



Metropolitano de Lisboa

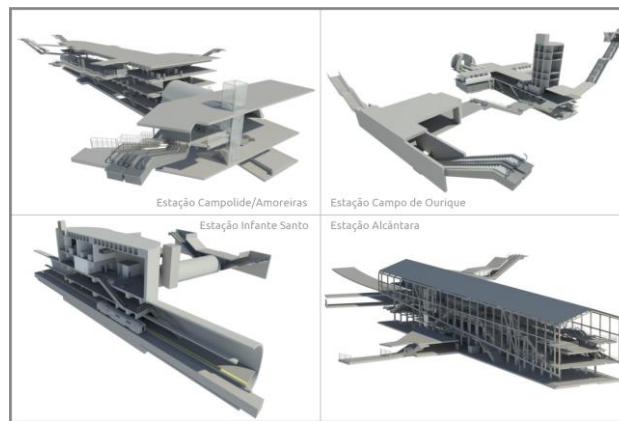


METRO DE LISBOA

PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA ENTRE SÃO SEBASTIÃO E ALCÂNTARA

EMPREITADA DE CONCEÇÃO E CONSTRUÇÃO

PROJETO DE EXECUÇÃO



TOMO I

VOLUME 30 – ESTUDOS DE VERIFICAÇÃO DA COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA DA CATENÁRIA IP

Documento SAP:	LVSSA MSA PE GER 000 000 MD 010005 0
----------------	--------------------------------------

	Nome	Assinatura	Data
Elaborado	Luís Menéres		2024-10-03
Revisto	Marta Borges		2024-10-03
Verificado	Sara Lemos		2024-10-03
Coordenador Projeto	Rui Rodrigues		2024-10-03
Aprovado	Raúl Pistone		2024-10-03

	Nome	Assinatura	Data

Índice

1	Objetivo e Âmbito	4
2	Metodologia	4
3	Referências	5
4	Bibliografia	6
5	Siglas e acrónimos	7
6	Caracterização da intervenção pretendida e do seu contexto	8
6.1	Sistema de Transporte Ferroviário existente	8
6.2	Desenvolvimentos no Sistema de Transporte Ferroviário existente	11
6.3	Construção do novo Viaduto de Alcântara	12
7	Situações sensíveis EMC	15
7.1	Pressupostos	15
7.2	Elementos perturbadores e elementos sensíveis	16
8	Conclusões	22

Índice de figuras e de tabelas

Figura 1 – Vista aérea da Linha de Cintura e da atual Estação de Alcântara Terra.....	8
Figura 2 – Terminação da eletrificação da Linha de Cintura	9
Figura 3 – AMV manual do lado Sul da atual Estação de Alcântara Terra	9
Figura 4 – Espaços técnicos junto à via na atual Estação de Alcântara Terra.....	9
Figura 5 – Torres de antenas e estações rádio base na atual Estação de Alcântara Terra.....	10
Figura 6 – Localização do Viaduto de Alcântara sobre a Linha de Cintura.....	12
Figura 7 – Afastamentos entre o Viaduto de Alcântara e a Linha de Cintura.....	13
Figura 8 – Afastamentos entre o Viaduto de Alcântara e o futuro túnel ferroviário IP	13
Figura 9 – Corte transversal do Viaduto de Alcântara.....	14
Figura 10 – Posição dos AMVs no Viaduto de Alcântara.....	14
Tabela 1 – Documentos de referência.....	5
Tabela 2 – Bibliografia	6
Tabela 3 – Siglas e acrónimos.....	7
Tabela 4 – Matriz EMC – Comboio: Metro.....	16
Tabela 5 – Matriz EMC – Metro: Comboio.....	17
Tabela 6 – Registo e Controlo de Alterações.....	23

1 Objetivo e Âmbito

O presente documento é aplicável ao novo Viaduto de Alcântara que integrará a expansão da rede do Metro de Lisboa, no âmbito da Empreitada de Conceção e Construção do Prolongamento da Linha Vermelha entre São Sebastião e Alcântara.

A Declaração de Impacte Ambiental referente à referida empreitada determina a necessidade da realização do “Estudo para verificação da compatibilidade eletromagnética da catenária da IP com os sistemas de sinalização e com a catenária do Metropolitano e vice-versa” (estudo acompanhado da pronúncia da IP).

Assim, este documento aborda os aspetos relacionados com a Compatibilidade Eletromagnética (EMC) entre o Sistema de Transporte Ferroviário existente (Linha de Cintura e atual Estação de Alcântara Terra) e a expansão da Linha Vermelha do Metro de Lisboa até Alcântara, em particular no que se refere à proximidade entre estas duas infraestruturas de transporte ferroviário, nomeadamente no novo cruzamento ferroviário resultante da construção do futuro Viaduto de Alcântara, que irá suportar a expansão da Linha Vermelha.

Este documento identifica os aspetos sensíveis relacionados com a Compatibilidade Eletromagnética resultantes da construção pretendida, nomeadamente antecipando a identificação de eventuais situações de risco de interferência eletromagnética e estabelecendo os correspondentes requisitos ou medidas de proteção a ter em consideração no desenvolvimento do projeto.

Pretende-se que o presente documento venha a integrar o *RECAPE – Relatório de Conformidade Ambiental do Projeto de Execução* da referida empreitada.

