



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Eletrónica e Telecomunicações e Computadores

Análise da Conformidade e da Compatibilidade Eletromagnética de Soluções RFID



CAROLINA RODRIGUES CARREIRAS
Licenciada em Engenharia Informática, Redes e Telecomunicações

Orientador: Professor Doutor António João Nunes Serrador

Trabalho de Projeto de natureza científica para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia de Eletrónica e Telecomunicações

Júri

Presidente: Professor Doutor Vitor Manuel de Oliveira Fialho

Vogais: Professor Doutor António João Nunes Serrador
Professor Doutor Pedro Renato Tavares de Pinho

Versão Final

Dezembro de 2023

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho final de Mestrado de Engenharia Eletrónica e Telecomunicações, é o desfecho de um processo que exigiu muita dedicação e perseverança.

Esta secção é dedicada a todos os que contribuíram, direta ou indiretamente, para a conclusão desta etapa da minha formação académica e, embora as palavras não sejam suficientes para agradecer o vosso apoio, são palavras sinceras e profundas que representam o meu, mais sincero, agradecimento.

Quero começar por fazer um agradecimento especial aos meus pais, Sílvia e José Carreiras, e à minha irmã, Marta Carreiras, que além de serem essenciais na minha vida, incluindo neste percurso, são autênticos modelos de coragem. Obrigada, pelo apoio incondicional e incentivo, por compreenderem todas as minhas dificuldades e ausências durante este período e por acreditarem, desde o primeiro dia, que eu era capaz de atingir esta meta, e todas as outras, com sucesso.

Ao meu namorado e melhor amigo Leonardo Cerqueira, por todo o apoio, carinho e dedicação que me proporcionou ao longo destes cinco anos de formação académica. Em especial, quero agradecer pela tua paciência e compreensão nos momentos mais difíceis e principalmente por acreditares sempre em mim e me incentivares a nunca desistir dos meus sonhos.

As dificuldades e alegrias deste ciclo tornaram-se não só minhas, mas também destas quatro pessoas muito importantes na minha vida que me apoiaram incansavelmente para que eu continuasse determinada em alcançar esta meta. Por mais que expresse o meu sentimento, não haverá palavras que cheguem para demonstrar o quão importantes são na minha vida e o quão profundamente grata estou, por se terem tornado os pilares indispensáveis do meu percurso académico.

Ao Professor Doutor António Serrador, quero agradecer pelo seu contributo na elaboração deste trabalho, pela sua disponibilidade, por todo o apoio ao longo destes meses, pelas palavras de encorajamento (que me ajudaram a ter força e determinação) e pelo apoio técnico.

Quero agradecer aos meus colegas da ANACOM que foram incansáveis. Aos colegas dos laboratórios por toda a amável colaboração, por me ensinarem tudo sobre os ensaios laboratoriais

que realizei e por arranjam sempre um tempinho para me ajudar quando tinha dúvidas. Ao meu chefe e aos meus colegas de equipa que me apoiaram desde o primeiro dia e que me incentivaram a terminar esta etapa sempre com palavras positivas e de carinho.

Um obrigada, ao Engenheiro Pedro Tareco da Zebra e ao Engenheiro da empresa de distribuição postal, sem os quais não teria sido possível efetuar os testes laboratoriais e em ambiente industrial, pela paciência, dedicação e simpatia prestados e por toda a bibliografia cedida.

Por último, um obrigada a todos os meus amigos e colegas de curso, que se revelaram sempre presentes e que me demonstraram todo o seu apoio, companheirismo e carinho, quer nos momentos bons, quer nos menos bons.

Espero que esta etapa possa, de alguma forma, retribuir e compensar todo o carinho, apoio e dedicação que todos vocês me ofereceram ao longo desta caminhada.

Estou eternamente grata, muito obrigada a todos.

RESUMO

O âmbito deste trabalho centra-se na reformulação do processo de rastreio, nas instalações de uma empresa de distribuição postal, assente em tecnologia *Radio Frequency Identification* (RFID) para a leitura de itens postais, nomeadamente de encomendas e malas da banca, com recurso a uma solução RFID tecnologicamente mais avançada e menos onerosa.

A solução proposta diferencia-se pela possibilidade de realizar múltiplas leituras simultaneamente, aumentando de forma significativa a eficiência das operações de rastreio. Com a evolução da tecnologia RFID, os processos são cada vez mais automáticos o que diminui a taxa de erros cometidos pela intervenção humana, que, conseqüentemente, aumenta a eficácia do processo. Um dos desafios desta implementação é o ambiente radioelétrico onde o sistema será instalado, pois existem vários equipamentos presentes que poderão interferir, reduzindo ou até mesmo inibindo o bom funcionamento do mesmo.

No desenvolvimento deste trabalho pretende-se aprofundar o conhecimento sobre a tecnologia RFID, assim como sobre os procedimentos e normas aplicáveis nos ensaios laboratoriais. Os laboratórios usados foram gentilmente cedidos, pela Autoridade Nacional de Comunicações (ANACOM), os quais se encontram acreditados para a aplicação das diferentes normas aplicáveis no âmbito da compatibilidade eletromagnética (CEM) e da radiofrequência. Com estas normas verificadas, garante-se que o mesmo é adequado para obter uma solução fiável e robusta, tendo em conta o ambiente “hostil” existente na empresa de distribuição postal. Durante os vários ensaios aplicados, foi demonstrado que os equipamentos testados cumprem com as normas aplicáveis.

