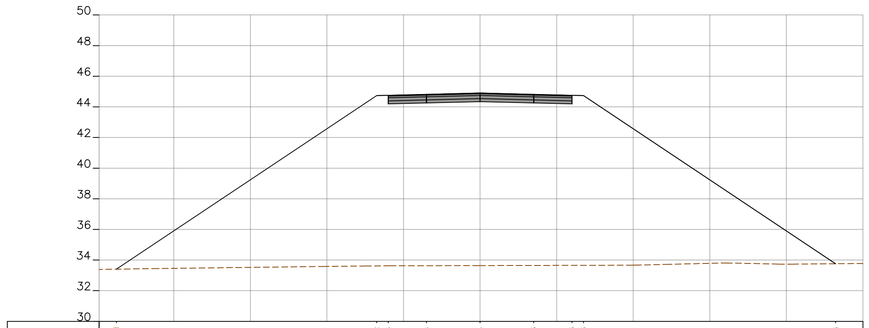
ALTERNATIVA A

PERFIS TRANSVERSAIS CARACTERÍSTICOS KM 0+000 A KM 0+600

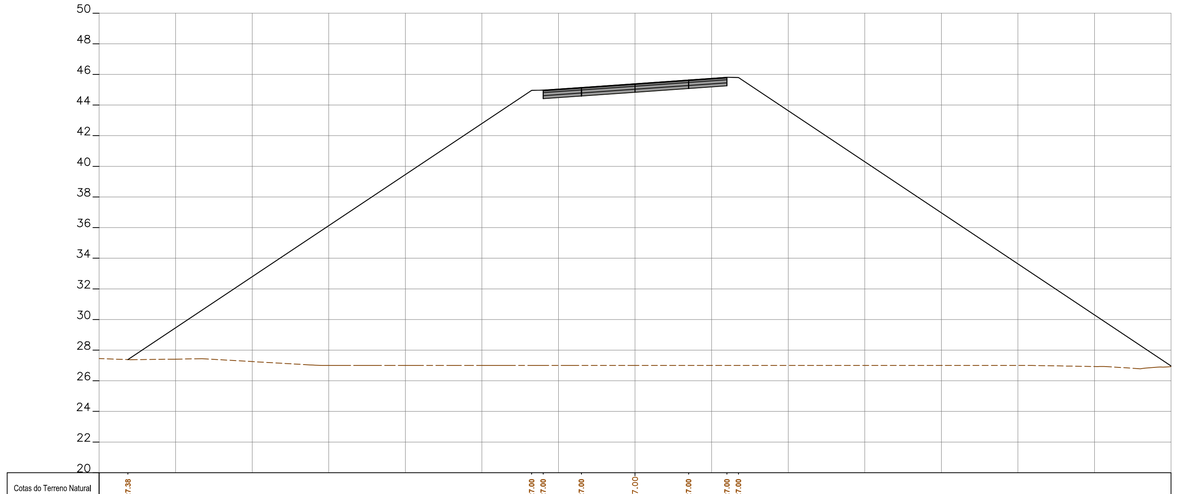
Desenho: TFM.MC.010.00

Data	Folha	Nº. de Ordem
Dez / 2024	01	010

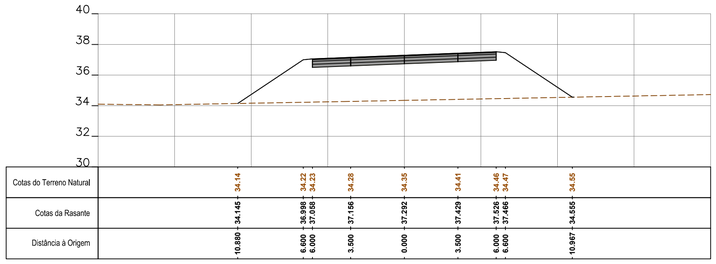
Nota: Em desenho de formato diferente de A1, atender à escala gráfica.