Os sistemas ferroviários são instalações complexas envolvendo fontes móveis de energia eletromagnética. De acordo com a norma EN50121-1 [2], (norma harmonizada para a Diretiva da Compatibilidade Eletromagnética [1]) poderão existir situações em que os equipamentos tenham de ser colocados em espaços restritos ou adicionados a conjuntos já existentes, implicando a possível criação de ambientes eletromagnéticos de severidade invulgar. Essas situações deverão ser consideradas através do estabelecimento de um plano formal para a gestão da compatibilidade eletromagnética, a desenvolver desde o arranque do projeto. O presente documento pretende responder a essas orientações, nomeadamente considerando a grande proximidade entre o sistema ferroviário existente e o novo Viaduto de Alcântara.

2 Metodologia

Os estudos desenvolvidos e documentados no presente documento assentam essencialmente em 3 fases, descritas nos capítulos seguintes deste documento.

- Caracterização da intervenção pretendida e do seu contexto
- Identificação de situações sensíveis resultantes da sua implementação
- Proposta de eventuais medidas de mitigação contra interferências eletromagnéticas

3 Referências

[1]	2014/30/UE	Diretiva 2014/30/UE do Parlamento Europeu e do Conselho relativa à harmonização da legislação dos Estados-Membros respeitante à compatibilidade eletromagnética
[2]	EN50121-1: 2017	Aplicações ferroviárias — Compatibilidade eletromagnética — Parte 1: Generalidades
[3]	EN50121-3-1: 2017	Aplicações ferroviárias — Compatibilidade eletromagnética — Parte 3-1: Material circulante — Comboios e veículos completos
[4]	EN50121-3-2: 2019	Aplicações ferroviárias — Compatibilidade eletromagnética — Parte 3-2: Material circulante — Equipamentos
[5]	EN50121-4: 2019	Aplicações ferroviárias — Compatibilidade eletromagnética — Parte 4: Emissão e imunidade dos equipamentos de sinalização e de telecomunicações
[6]	EN50122-1: 2022	Railway applications – Fixed installations – Electrical safety, earthing and the return circuit – Part 1: Protective provisions against electric shock
[7]	EN50122-2: 2022	Railway applications – Fixed installations – Electrical safety, earthing and the return circuit – Part 2: Provisions against the effects of stray currents caused by DC traction systems
[8]	EN50122-3: 2022	Railway applications – Fixed installations – Electrical safety, earthing and the return circuit – Part 3: Mutual Interaction of AC and DC traction systems
[9]	CLC/TS 50238-3: 2019	Railway applications – Compatibility between rolling stock and train detection systems – Part 3: Compatibility with axle counters
[10]	UNISIG/ERTMS/ETCS SUBSET-036: 2007	FFFIS for Eurobalise, Issue 2.4.1
[11]	GR.IT.GER.002	Instrução Técnica – Retorno da Corrente De Tração, Terras e Proteções – Parte 1: Generalidades
[12]	---	Diretório da Rede 2025 – Dezembro de 2023 – Infraestruturas de Portugal: https://servicos.infraestruturasdeportugal.pt/sites/default/files/inline-files/Diretorio%20da%20Rede%202025.pdf
[13]	---	Traçado da via existente: https://www.infraestruturasdeportugal.pt/infraestruturas/rede-ferroviaria

Tabela 1 – Documentos de referência

4 Bibliografia

[14]	EN50443 2011	Effects of electromagnetic interference on pipelines caused by high voltage a.c. electric traction systems and/or high voltage a.c. power supply systems
[15]	EN50121-2: 2017	Aplicações ferroviárias — Compatibilidade eletromagnética — Parte 2: Emissões do sistema ferroviário para o meio exterior
[16]	EN50121-5: 2019	Aplicações ferroviárias — Compatibilidade eletromagnética — Parte 5: Emissão e imunidade de instalações fixas de alimentação de energia e equipamentos
[17]	EN50163: 2020	Railway applications – Supply voltages of traction systems
[18]	EN55011: 2020	Equipamentos industriais, científicos e médicos — Características das perturbações de radiofrequência — Limites e métodos de medição
[19]	EN55032: 2020	Compatibilidade Eletromagnética de equipamentos multimédia — Requisitos de emissão
[20]	EN55035: 2017	Compatibilidade Eletromagnética de equipamentos multimédia — Requisitos de imunidade
[21]	EN61000-6-1: 2007	Compatibilidade eletromagnética (CEM) — Parte 6-1: Normas genéricas — Imunidade para os ambientes residencial, comercial e de indústria ligeira
[22]	EN61000-6-2: 2005	Compatibilidade eletromagnética (CEM) — Parte 6-2: Normas genéricas — Imunidade para os ambientes industriais
[23]	EN61000-6-3: 2020	Compatibilidade eletromagnética (EMC) — Parte 6-3: Normas genéricas — Norma de emissão para os ambientes residenciais
[24]	EN61000-6-4: 2011	Compatibilidade eletromagnética (CEM) — Parte 6-4: Normas genéricas — Norma de emissão para os ambientes industriais
[25]	EN50238-1: 2014	Railway applications – Compatibility between rolling stock and train detection systems
[26]	CLC/TS 50238-2: 2016	Railway applications – Compatibility between rolling stock and train detection systems – Part 2: Compatibility with track circuits
[27]	ERA/ERTMS/033281: 2018	Interfaces between control-command and signalling trackside and other subsystems