Palavas chave: ANACOM, Normas de Compatibilidade Eletromagnética, Conformidade, Empresa de Distribuição Postal, Interrogador RFID

ABSTRACT

The scope of this work focuses on reformulating the tracking process, at the facilities of a postal distribution company, based on Radio Frequency Identification (RFID) technology for reading postal items, specifically parcels and bank bags, using a more technologically advanced and less expensive RFID solution.

The proposed solution differentiates itself by the possibility of carrying out multiple readings simultaneously, significantly increasing the efficiency of tracking operations. With the evolution of RFID technology, processes are becoming more automatic, which reduces the rate of errors made by human intervention and, consequently, increases the effectiveness of the entire process. One of the challenges of this implementation is the radioelectric environment where the system will be installed, as there are various equipments present that could interfere, reducing or even inhibiting its proper functioning.

By developing this work, the intention is to improve knowledge about RFID technology and also on procedures and standards applicable to laboratory tests. The laboratories used were kindly provided by the Autoridade Nacional das Comunicações (ANACOM), which are accredited for the different standards applicable to electromagnetic compatibility (EMC) and radio frequency. With these standards verified, it's guaranteed that it's suitable to obtain a reliable and robust solution, considering the "hostile" environment that exists in the postal distribution company. During the various tests carried out, it was demonstrated that the tested equipment complies with the applicable standards.

Keywords: ANACOM, Electromagnetic Compatibility Standards, Compliance, Postal Distribution Company, RFID Interrogator

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Enquadramento.....	1
1.2	Motivação.....	2
1.3	Objetivos	2
1.4	Metodologia	3
1.5	Estrutura.....	3
1.6	17º Comité Português da URSI.....	4
2	ESTADO DA ARTE	5
2.1.	Introdução ao Tema	5
2.2.	Descrição da Problemática.....	7
2.3.	Tecnologia RFID.....	8
2.2.1	Arquitetura.....	8
2.2.2	<i>Tags</i> RFID.....	8
2.2.3	Antenas RFID	13
2.2.4	Interrogador RFID.....	13
2.2.5	Impressoras RFID.....	14
2.2.6	Smart Labels	14
2.4.	Norma ISO/IEC 18000-63	15
3	NORMAS E LEGISLAÇÃO.....	17
3.1.	Normalização.....	17
3.2.	Competências da ANACOM.....	20
3.2.1	Ensaios de Radiofrequência	21

3.2.2	Ensaio de Compatibilidade Eletromagnética	21
3.2.3	Instalações de Barcarena.....	22
4	METODOLOGIA DOS ENSAIOS LABORATORIAIS	23
4.1.	Dispositivo Sujeito a Ensaio	23
4.2.	Ensaio de Radiofrequência	24
4.2.1	Ensaio aplicado ao Interrogador	26
4.2.2	Ensaio aplicado às Tags	29
4.3.	Ensaio de Compatibilidade Eletromagnética	32
4.3.1	Ensaio EMI.....	34
4.3.2	Ensaio EMS.....	38
5	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS	49
5.1.	Ensaio de Radiofrequência	49
5.1.1	Ensaio aplicado ao Interrogador	50
5.1.2	Ensaio aplicado às <i>Tags</i>	50
5.2.	Ensaio de Compatibilidade Eletromagnética	51
5.3.	Testes em Ambiente Industrial	55
6	CONCLUSÃO	61
6.1.	Sumário dos Resultados	62
6.2.	Limitações.....	64
6.3.	Trabalho Futuro.....	64
7	BIBLIOGRAFIA	65
8	ANEXOS	71
	ANEXO A – Características do DSE	72
	ANEXO B – Características do equipamento auxiliar	73
	ANEXO C – Características das <i>tags</i>	75
	ANEXO D – Monitorização do sinal recebido através do recetor de medição.....	81
	ANEXO E – Aplicação de descargas eletrostáticas no ensaio CEM.02	83
	ANEXO F – Listagem dos elementos de teste utilizados nos ensaios.....	85

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Frequências UHF RFID a nível mundial (extraída de [SUSM14]).	10
Figura 2.2 - Acoplamento magnético (indutivo) (extraída de [SITE23]).	11
Figura 2.3 - Acoplamento eletromagnético (<i>backscatter</i>) (extraída de [SITE23]).	12
Figura 2.4 - Polarização linear e circular (extraída de [BHAV23]).	13
Figura 4.1 - Dispositivo sujeito a ensaio (DSE) cedido pela Zebra.	23
Figura 4.2 - Planeamento dos canais para a faixa de frequências de 865 a 868 MHz [ETSI20].	25
Figura 4.3 - Aplicação dos testes na faixa de frequências de 865 a 868 MHz [ETSI20].	26
Figura 4.4 - Arranjo do equipamento para o ensaio de potência aparente radiada e abertura de feixe da antena do interrogador.	27
Figura 4.5 - Arranjo do equipamento para o ensaio de potência aparente radiada das <i>tags</i> BT781, BT713 e ZBR 4000.	30
Figura 4.6 - Medição para <i>tags</i> com superfícies metálicas.	31
Figura 4.7 - Placa de ferrite (esquerda) e absorventes de poliuretano piramidal (direita).	34
Figura 4.8 - Arranjo do equipamento para o ensaio de campo elétrico perturbador radiado 30 MHz a 1 GHz.	36
Figura 4.9 - Arranjo do equipamento para o ensaio de campo elétrico perturbador radiado 1 a 6 GHz.	37
Figura 4.10 - Arranjo do equipamento para o ensaio de tensão perturbadora aos terminais de alimentação 150 kHz a 30 MHz.	38
Figura 4.11 - Arranjo do equipamento para o ensaio de imunidade a descargas electrostáticas.	41
Figura 4.12 - Zonas de aplicação das descargas eletrostáticas.	41
Figura 4.13 - Calibração de campo - UFA.	43
Figura 4.14 - Arranjo do equipamento para o ensaio de imunidade a campos eletromagnéticos radiados 80 MHz a 1 GHz – face 1, polarização horizontal.	44
Figura 4.15 - Arranjo do equipamento para o ensaio de imunidade a campos eletromagnéticos radiados 1 GHz a 6 GHz – face 1, polarização horizontal.	45
Figura 4.16 - Arranjo do equipamento para o ensaio SURGE.	47
Figura 5.1 - Resultado do ensaio de campo elétrico perturbador radiado 30 MHz a 1 GHz.	52