50
48
46
44
42
40
38
36
34
32
30

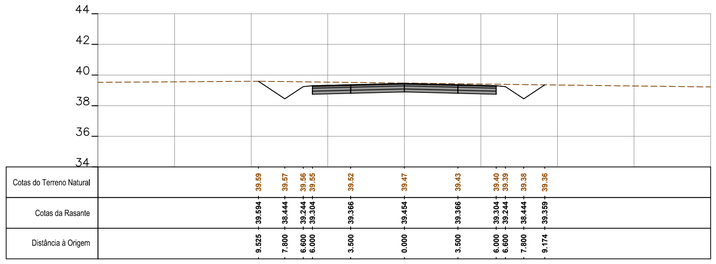
| | | |


50
48
46
44
42
40
38
36
34
32
30
28
26
24
22
20

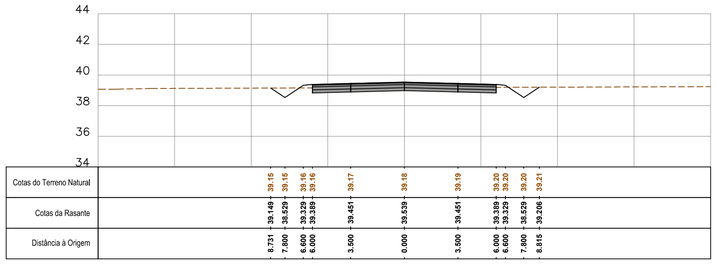
| | | |


40
38
36
34
32
30

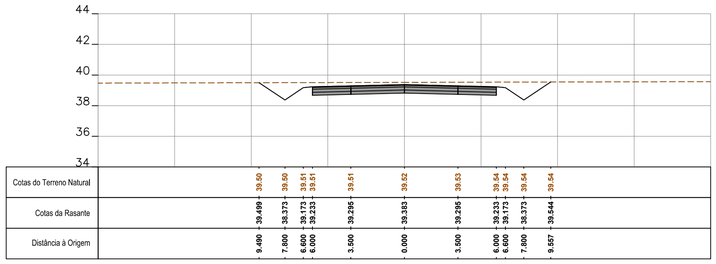
| | | |



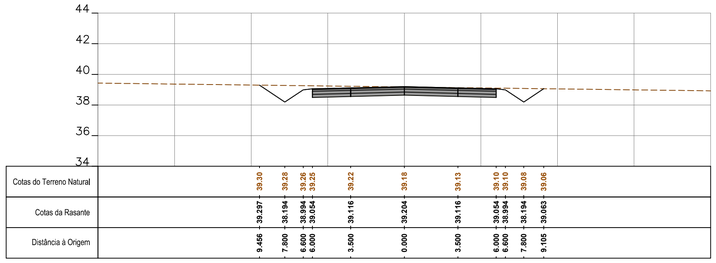
2+100.000



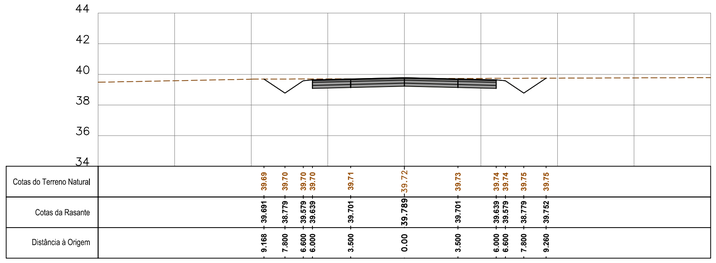
2+350.000



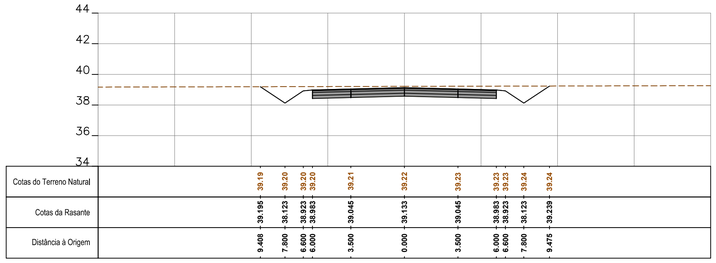
2+600.000



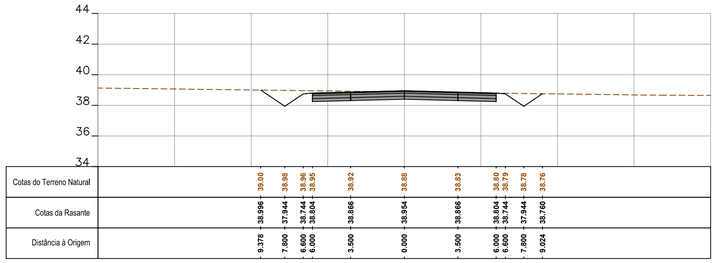
2+050.000



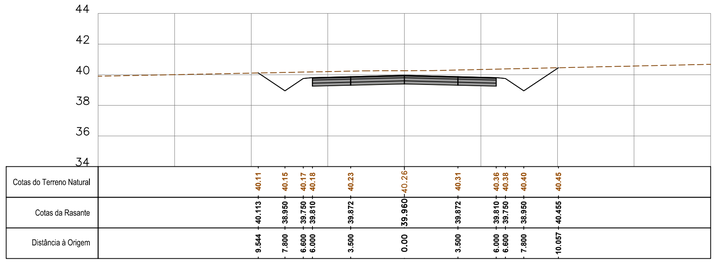