Tabela 2 – Bibliografia

5 Siglas e acrónimos

AC	Corrente Alternada
AMV	Aparelho de Movimentação de Via
CEM	Compatibilidade Eletromagnética
CONVEL	Controlo Automático de Velocidade
DC	Corrente Contínua
EMC	Compatibilidade Eletromagnética
ETCS	European Train Control System
GSM-R	Global System for Mobile Communications – Railway
LEU	Lineside Electronics Unit (ETCS L1)
PN	Passagem de Nível
RCT+TP	Retorno de corrente de tração e terra de proteção
VLD	Voltage Limiting Device

Tabela 3 – Siglas e acrónimos

6 Caracterização da intervenção pretendida e do seu contexto

6.1 Sistema de Transporte Ferroviário existente

O Sistema de Transporte Ferroviário existente na área de intervenção (Linha de Cintura e atual Estação de Alcântara Terra) inclui uma linha em via única (que ficará situada sob o futuro Viaduto de Alcântara) e a atual Estação de Alcântara Terra, suportando o transporte de passageiros para Norte a partir da atual Estação de Alcântara Terra e o transporte de mercadorias até ao Terminal de Contentores de Alcântara.

A via atual está eletrificada a 25kV_{AC} a partir da Subestação de Tração de Sete Rios e está integrada na Rede Ferroviária Nacional. A sua eletrificação termina a Sul da atual Estação de Alcântara Terra, não estando eletrificado o troço de ligação à Linha de Cascais, nomeadamente considerando que a Linha de Cascais está atualmente eletrificada sob uma tensão de tração distinta (1,5kV_{DC}).

Como referência, poderá considerar-se o nível máximo de potência elétrica em jogo na via de 20MVA em regime normal e 500MVA em regime de curto-circuito.



Figura 1 – Vista aérea da Linha de Cintura e da atual Estação de Alcântara Terra



Figura 2 – Terminação da eletrificação da Linha de Cintura

Não estão instalados quaisquer elementos de sinalização ferroviária eletrónica nem de deteção de comboios na área sob o futuro Viaduto de Alcântara:

- No lado Sul da Estação de Alcântara Terra os atuais AMVs são manuais;
- Não foram identificados sinais luminosos, balizas, contadores de eixos ou ligações a circuitos de via.



Figura 3 – AMV manual do lado Sul da atual Estação de Alcântara Terra

Do lado Sul da estação existem espaços técnicos que ficarão localizados sob o Viaduto de Alcântara.



Figura 4 – Espaços técnicos junto à via na atual Estação de Alcântara Terra

Do lado Sul da atual Estação de Alcântara Terra existem duas torres de antenas e respetivas estações rádio base, com identificação “NOS” (estação mais a sul) e “Vodafone” (estação mais a norte), e que ficarão na proximidade do Viaduto de Alcântara.



Figura 5 – Torres de antenas e estações rádio base na atual Estação de Alcântara Terra

A caracterização do sistema de Transporte Ferroviário existente na área de intervenção considerou o Diretório da Rede [12], o Traçado da via existente [13], as observações da visita ao local realizada no dia 6 de setembro de 2024 e as informações complementares disponibilizadas pela IP (Infraestruturas de Portugal, SA).

6.2 Desenvolvimentos no Sistema de Transporte Ferroviário existente

Prevêem-se os seguintes desenvolvimentos no Sistema de Transporte Ferroviário existente na área de intervenção (Linha de Cintura e atual Estação de Alcântara Terra):

- Está prevista a construção de uma nova ligação em via subterrânea ([12] – anexo 2.6), integrada na Rede Ferroviária Nacional, eletrificada a 25kV_{AC}, prolongando a Linha de Cintura desde a atual Estação de Alcântara Terra (a desativar) e até à linha de Cascais, passando na futura Estação Subterrânea de Alcântara Terra, suportando o transporte de passageiros para Norte, a partir da Linha de Cascais. Esta linha subterrânea passará sob o Viaduto de Alcântara (Metro de Lisboa).
É previsível que venham a ser instalados nesta nova ligação os equipamentos de sinalização e de telecomunicações, similares aos já existentes na Rede Ferroviária Nacional, necessários à implementação do sistema ETCS (nível 2), tais como Eurobalises [10] e LEUs, além de sinais, AMVs com motorização elétrica, contadores de eixos, circuitos de via (nas áreas de Estação), balizas Convel e estações de rádio GSM-R. Estes equipamentos exigirão o encaminhamento ao longo da via de cabos de alimentação, de sinalização e de telecomunicações, a par dos cabos de terra e de corrente de retorno (cabos de RCT+TP [11]) e de eventuais feeders.
- Está prevista a instalação de sistemas de sinalização eletrónica na via atual na proximidade do Viaduto de Alcântara, nomeadamente sinais e contadores de eixos associados à PN Rua Pilar do Crato (PN4 – Pk 0,123 – área de influência do encravamento da Estação de Alcântara Mar da Linha de Cascais).
- Está prevista a instalação de uma estação de rádio GSM-R na atual Estação de Alcântara Terra, sendo utilizada a torre existente mais a Norte (ver Figura 5) para a montagem das respetivas antenas.
- Está previsto manter os espaços técnicos existentes (ver Figura 4), que ficarão localizados sob o Viaduto de Alcântara, sendo necessário assegurar a proteção do seu perímetro atendendo às exigências da norma EN50122-1 [6] (nomeadamente ligação à terra) em resultado da construção do Viaduto de Alcântara.