Figura 5.2 - Resultado do ensaio de campo elétrico perturbador radiado 1 GHz a 6 GHz	53
Figura 5.3 - Resultado da tensão perturbador aos terminais de alimentação 150 kHz a 30 MHz.....	54
Figura 5.4 - Correto funcionamento do DSE após os ensaios de EMS: CEM.02, CEM.03 e CEM.05	55
Figura 5.5 - <i>Sorter</i> no ambiente industrial da empresa de distribuição postal.....	56
Figura 5.6 - Montagem do DSE nas instalações da empresa de distribuição postal.....	57
Figura A.1 - Características técnicas do interrogador FX9600 [ZEFX23]	72
Figura B.2 – Caraterísticas técnicas das antenas AN480 [ZEAN20].....	73
Figura B.3 - Caraterísticas técnicas dos cabos coaxiais LMR240 [TTMS23]	74
Figura C.4 - Caraterísticas técnicas das <i>tags</i> BT713 [ZEBT16]	75
Figura C.5 - Caraterísticas técnicas das <i>tags</i> BT781 [ZEBT21]	76
Figura C.6 - Caraterísticas técnicas das <i>tags</i> Silverline Classic II [COS23]	77
Figura C.7 - Caraterísticas técnicas das <i>tags</i> ZBR 4000 [ZEBR19].....	78
Figura C.8 - Faixas de leitura teórica das várias <i>tags em</i> diferentes materiais [ZERF21]	79
Figura D.9 - Monitorização do sinal recebido através do recetor de medição	81
Figura E.10 – Aplicação de descargas eletrostáticas através de pistola	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 - Diferentes tipos de substratos e os seus respetivos <i>designs</i> utilizados nos ensaios	24
Tabela 4.2 – Frequências de funcionamento do interrogador na faixa de frequências de 865 a 868 MHz, (adaptado da Tabela 1 [ETSI20])	25
Tabela 4.3 – Procedimento para medição de P.A.R., adaptado da cláusula 5.5.3.2.2 [ETSI20].....	28
Tabela 4.4 - Procedimento para medição irradiada de P.A.R, adaptado da cláusula 5.7.1.3 [ETSI20] .	32
Tabela 4.5 - Requisitos para ensaio de emissões irradiadas na faixa de frequências de 30 MHz a 6 GHz para equipamentos classe B, adaptado da tabela A.4 [CISP15]	35
Tabela 4.6 - Requisitos para ensaio da tensão perturbadora aos terminais de alimentação para equipamentos classe B, adaptado da tabela A.10 [CISP15]	35
Tabela 4.7 – Requisitos para ensaio a imunidade a descargas eletrostáticas	40
Tabela 4.8 - Requisitos para ensaio de imunidade a campos eletromagnéticos radiados	43
Tabela 4.9 - Requisitos para ensaio de imunidade a ondas de choque - SURGE	46
Tabela 5.1 - Resultados dos ensaios de radiofrequência realizados.....	49
Tabela 5.2 - Resultado do ensaio P.A.R. do interrogador	50
Tabela 5.3 – Resultado do ensaio de largura de feixe da antena do interrogador	50
Tabela 5.4 - Resultado do ensaio P.A.R das <i>tags</i>	51
Tabela 5.5 - Resultados dos ensaios de compatibilidade eletromagnética realizados	51
Tabela 5.6 - Características dos ensaios realizados e quantidade de leituras efetuadas nas instalações da empresa de distribuição postal	57
Tabela 6.1 - Resultados dos ensaios laboratoriais e dos ensaios em ambiente industrial realizados ..	62
Tabela F.1 - Elementos de teste utilizados nos ensaios de radiofrequência	85
Tabela F.2 - Elementos de teste utilizados no ensaio CEM.01	85
Tabela F.3 - Elementos de teste utilizados no ensaio CEM.07	85
Tabela F.4 - Elementos de teste utilizados no ensaio CEM.02	86
Tabela F.5 - Elementos de teste utilizados no ensaio CEM.03	86
Tabela F.6 - Elementos de teste utilizados no ensaio CEM.05	87