2+300.000



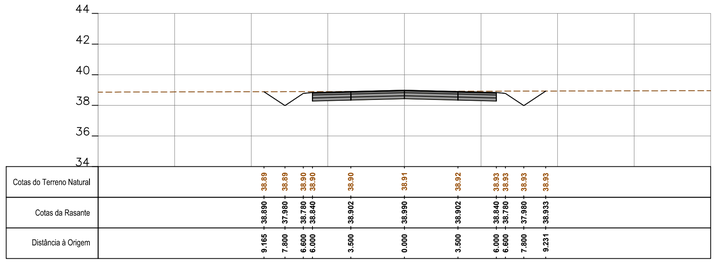
2+550.000



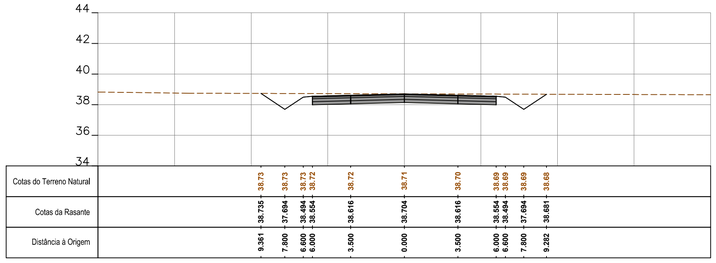
2+000.000



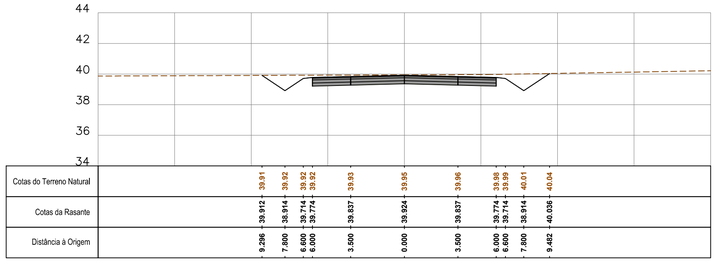
2+250.000



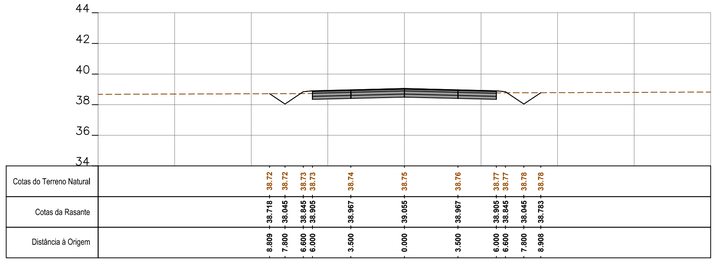
2+500.000



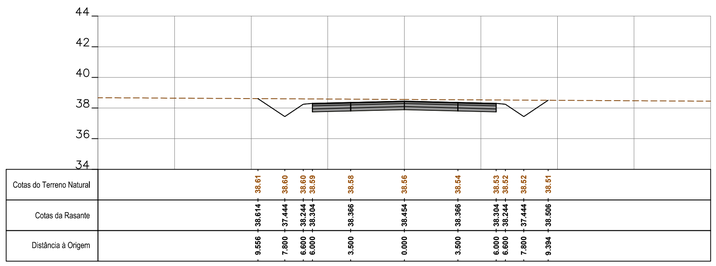
1+950.000



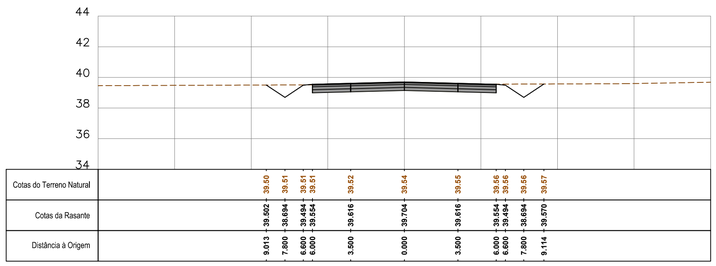
2+200.000



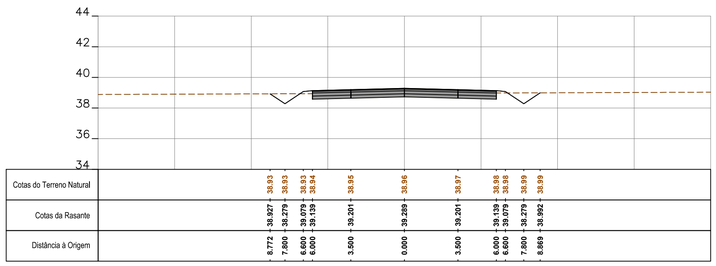
2+450.000



1+900.000



2+150.000



2+400.000

Nota: Em desenho de formato diferente do A1, atender à escala gráfica.