Não está previsto prolongar a eletrificação da via ao longo do troço atual entre a Estação de Alcântara Terra e a Estação de Alcântara Mar (Linha de Cascais).

6.3 Construção do novo Viaduto de Alcântara

A expansão da Linha Vermelha do Metro de Lisboa até Alcântara implicará a construção do Viaduto de Alcântara, que atravessará o Vale de Alcântara desde o Baluarte do Livramento até à futura Estação de Alcântara, com um comprimento previsto de 380m.

Na continuidade da linha já existente, serão instalados no Viaduto de Alcântara:

- Carril clássico em bitola 1435mm, em via dupla
- 3º carril para fornecimento da energia de tração aos veículos
- Sistemas de deteção de comboios
- Sistemas de proteção de comboios
- Sinais luminosos
- Motores de agulhas (em Pk 3,328 e em Pk 3,368)
- Sistemas de telecomunicações
 - Cabo radiante, no topo do viaduto, a mais de 2m do topo das composições
- Cabos de energia em caleira (ao nível do carril)
 - Feeder da corrente de retorno da energia de tração (500mm², negativo 750V_{DC})
 - Cabos de 30kV_{AC}
 - Cabos de 10kV_{AC}
- Cabos dos sistemas em esteira de varão, na vertical, nos dois lados da via
 - Baixa tensão
 - Cabos de dados – fibra ótica monomodo (Metro de Lisboa e Siresp)
 - Telecomunicações e sinalização (pares de cobre) TE1GH 10x2x0,5 / 30x2x0,5

A subestação de tração (750V_{DC}) mais próxima irá localizar-se na futura Estação de Alcântara.

Em Pk 3,386 o Viaduto de Alcântara irá passar sobre a Linha de Cintura (troço de via existente entre a atual Estação de Alcântara Terra e a Estação de Alcântara Mar).