LISTA DE ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS E SIGLAS

AGVs	<i>Automated Guided Vehicles</i>
AIDC	<i>Automatic Identification and Data Capture</i>
ANACOM	Autoridade Nacional de Comunicações
CAMS	<i>Computer Aided Manual Sorter</i>
CE	Comissão Europeia
CEN	Comité Europeu de Normalização
CENELEC	Comité Europeu de Normalização Eletrotécnica
CISPR	<i>Spécial des Perturbations Radioélectriques</i>
CLN	Centro Laboratorial e Normalização
CMAD	<i>Common Mode Absorbing Device</i>
CSAB	Câmara Semianecóica Blindada
CT	Comissões Técnicas de normalização
DSE	Dispositivo Sujeito a Ensaio
DUT	<i>Device Under Test</i>
EA	<i>European cooperation for Accreditation</i>
EMC/CEM	Compatibilidade Eletromagnética
EMI	Interferência Eletromagnética
EMS	Suscetibilidade Eletromagnética
EPC	<i>Electronic Product Code</i>
ESD	Imunidade a Descargas Eletrostáticas
ESO	<i>European Standards Organization</i>
ETSI	<i>European Telecommunications Standards Institute</i>
EUT	<i>Equipment Under Test</i>
FC	Frequência Central

FT	<i>Full Tests</i>
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i>
HCP	Plano de Acoplamento Horizontal
HF	<i>High Frequency</i>
IATA	<i>International Air Transport Association</i>
IEC	<i>Commission Electrotechnique Internationale</i>
IEEE	<i>Institute of Eletrical and Eletronics Engineers</i>
ILAC	<i>International Laboratory Accreditation Cooperation</i>
IPAC	Instituto Português de Acreditação
IPQ	Instituto Português da Qualidade
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
ITED	Infraestruturas de Telecomunicações em Edifícios
ITF	<i>Interrogator Talks First</i>
ITUR	Infraestruturas de Telecomunicações em Urbanizações
LF	<i>Low Frequency</i>
LT	<i>Limited Tests</i>
MW	<i>Microwave</i>
NFC	<i>Near-Field Communication</i>
OEN	Organismo Europeu de Normalização
ONN	Organismo Nacional de Normalização
ONS	Organismo de Normalização Setorial
ONU	Organização das Nações Unidas
P.A.R.	Potência Aparente Radiada
PVC	Policloreto de Vinil
QNAF	Quadro Nacional de Atribuição de Frequências
RDIS	Rede Digital Integrada de Serviços
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>
RMS	Raiz Média Quadrada
RO	<i>Read Only</i>
RW	<i>Read/Write</i>
SDK	<i>Software Development Kit</i>
SHF	<i>Super High Frequency</i>
UE	União Europeia

UFA	<i>Uniform Field Area</i>
UHF	<i>Ultra High Frequency</i>
URSI	União Radiocientífica Internacional
VCP	Plano de Acoplamento Vertical
WORM	<i>Write Once/Read Many</i>

INTRODUÇÃO

O presente capítulo apresenta a dissertação de mestrado sobre a “Análise da Conformidade e da Compatibilidade Eletromagnética de Soluções RFID”, realizado no âmbito da obtenção do grau de mestre no Mestrado de Engenharia Eletrónica e Telecomunicações do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Neste capítulo apresenta-se um enquadramento ao tema, definem-se os objetivos, a motivação, a metodologia utilizada ao longo da dissertação e a estrutura da mesma.

1.1 Enquadramento

Durante muitos anos, as canetas e os cadernos foram as ferramentas de escrita e de organização nos locais de trabalho, permitindo auxiliar no controlo de diversas atividades. Com a evolução tecnológica, este controlo começou a ser realizado com recurso à tecnologia de códigos de barras, contribuindo para a diminuição do tempo de registo, para o aumento da precisão da informação e por conseguinte na diminuição exponencial de erros humanos. Não obstante, esta tecnologia apresenta ainda algumas limitações, sendo uma delas o facto de ser um processo bastante moroso, uma vez que cada leitura depende de uma interação humana para a sua realização, com a agravante, no caso específico das embalagens, de ser recorrentemente necessário posicionar a embalagem da forma correta para que o código de barras esteja visível e apto a ser lido por meios óticos.

Ao contrário da tecnologia de código de barras, em que a monitorização depende da leitura individual, manual e voluntária de cada item, o uso da tecnologia RFID permite tornar o processo de controlo mais rápido, automatizado e coletivo, uma vez que permite a leitura de vários itens simultaneamente e sem visibilidade direta entre antenas.

Com a intensificação do uso de equipamentos elétricos e eletrónicos para colmatar as necessidades das empresas, os problemas relacionados com interferências eletromagnéticas, tornam-se cada vez mais recorrentes. Este facto resulta numa crescente necessidade de submeter os diversos equipamentos, incluindo os sistemas rádio onde se enquadra o RFID, a ensaios laboratoriais com o

propósito de garantir que os mesmos se encontram em conformidade com as normas estabelecidas pelos diversos organismos competentes. É importante asseverar que todos os equipamentos disponíveis no mercado, quando colocados em funcionamento, irão operar em harmonia não interferindo nem sendo interferidos por outros.

1.2 Motivação

A expansão da tecnologia RFID tem sido bastante significativa nos últimos anos, principalmente na identificação e localização de itens, dado que através de uma *tag* é possível atribuir uma identificação única a cada objeto.

A escolha desta dissertação assentou em duas grandes vertentes: o estudo da área da compatibilidade eletromagnética e a conformidade de equipamentos, sendo a ANACOM a única entidade competente para efetuar a regulação e a fiscalização destas áreas. É importante salientar que, mesmo tendo concluído a licenciatura e estando a finalizar o mestrado, só depois de começar a trabalhar na ANACOM, tive conhecimento destes procedimentos e da importância da normalização, pelo que considero necessário sensibilizar a comunidade académica para este tema, assim como contribuir para o reforço das competências dos recursos humanos no seio da ANACOM. É assim, muito gratificante conseguir elaborar a minha dissertação de mestrado no âmbito das competências do regulador e nas suas instalações.