Rev.	Data	Descrição	Elab.	Verif.

Departamento de Engenharia Civil

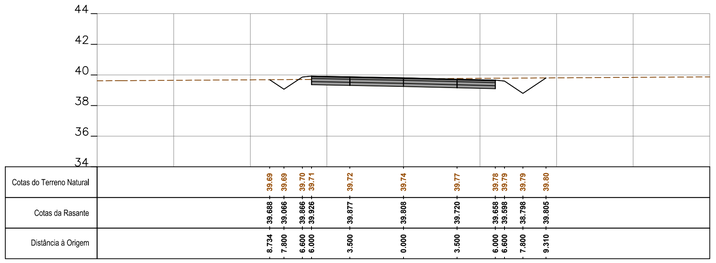
Título complementar: COMPARAÇÃO ENTRE ALTERNATIVAS DE TRAÇADO DA EN5 NA TRANSPOSIÇÃO DA LINHA DE CAMINHO DE FERRO NO POCEIRÃO

Escala numérica	Chefe projeto	Substitui
1:200	Miguel Cabral	
Escala gráfica	Projetou: Miguel Cabral	Substituído por
	Desenhou: Miguel Cabral	

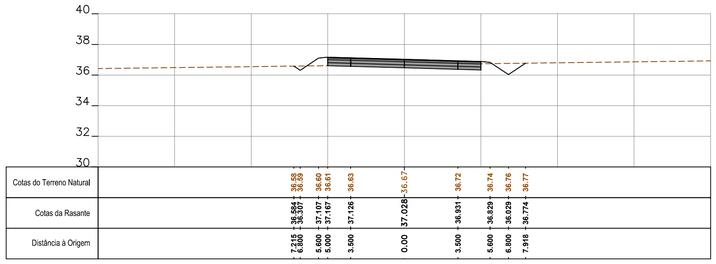
Designação: ALTERNATIVA A — PERFIS TRANSVERSAIS CARACTERÍSTICOS KM 1+900 A KM 2+600

Desenho: TFM.MC.010.00

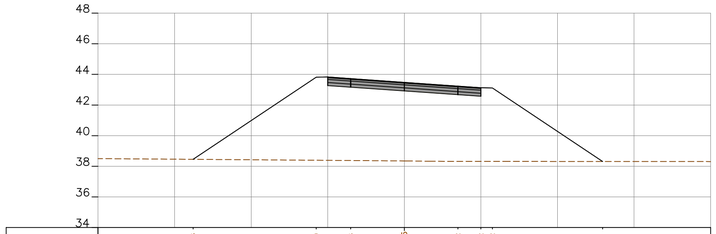
Data	Folha	Nº. de Ordem
Dez / 2024	05	010


44
42
40
38
36
34

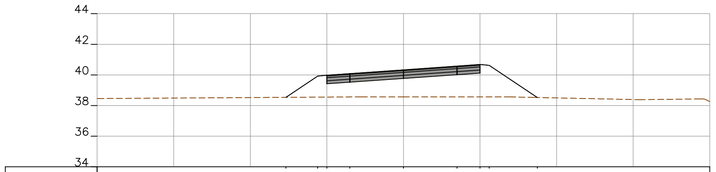
| | | |


40
38
36
34
32
30

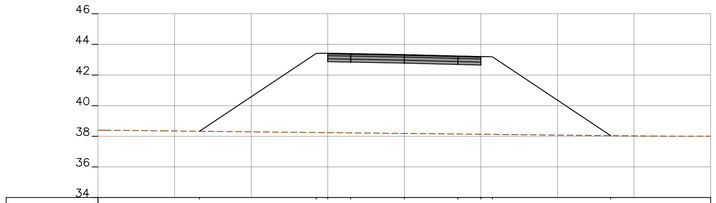
| | | |


48
46
44
42
40
38
36
34

| | | |


44
42
40
38
36
34

| | | |


46
44
42
40
38
36
34

| | | |