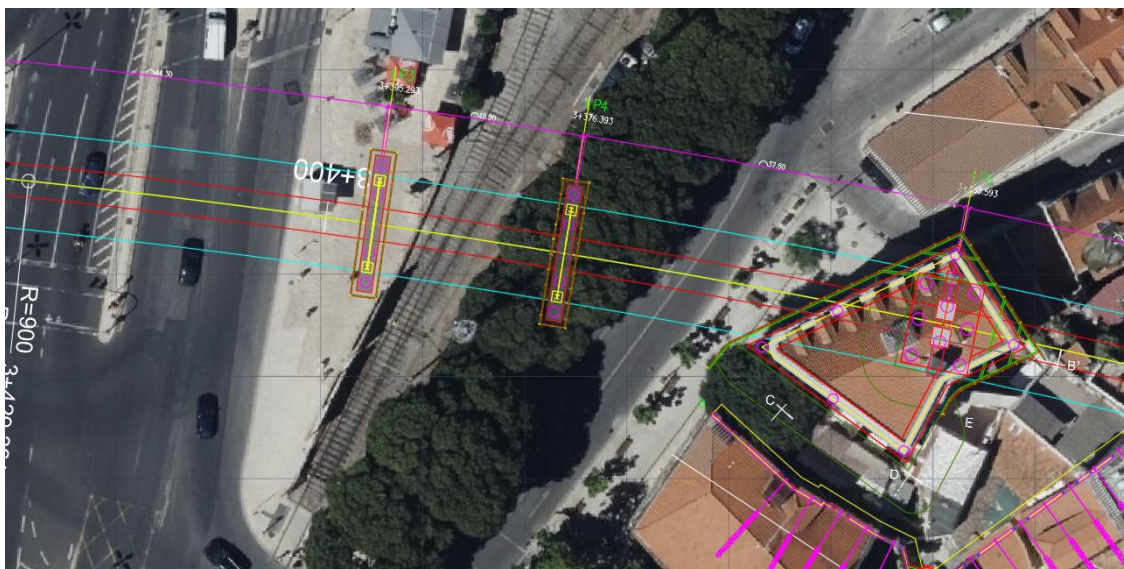


Figura 6 – Localização do Viaduto de Alcântara sobre a Linha de Cintura

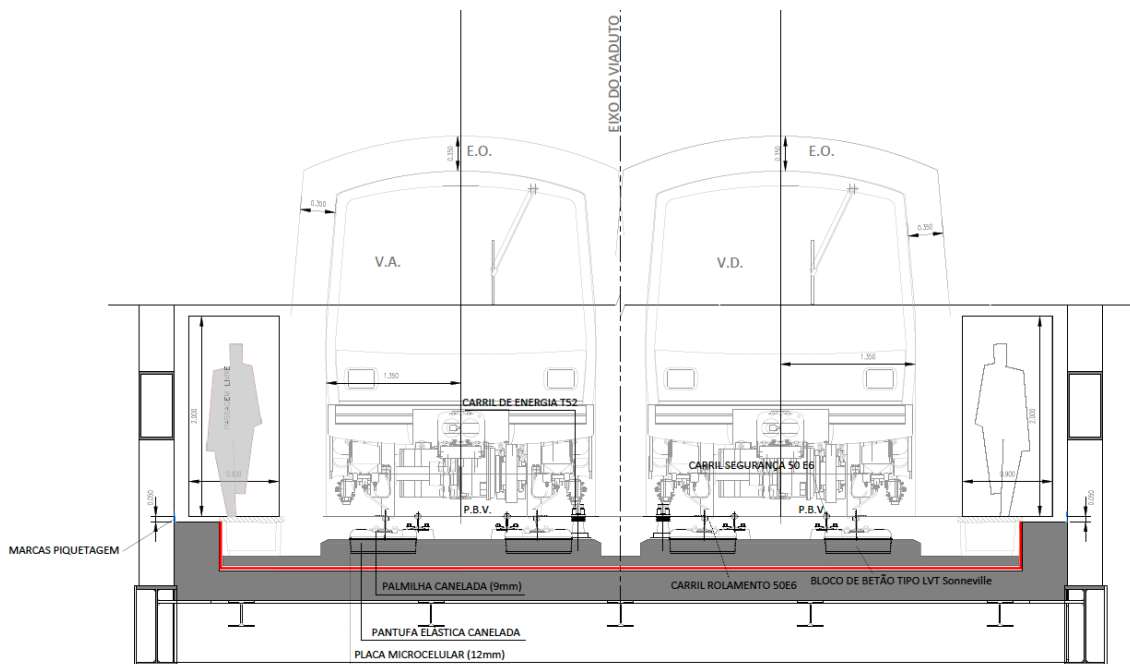


Figura 9 – Corte transversal do Viaduto de Alcântara

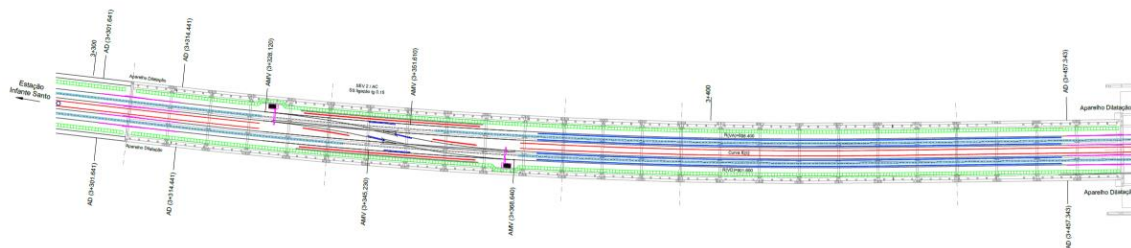


Figura 10 – Posição dos AMVs no Viaduto de Alcântara

7 Situações sensíveis EMC

7.1 Pressupostos

Alguns pilares do Viaduto de Alcântara irão situar-se dentro da zona de queda de catenária da via existente, conforme definições previstas na norma EN50122-1 [6] (figura 1), obrigando a que sejam garantidas ligações adequadas desses pilares ao sistema de terras da via existente (AC), atendendo aos requisitos previstos na GR.IT.GER.002 [11], nomeadamente no projeto e durante a sua construção, implicando que os dois sistemas de terras (AC e DC) sejam interligados (**pressuposto 1**), o que obrigará a que ambos os sistemas de terras (AC e DC) sejam devidamente dimensionados em relação às situações de defeito originadas em cada um dos sistemas (e.g. utilizando cabos com a secção mínima de 50mm² [11]).

Atendendo ao contorno de referência ([12] – anexo 2.3.4.B), prevendo uma altura de 4,5m, e às definições previstas na norma EN50122-1 [6] (figura 1), a altura mínima do tabuleiro do Viaduto de Alcântara (7,3m) irá situar-se nos limites da zona de queda de catenária da via existente, obrigando a que sejam garantidas ligações adequadas ao sistema de terras da via existente também no tabuleiro do Viaduto de Alcântara (e.g. utilizando cabos com a secção mínima de 50mm² [11]) (**pressuposto 2**).

Atendendo a que o sistema de tração no Viaduto de Alcântara será em corrente contínua (tensão de tração de 750V_{DC}), os carris no Viaduto de Alcântara serão isolados eletricamente dos restantes elementos da estrutura do viaduto, de forma a ser evitada a corrosão eletroquímica causada por correntes vagabundas (*stray current corrosion*), conforme previsto na norma EN50122-2 [7] (**pressuposto 3**), existindo VLDs entre os carris e o sistema de terra do viaduto, espaçados ao longo da via, que assegurarão que a tensão de contacto nos carris (tensão entre os carris e os vários elementos condutores do viaduto) não seja excessiva (**pressuposto 4**).

De acordo a norma EN50121-3 ([8] §6.1), a construção do Viaduto de Alcântara e a sua eletrificação irá criar uma zona de interação mútua entre os sistemas de tração elétrica distintos AC (comboio existente) e DC (Metro de Lisboa), uma vez que a sua separação é inferior a 50m.

No âmbito da segurança elétrica, os efeitos relevantes relacionados com esta interação mútua estão unicamente relacionados com:

- Acoplamento galvânico do sistema de tração AC sobre o sistema de tração DC: terá de assegurar-se que a tensão de contacto combinada (AC e DC) nos elementos condutores acessíveis a pessoas respeita os limites previstos na figura 1 da norma EN50121-3 [8] em regime normal e em regime de defeito, obrigando a um dimensionamento adequado das ligações dos elementos condutores acessíveis a pessoas aos sistemas de terras AC e DC (e.g. utilizando cabos com a secção mínima de 50mm² [11]) (**pressuposto 5**).
- Acoplamento indutivo do sistema de tração AC sobre o sistema de tração DC: considerando que as linhas irão cruzar-se na perpendicular, o acoplamento indutivo não é relevante ([8] §5.3.1)).
- Acoplamento capacitivo do sistema de tração AC sobre o sistema de tração DC: considerando a reduzida extensão da zona de interação mútua e o facto de não haver partes metálicas galvanicamente isoladas ([8] §5.1), o acoplamento capacitivo não é relevante.