Com a elaboração desta dissertação foram aprofundados os conhecimentos relativos à área sobre RFID e adquiridos novos conhecimentos e experiência na área laboratorial, podendo destacar o meu currículo futuramente nestas áreas.

Embora não tenham ocorrido limitações neste trabalho, existiram alguns fatores que poderiam ter interferido no desenrolar do mesmo, nomeadamente, a indisponibilidade do equipamento nas semanas previstas para a realização dos ensaios laboratoriais e assuntos de carácter sigiloso das entidades envolvidas.

1.3 Objetivos

Os objetivos deste trabalho são avaliar a possibilidade do uso da tecnologia RFID, na faixa de frequências *Ultra High Frequency* (UHF), nas instalações da empresa de distribuição postal, permitindo assim um controlo mais eficaz no sentido de diminuir o tempo de tratamento dos itens postais. Através desta inovação será possível aumentar significativamente a percentagem de itens tratados diariamente, aumentando desta forma a produtividade do setor de distribuição postal.

É também objetivo, estudar e exercitar as práticas laboratoriais conduzidas por normas e procedimentos no que diz respeito à verificação e conformidade da compatibilidade eletromagnética de equipamentos que usem radiofrequência no seu funcionamento.

A implementação do novo sistema prevê o uso de *tags* RFID, para a monitorização da entrada e saída dos itens através de interrogadores RFID, cuja topologia dependerá da configuração física do local e da quantidade de *tags* que necessitarão de leitura simultânea. Para efeitos de redundância, continuarão a ser impressos os respetivos códigos de barras nas próprias *tags*.

1.4 Metodologia

A metodologia utilizada neste trabalho baseou-se, essencialmente, na pesquisa bibliográfica, recorrendo às normas aplicadas, teses de mestrado, artigos, livros da especialidade e páginas *web*. Além de toda a pesquisa efetuada, tanto os conhecimentos adquiridos durante a licenciatura, como os adquiridos pela experiência profissional complementaram estas pesquisas. As competências profissionais dos colegas da ANACOM, foi igualmente importante para a conclusão desta dissertação. A metodologia utilizada na elaboração dos ensaios laboratoriais e dos ensaios no ambiente industrial da empresa de distribuição postal, baseou-se na recolha de dados nos diversos testes submetidos ao equipamento para posterior análise de resultados.

1.5 Estrutura

A estrutura da dissertação foca-se em seis capítulos. O presente capítulo introduz o tema, apresentando um enquadramento geral, a motivação, os principais objetivos, a metodologia utilizada e a estrutura do documento.

O segundo capítulo centra-se essencialmente nos sistemas RFID, onde se apresenta a definição e o funcionamento típico desta tecnologia, os diferentes componentes que integram um sistema RFID e as suas particularidades e as frequências utilizadas, entre outros.

O terceiro capítulo foca-se na importância da normalização e da legislação aplicável em Portugal. Neste capítulo é possível perceber a ligação estreita entre a existência de uma entidade reguladora, nomeadamente a ANACOM, e as normas elaboradas a nível internacional. No âmbito deste trabalho, embora somente com valor puramente académico, a comprovação da conformidade do equipamento pode ser considerada como uma fiscalização ao mercado de equipamentos por parte da entidade reguladora.

O quarto capítulo descreve os ensaios laboratoriais aplicados ao equipamento em estudo.

O quinto capítulo apresenta os resultados dos ensaios laboratoriais descritos no quarto capítulo, a análise dos testes elaborados no centro de distribuição postal e dos dados recolhidos no local, bem como a análise teórica do *link-budget*.

O sexto capítulo diz respeito às conclusões e trabalhos futuros.

1.6 17º Comité Português da URSI

No âmbito desta dissertação foi submetido o artigo com o título “Análise da Conformidade e da Compatibilidade Eletromagnética de Soluções RFID” para publicação no 17.º Congresso do Comité Português da União Radiocientífica Internacional (URSI) que decorreu no dia 24 de novembro de 2023, na sede da ANACOM, em Lisboa, sob o tema “Materiais inteligentes para a radiociência” (“*Smart materials for radioscience*”).

ESTADO DA ARTE

Este capítulo consiste em efetuar uma breve introdução ao tema, bem como a descrição da problemática inerente a este trabalho. Neste capítulo é elaborada uma descrição da tecnologia RFID e uma breve explicação da importância da norma ISO/IEC 18000-63 que se destina, essencialmente, em permitir a compatibilidade e incentivar a interoperabilidade entre produtos no mercado de RFID internacional.

2.1. Introdução ao Tema

Acredita-se que a tecnologia RFID foi desenvolvida nos anos 40 para efeitos militares durante a Segunda Guerra Mundial. No entanto, esta não foi adotada tão rapidamente como seria expectável [BBCN19]. Normalmente, as aplicações de uma nova tecnologia no mercado ocorrem devido às suas vantagens, face a tecnologias mais antigas com aplicações semelhantes. O RFID é uma tecnologia bastante versátil e pode ser utilizada através de *tags* para aceder a várias informações associadas de um produto e para a monitorização dos mesmos.