7.2 Elementos perturbadores e elementos sensíveis

Considerando todas as situações de eventual interferência eletromagnética entre os elementos da Linha Vermelha e da Linha de Cintura, a possibilidade de qualquer elemento poder interferir sobre outro elemento é apresentada nas Matrizes EMC (Tabela 4 e Tabela 5).

As situações sem qualquer risco credível de interferência encontram-se sombreadas.

As situações relevantes (numeradas de 1 a 11) são a seguir analisadas detalhadamente (incluindo os desenvolvimentos previstos para a Linha de Cintura).

Nos casos pertinentes são identificadas recomendações de proteção complementares a adotar (Recomendação I a Recomendação V).

Emissor		Linha Vermelha												
		Viaduto (estrutura)	Carril	3º carril	Material Circulante	Deteção de veículos	Sinais Luminosos	Balizas	AMVs	Cabo Radiante	Cabos de energia (10kV / 30kV)	Cabos de tração (negativo 750VDC) e terra	Cabos de baixa tensão	Cabos de telecomunicações
Linha de Cintura	Catenária atual	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Carril	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Material Circulante	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Estação GSM-R				3	3	3	3		3				
	Circuitos de Via													
	Sinais Luminosos													
	Balizas (Convel/Eurobalise)				4			4						
	LEU													
	AMVs motorizados													
	Contadores de eixos					5								
	Cabos de corrente de retorno	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Cabos de terra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Cabos de baixa tensão													
	Cabos de telecomunicações													

Tabela 4 – Matriz EMC – Comboio: Metro

Emissor		Receptor													
		Linha de Cintura													
		Catenária atual	Carril	Material Circulante	Estação GSM-R	Circuitos de Via	Sinais Luminosos	Balizas (Convel/Eurobalise)	LEU	AMVs motorizados	Contadores de eixos	Cabos de corrente de retorno	Cabos de terra	Cabos de baixa tensão	Cabos de telecomunicações
Linha Vermelha	Viaduto (estrutura)														
	Carril	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	3º carril	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	Material Circulante	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	Deteção de veículos					8						8			
	Sinais Luminosos														
	Balizas			9				9							
	AMVs motorizados														
	Cabo Radiante			1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0			1 0			
	Cabos de energia (10kV / 30kV)	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1
	Cabos de tração (negativo 750V)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	Cabos de baixa tensão														
	Cabos de telecomunicações														

Tabela 5 – Matriz EMC – Metro: Comboio

(1) Na catenária, nos carris e nos cabos de RCT+TP [11] poderá circular uma corrente máxima da ordem de 800A em regime normal, 1,6kA em regime de sobrecarga (<1min) e 7,5kA em regime de curto-circuito (<0,1s) [11]. Considerando uma distância mínima de 1,0m entre cada elemento e o elemento mais próximo do Viaduto de Alcântara (valor estimado na ausência de um levantamento topográfico da cota do topo dos postes de catenária) (**pressuposto 6**), poderão estimar-se os valores máximos para os campos magnéticos recebido no viaduto de 250A/m (regime de sobrecarga) e de 1200A/m (regime de curto-circuito), valores acima dos níveis de imunidade assegurados pelos equipamentos de telecomunicações e de sinalização [5]. Assim:

- **Recomendação I:** Os novos equipamentos de sinalização e de telecomunicações da linha vermelha a instalar no Viaduto de Alcântara (e.g. balizas, contadores de eixos, armários elétricos, sinais, telefones de via) deverão ser montados afastados pelo menos 4m da zona de sobreposição com a Linha de Cintura, de forma a assegurar que não são expostos a campos magnéticos superiores aos seus níveis de imunidade.
- Não é credível a indução de tensões significativas nos cabos de energia, de telecomunicações e de sinalização, nos novos carris e no terceiro carril, atendendo a que que as linhas irão cruzar-se na perpendicular, não sendo assim relevante o acoplamento indutivo ([11] §5.3.1).
- Não é credível qualquer efeito no material circulante do Metro de Lisboa (atendendo à sua blindagem intrínseca), em AMVs (sem eletrónica), nem na estrutura do Viaduto de Alcântara.

(2) Considerando que as emissões radiadas do material circulante da Linha de Cintura cumprem com as disposições regulamentares aplicáveis [3], não é credível que o material circulante da Linha de Cintura possa interferir com qualquer elemento a incorporar no Viaduto de Alcântara ou no respetivo material circulante, exceto no caso dos dispositivos que utilizem radiofrequências e que sejam instalados a grande proximidade da Linha de Cintura. Assim:

- **Recomendação II:** Deverá assegurar-se que os novos equipamentos de sinalização e de telecomunicações da linha vermelha a instalar no Viaduto de Alcântara e que utilizem radiofrequência (e.g. balizas, contadores de eixos, cabo radiante) não operam em frequências utilizadas pelo material circulante da Linha de Cintura. Em caso de dúvida os novos equipamentos de sinalização e de telecomunicações da linha vermelha a instalar no Viaduto de Alcântara deverão ser montados afastados da zona de sobreposição com a Linha de Cintura (e.g. >10m), de forma a assegurar que não são expostos a campos eletromagnéticos capazes de interferir com a sua operação normal.

(3) Está prevista a instalação de uma estação rádio GSM-R e a montagem das respetivas antenas na torre que ficará adjacente ao tabuleiro do Viaduto de Alcântara. Atendendo à potência rádio emitida (até 100W), ao ganho das antenas (até 26dBi) e à altura das antenas, o campo eletromagnético recebido no tabuleiro do Viaduto de Alcântara poderá ser superior aos níveis de imunidade dos equipamentos embarcados ou dos equipamentos a incorporar no Viaduto de Alcântara (e.g. balizas, contadores de eixos, armários elétricos, sinais, telefones de via). Assim:

- **Recomendação III:** As antenas da estação rádio GSM-R previstas para ser instaladas junto ao tabuleiro do Viaduto de Alcântara deverão ser adequadamente instaladas (altura e orientação), de modo que o campo eletromagnético recebido no tabuleiro do Viaduto de Alcântara seja inferior aos níveis de imunidade (e.g. <20V/m) dos equipamentos na via [5] e dos equipamentos embarcados [4].

Nota: o mesmo se aplica em relação às antenas já existentes utilizadas pelas redes móveis.

(4) É previsível que a Linha de Cintura venha a ser equipada com balizas na via (Eurobalise ou Convel). Estas balizas poderão ser similares às balizas utilizadas pelo Metro de Lisboa, pelo que devem ser instaladas numa posição que assegure que não interagem com os sistemas embarcados da Linha Vermelha do Metro de Lisboa. Assim:

Recomendação IV: As balizas que venham a ser instaladas na Linha de Cintura na proximidade do Viaduto de Alcântara deverão ser colocadas afastados da zona de sobreposição com a Linha de Cintura (e.g. >10m), de forma a assegurar que não são ativadas nem lidas pelos transdutores embarcados no material circulante da Linha Vermelha.

(5) É previsível que a Linha de Cintura venha a ser equipada com sistemas de deteção de comboios baseados em contadores de eixos montados nos carris. Estes sistemas geram campos magnéticos dum lado do carril e analisam o campo magnético recebido do outro lado do carril, identificado a passagem de uma roda através do seu efeito na amplitude e na fase do campo magnético recebido. A frequência utilizada nestes sistemas situa-se entre 27kHz e 1230kHz (dependendo do equipamento [9]), tendo níveis de emissão muito reduzidos. A propagação destes campos magnéticos é fortemente atenuada com a distância. Assim:

- Não é credível os sistemas de deteção de comboios baseados em contadores de eixos montados nos carris da Linha de Cintura que possam interferir com qualquer sistema de deteção de comboios utilizado na Linha Vermelha (e.g. contadores de eixos ou circuitos de via), considerando a separação vertical entre as duas linhas (cerca de 7m).

(6) Nos carris, no carril de tração (3º carril) e nos feeders da Linha Vermelha poderá circular uma corrente máxima da ordem de 2kA em regime normal, 6kA em regime de sobrecarga e 10kA em regime de curto-circuito. Nos cabos de terra (e partes metálicas a eles ligadas) poderá ainda circular uma corrente máxima da ordem de 1kA em regime de curto-circuito.

Considerando:

- A distância mínima de 1,0m entre estes elementos e o elemento mais próximo do sistema de catenária da Linha de Cintura (valor estimado na ausência de um levantamento topográfico da cota do topo dos postes de catenária) (**pressuposto 6**);
- A distância mínima de 2,5m entre estes elementos e as composições da Linha de Cintura;
- A distância mínima de 5m entre estes elementos e o equipamento de telecomunicações e de sinalização na via da Linha de Cintura;

Os valores máximos do campo magnético recebido na Linha de Cintura podem ser estimados (estimativa majorada, considerando a influência de apenas um elemento suportando toda a corrente de tração e sem considerar a redução devida aos elementos onde circulem correntes no sentido contrário):

- Na catenária: 950A/m (regime de sobrecarga) e 1600A/m (regime de curto-circuito);
- Nas composições: 380A/m (regime de sobrecarga) e 640A/m (regime de curto-circuito);
- Nos equipamentos de telecomunicações e de sinalização na via: 190A/m (regime de sobrecarga) e 320A/m (regime de curto-circuito).

Assim:

- Não é credível a indução de tensões significativas nos cabos de energia, de telecomunicações e de sinalização, nos carris e na catenária da Linha de Cintura, atendendo a que os campos magnéticos gerados pela Linha Vermelha são quase estáticos (tração em corrente contínua) e que as linhas irão cruzar-se na perpendicular, não sendo assim relevante o acoplamento indutivo ([11] §5.3.1).

- Não é credível qualquer efeito no material circulante do Metro de Lisboa (atendendo à sua blindagem intrínseca), em AMVs (sem eletrónica) e na estrutura do Viaduto de Alcântara.
- Não é credível a ocorrência de interferências nos equipamentos de telecomunicações e de sinalização da Linha de Cintura, considerando que a amplitude dos campos magnéticos perturbadores é inferior aos níveis de imunidade assegurados pelos equipamentos de telecomunicações e de sinalização [5].