Das inúmeras aplicações desta tecnologia, salienta-se um exemplo na área da saúde, em que pulseiras dotadas de RFID permitem detetar um ataque cardíaco e enviar um alerta com informação relevante, nomeadamente a localização, para as unidades de socorro. Outro exemplo de aplicações desta tecnologia, é o caso da *Decathlon* [DECA23] e do Grupo *Inditex*, um dos maiores distribuidores de moda do mundo, que inclui as marcas *Zara*, *Pull&Bear*, *Massimu Duttì*, *Bershka*, *Stradivarius*, *Oysho* e *Zara Home*. Desde 2014 que, através da tecnologia RFID, a *Inditex* consegue codificar cada peça de roupa no momento da produção permitindo monitorizar as mesmas durante todo o processo de distribuição e na exposição em loja [ASTR19]. Uma das grandes vantagens desta implementação resume-se ao facto de os clientes conseguirem verificar, em qualquer momento, através das respetivas *apps* das marcas, se determinada peça de roupa se encontra em loja e se existe em *stock*. No que concerne aos inventários, antes da implementação deste sistema, eram realizados de seis em seis

meses através de *scan* dos códigos de barras. Atualmente, são realizados de seis em seis semanas sendo possível obter uma melhor percepção de quais os produtos vendidos, o que é bastante vantajoso pois permite adequar as novas produções aos estilos mais procurados [ADMO15].

Tal como no setor da moda e acessórios, verifica-se o mesmo no setor das companhias aéreas. Diariamente, são perdidas 90 000 malas em aeroportos a nível mundial e 3 000 dessas malas nunca aparecem [ACDI10]. Uma forma de controlar este inconveniente é através da tecnologia RFID, e companhias como a *Delta Air Lines* [DELT18], a *Turkish Airlines* [TUA123] e a *International Air Transport Association* (IATA), que representa cerca de 290 companhias aéreas (89% da indústria global), já a implementaram. Se cada bagagem apresentar tecnologia RFID, por exemplo através de *tags*, caso exista algum imprevisto, é possível saber exatamente a localização da mala evitando que os pertences do viajante se percam. Apenas por curiosidade, na 75ª assembleia geral anual, em 2019, a IATA referiu, entre outros benefícios, que as leituras do sistema RFID apresentam uma precisão de 99,98% (muito superior às leituras por códigos de barras) e que permitem a redução de extravios em 25% [IATA19].

Relativamente ao setor de distribuição postal, no Brasil, antigamente a monitorização das encomendas domésticas e internacionais utilizava a tecnologia de código de barras. Como esta tecnologia apresentava bastantes limitações, existiu a necessidade de substituí-la por uma tecnologia que permitisse a recolha dos dados de forma coletiva, involuntária e automatizada. A solução encontrada baseia-se num sistema RFID com recurso a *tags* RFID UHF (como se pretende implementar na empresa de distribuição postal) e que permite melhorar a qualidade de serviço, aumentar a segurança, reduzir os custos e agilizar o processo das operações [AICE19].

Conforme mencionado, existem inúmeras aplicações distintas no âmbito da tecnologia RFID. Devido à exponencial procura por parte do mercado, existem cada vez mais investigadores e engenheiros interessados neste tipo de sistemas. Após uma pesquisa no *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE), foi possível constatar que existem diversos estudos realizados, o que demonstra uma preocupação por parte dos engenheiros em entender o desempenho dos sistemas RFID em ambientes hostis. Um ambiente eletronicamente hostil é um ambiente onde existem diversos equipamentos elétricos e eletrónicos que influenciam diretamente o espetro eletromagnético, podendo assim comprometer um equipamento que integre esse ambiente posteriormente. Dos resultados obtidos da pesquisa efetuada e relacionando-os com o tema desta dissertação, destacam-se, entre outros, os seguintes estudos:

- “*High-frequency RFID tag survivability in harsh environments*” [ALGU13], que testou o desempenho das *tags* RFID em condições de centrifugação, congelação e radiação gama;

- “*Impact of recurrent washing on the performance of electro-textile UHF RFID tags*”, disponível em [TOBJ14], que testou o desempenho das *tags* RFID durante a lavagem de uma máquina de roupa doméstica, num programa típico de 40° e detergente;
- “*A Compact UHF RFID Ceramic Tag for High-Temperature Applications*”, disponível em [VIFR19], que testou o desempenho de uma *tag* RFID de cerâmica a altas temperaturas.

Os resultados obtidos nestes estudos concluem que a centrifugação, congelação rápida e a radiação gama não impactam de forma significativa capacidade de sobrevivência da *tag* submetida a ensaios. O grau de degradação da *tag* não foi considerado crítico, pois a medição observada ainda foi considerada aceitável.

2.2. Descrição da Problemática

Numa empresa de distribuição postal, entre a receção e a expedição dos itens postais, podem, em qualquer dado momento, ser contabilizadas enormes quantidades de itens que necessitam de tratamento e monitorização.

A solução atualmente utilizada apenas permite registar um item de cada vez, o que torna o processo moroso. Este processo, é suportado por leitura individual de *tags* RFID, com várias dezenas de anos, a uma distância bastante reduzida e onde os itens são manuseados por um colaborador de forma a serem posteriormente lidos. O processo assente em *hardware* e *software* que carecem de atualização e em risco elevado de falha prolongada, com a agravante dos escassos recursos humanos necessários ao suporte técnico informático.

A forma de mitigar estes problemas consiste em substituir a tecnologia atualmente utilizada, por um sistema tecnologicamente mais evoluído, onde o registo diário seja realizado de forma automático. A solução técnica encontrada baseia-se num sistema RFID moderno, que permite a leitura simultânea de várias *tags*. Com a implementação desta solução, o processo de controlo torna-se mais ágil e fidedigno uma vez que através do *software* que complementa o sistema é possível guardar histórico, registar todas as *tags* lidas com a máxima precisão e sem intervenção humana, diminuindo assim eventuais erros.