(7) Considerando que as emissões radiadas do material circulante da Linha Vermelha cumprem com as disposições regulamentares aplicáveis [3], não é credível que o material circulante da Linha Vermelha possa interferir com qualquer elemento existente ou a incorporar na Linha de Cintura ou no respetivo material circulante, exceto no caso dos dispositivos que utilizem radiofrequências e que sejam instalados a grande proximidade da Linha Vermelha. Assim:

- **Recomendação V:** Deverá assegurar-se que os equipamentos de sinalização e de telecomunicações da Linha de Cintura localizados (ou a instalar) junto ao Viaduto de Alcântara e que utilizem radiofrequência (e.g. balizas, contadores de eixos, cabo radiante) não operam em frequências utilizadas pelo material circulante da Linha Vermelha. Em caso de dúvida os equipamentos de sinalização e de telecomunicações da Linha de Cintura deverão ser afastados da zona de sobreposição com a Linha Vermelha (e.g. >10m), de forma a assegurar que não são expostos a campos eletromagnéticos provenientes do material circulante da Linha Vermelha e capazes de interferir com a sua operação normal.

(8) É previsível que a Linha Vermelha venha a ser equipada com sistemas de deteção de comboios baseados em circuitos de via ou em contadores de eixos montados nos carris: os circuitos de via apenas utilizam correntes de baixa frequência, não propagando campos eletromagnéticos significativos; os contadores de eixos geram campos magnéticos dum lado do carril e analisam o campo magnético recebido do outro lado do carril, identificado a passagem de uma roda através do seu efeito na amplitude e na fase do campo magnético recebido, utilizando frequências entre 27kHz e 1230kHz (dependendo do equipamento), tendo níveis de emissão muito reduzidos e sendo a propagação destes campos magnéticos fortemente atenuada com a distância. Assim:

- Não é credível que os sistemas de deteção de comboios da Linha Vermelha possam interferir com qualquer sistema de deteção de comboios utilizado na Linha de Cintura (e.g. contadores de eixos ou circuitos de via), considerando a separação vertical entre as duas linhas (cerca de 7m).

(9) É previsível que a Linha Vermelha venha a ser equipada com balizas na via. Estas balizas poderão ser similares às balizas utilizadas pela Linha Vermelha Metro de Lisboa, pelo que deve ser assegurado que interagem com os sistemas embarcados da Linha de Cintura. Uma vez que serão orientadas para cima não é credível que os transctores (orientados para baixo) embarcados no material circulante da Linha de Cintura as consigam ativar nem ler. Assim:

- Não é credível que balizas na via da Linha Vermelha possam interferir com as balizas da Linha de Cintura nem com os correspondentes transctores embarcados no material circulante da Linha de Cintura, considerando a separação vertical entre as duas linhas (cerca de 7m) e a orientação das balizas.

(10) Está prevista a instalação de cabo radiante ao longo do Viaduto de Alcântara: o campo eletromagnético correspondente recebido na Linha de Cintura deverá ser inferior aos níveis de imunidade (e.g. $<10V/m$) dos equipamentos na via [5] e dos equipamentos embarcados [4] da Linha de Cintura. Para tal, a potência de radiofrequência injetada no cabo radiante não deverá ser excessiva, atendendo à característica radiante do cabo (e.g. *coupling loss at 2m*) e à distância aos equipamentos da Linha de Cintura. Assim:

- Não é credível que o cabo radiante do Viaduto de Alcântara possa interferir com os equipamentos na via nem com os equipamentos embarcados da Linha de Cintura, considerando que a potência de radiofrequência injetada no cabo radiante será suficientemente baixa para não interferir com os equipamentos próprios da Linha Vermelha, necessariamente mais expostos do que os equipamentos da Linha de Cintura, considerando a separação vertical entre as duas linhas (cerca de 7m).

(11) Está prevista a instalação de cabos de média tensão (e.g. $10kV_{AC}$ e $30kV_{AC}$) ao longo do Viaduto de Alcântara, suportando a distribuição de energia elétrica em anel às subestações de tração e aos postos de transformação ao longo da Linha Vermelha.

Os cabos são armados, estando a sua armadura ligada à terra. A armadura dos cabos assegura que os campos elétricos gerados pelo elemento condutor do cabo são (quase) anulados.

Os cabos são encaminhados em conjunto em caleira ao longo do viaduto. Este encaminhamento assegura que os campos magnéticos gerados por cada cabo são compensados pelo campo magnético dos restantes condutores, assegurando que os campos magnéticos resultantes do conjunto de cabos é (quase) nulo (exceto em caso de defeito, e.g. curto-circuito à terra). Assim:

- Não é credível que os cabos de média tensão (e.g. $10kV_{AC}$ e $30kV_{AC}$) ao longo do Viaduto de Alcântara possam interferir com os equipamentos na via nem com os equipamentos embarcados da Linha de Cintura, considerando que serão adotadas medidas para anular os campos elétricos e os campos magnéticos gerados por estes cabos e que estará assegurada uma separação vertical entre as duas linhas de cerca de 7m.

8 Conclusões

A entrada em serviço do Viaduto de Alcântara, suportando a extensão da Linha Vermelha do Metro de Lisboa, conforme descrição incluída neste relatório (§6.3), não criará situações de interferência eletromagnética com a Linha de Cintura, conforme descrição incluída neste relatório (§6.1 e §6.2), desde que sejam mantidos os seis pressupostos referenciados neste relatório (§7.1), nomeadamente nas especialidades pertinentes (e.g. projetos de terras e de controlo de correntes vagabundas), e que sejam consideradas as cinco recomendações estabelecidas no presente relatório (§7.2), nomeadamente na implementação dos vários sistemas da Linha Vermelha do Metro de Lisboa e nas alterações previstas para a Linha de Cintura.