A finalidade desta dissertação cinge-se em analisar a viabilidade da nova solução, sendo necessário averiguar o bom desempenho do sistema a implementar quando se encontra num ambiente propício a interferências por parte de outros equipamentos, como é o caso das instalações da empresa de distribuição postal. A solução que irá ser adquirida foi submetida a testes laboratoriais nas áreas de radiofrequência e de EMC, com o intuito de compreender se a mesma apresentava os requisitos necessários para operar sem falhas em ambiente industrial. Após os testes laboratoriais,

foram realizados vários testes nas instalações da empresa de distribuição postal com o intuito de assegurar que os resultados em laboratório eram corroborados com os testes experimentais.

2.3. Tecnologia RFID

A tecnologia RFID é uma das tecnologias pertencentes ao grupo *Automatic Identification and Data Capture* (AIDC). Este termo é utilizado para agrupar várias tecnologias diferentes, usadas para identificar itens automaticamente, recolher dados sobre os mesmos e inseri-los automaticamente num sistema [MZJA11].

O RFID utiliza ondas eletromagnéticas para transferir dados entre um interrogador e uma *tag* eletrónica, normalmente colocada em objetos e animais, permitindo a sua identificação, bem como obter informação sobre algumas das suas características. O *chip* integrado na *tag* possui uma pequena antena, que reflete (*tag* passiva) ou transmite (*tag* ativa) o sinal para identificar os dados armazenados internamente. Embora cada sistema varie em termos de complexidade, cada um é constituído no mínimo por interrogadores, *tags* e o *Software Development Kit* (SDK) apropriado.

2.2.1 Arquitetura

Nesta tecnologia, o interrogador por meio de uma antena envia ondas eletromagnéticas com o intuito de encontrar itens (*tags*). Quando a radiação alcança estes itens, ocorre um acoplamento entre o mesmo e a antena e os dados armazenados nesses itens são enviados pela *tag*, sendo posteriormente recebidos pelo interrogador. As informações recebidas das *tags* são transferidas por meio de uma interface de comunicação para um computador, *host*, onde os dados podem ser armazenados numa base de dados e analisados posteriormente conforme necessário.

O processo de procura é bastante simples, independentemente da complexidade do sistema RFID. Este consiste essencialmente nas quatro etapas seguintes:

- armazenamento de dados na *tag*;
- reconhecimento do sinal do interrogador pela *tag* e vice-versa;
- receção dos dados armazenados na *tag* pelo interrogador;
- envio dos dados para a base de dados e consequente armazenamento dos mesmos.

2.2.2 Tags RFID

As *tags* RFID, também conhecidas como *transponders* (*transmitter + responder*) RFID possuem no seu interior um *chip* para armazenar dados e uma antena que permite detetar a comunicação proveniente do interrogador. Quando a *tag* recebe a transmissão, proveniente da antena do

interrogador, o seu *chip* é ativado e envia informação em forma de modulação digital de volta ao interrogador.

Note-se que existem diversos formatos e tamanhos de *tags* RFID, com recursos e opções específicas para determinados ambientes, superfícies e aplicações. Isto permite aumentar os cenários e aplicações possíveis na indústria.

2.2.2.1 Classificação de *tags* RFID

Fonte de Energia

De acordo com a forma como as *tags* RFID são alimentadas, estas são classificadas como *tags* ativas ou *tags* passivas. A principal diferença entre a *tag* ativa e passiva é que a ativa possui um transmissor de radiofrequência integrado e requer uma fonte de energia integrada (tipicamente uma bateria), enquanto a passiva não possui transmissor nem fonte de energia integrada. As *tags* passivas recebem a energia necessária ao seu funcionamento pelas ondas eletromagnéticas enviadas pelo leitor que induzem na antena da *tag* a corrente que alimenta o *chip* para que seja possível responder de volta ao interrogador. As *tags* ativas por terem a sua própria fonte de alimentação, transmitem um sinal mais forte podendo alcançar distâncias maiores, mas conseqüentemente, tornam-se mais dispendiosas e limitadas no tempo do que as *tags* passivas.

Existem outras *tags* que embora possuam bateria, não possuem transmissor, e por essa razão, apenas funcionam quando recebem sinal proveniente do interrogador para iniciarem a transmissão de dados, denominadas de *tags* semipassivas e semiativas. As *tags* semipassivas comunicam passivamente, sendo a fonte de energia utilizada apenas para alimentar o *chip*. Por outro lado, as *tags* semiativas recorrem a uma fonte de energia para efetuar a comunicação, sendo que essa fonte permanece inativa até que um interrogador envie o sinal de energização [TAME10].

Frequência de Trabalho

As *tags* RFID são também classificadas em função da frequência de trabalho das mesmas. As faixas de frequência mais comuns utilizadas pelos sistemas RFID são as faixas de *Low Frequency* (LF), *High Frequency* (HF), UHF, *Super High Frequency* (SHF).

Tags RFID LF: A frequência de trabalho das *tags* de baixa frequência encontra-se na faixa 125–135 kHz e são geralmente *tags* passivas. São adequadas para aplicações de reconhecimento de curto alcance, entre 10 e 30 centímetros (em função da potência do interrogador), baixa taxa de transmissão de dados e de memória. São utilizadas na área agropecuária e em embalagens com líquidos devido à sua capacidade de penetração em tecido orgânico e na água. Tem como principal desvantagem o elevado custo de produção.

Tags RFID HF: A frequência de trabalho das *tags* de alta frequência encontra-se nos 13,56 MHz sendo também geralmente *tags* passivas. São adequadas para aplicações de reconhecimento com curto alcance, com distância de leitura inferior a 1 metro. São principalmente utilizadas para pagamentos, isto pois o NFC (*Near-Field Communication*) funciona igualmente nesta frequência. A tecnologia NFC permite a comunicação de forma segura e sem fios entre dispositivos compatíveis que estejam em proximidade. Tem como principal desvantagem a elevada potência dos interrogadores.

Tags RFID UHF: As frequências de trabalho das *tags* de ultra-alta frequência encontra-se nos 433 MHz e na faixa de frequências 860-960 MHz. A faixa de frequência difere entre países, tal como se pode observar na Figura 2.1, sendo o UHF especificado para a União Europeia (UE) na faixa de frequências 865-868 MHz. Estas *tags* podem alcançar distâncias de poucas dezenas de metros de leitura, dependendo se são passivas ou ativas. São frequentemente utilizadas para inventários e controlo de acessos devido ao seu baixo custo e tamanho reduzido.

O Quadro Nacional de Atribuição de Frequências (QNAF) constitui atualmente a ferramenta básica da gestão do espectro, na qual estão refletidas as decisões que a ANACOM toma em matérias de gestão de espectro. Efetivamente, a ANACOM atualiza e publica o QNAF com a tabela de atribuição de frequências, as faixas de frequências disponíveis para os diferentes serviços e as faixas de frequências utilizadas por titulares de direitos de utilização do espectro de radiofrequências, disponível em [QNAF23]. No ficheiro “Isenção de Licença de Estação” é possível encontrar a informação que confirma a isenção dos sistemas RFID a operar nesta faixa de frequências em Portugal.

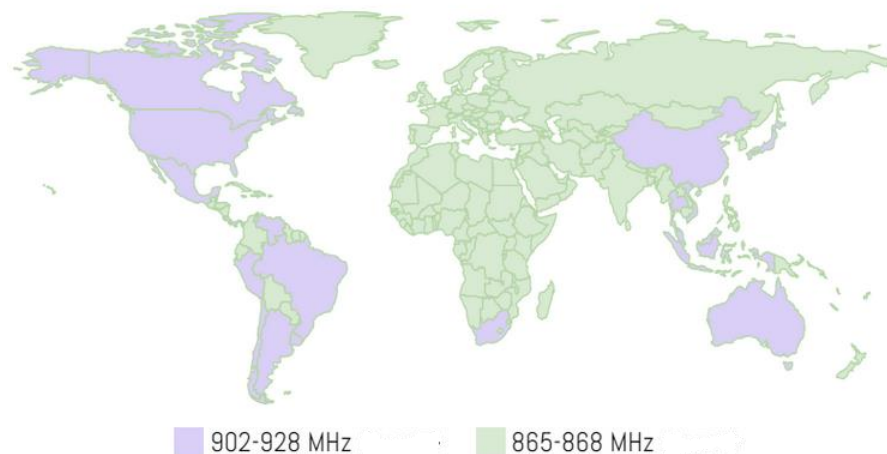


Figura 2.1 - Frequências UHF RFID a nível mundial (extraída de [SUSM14]).

Tags RFID Microwave (MW): A frequência de trabalho das *tags* micro-ondas encontra-se nos 2,45 GHz (faixa UHF) e nos 5,8 GHz (faixa SHF), frequências estas superiores relativamente às mencionadas anteriormente e permitindo por inerência uma maior velocidade de transmissão de dados. No entanto, estas *tags* são bastante caras e suscetíveis a interferências, apresentando

degradação do desempenho quando próximas a metais e líquidos. Tal como as *tags* RFID UHF, estas também podem ser passivas, semipassivas ou ativas.

2.2.2.2 Fonte de energia das tags RFID passivas

Como já foi referido anteriormente, uma *tag* pode possuir a sua própria fonte de energia (*tag* ativa) ou obter a energia necessária a partir de uma fonte externa (*tag* passiva). As *tags* que necessitam de obter a energia através do interrogador, podem funcionar através de acoplamento indutivo (*tag* indutiva) ou através de acoplamento *backscatter*. Neste contexto, o termo acoplamento consiste na vinculação de dois circuitos, neste caso um interrogador e uma *tag*, com o objetivo de transferir energia de um para o outro.

O acoplamento indutivo, também conhecido como acoplamento magnético, é característico nas *tags* RFID passivas LF e HF. Uma *tag* indutiva é composta por um *chip* e uma bobina, que funciona como uma antena. Este tipo de sistema, com funcionamento similar ao de um transformador, baseia-se no acoplamento indutivo entre a bobina do interrogador e a bobina da *tag* e só funciona se a distância entre estas não exceder os 0.16λ , sendo assim necessário garantir que a *tag* se encontra próxima ao interrogador.

Como mencionado anteriormente, as frequências típicas das *tags* RFID passivas LF encontram-se na faixa 125-135 kHz e das *tags* RFID passivas HF na frequência 13,56 MHz. Na Figura 2.2 é possível observar um circuito equivalente a um retificador de meia onda (circuito que bloqueando a passagem de um dos semiciclos de um sinal de corrente alternada de entrada, permite obter um sinal de corrente contínua), constituído pela bobina (antena), dois condensadores e um diodo. A bobina em conjunto com o condensador C1 formam um circuito ressonante à frequência de trabalho do sistema RFID. O diodo D1 e o condensador C2 são responsáveis, respetivamente, pela retificação e filtragem do sinal proveniente do interrogador, obtendo-se assim a energia necessária para alimentar o *chip*.

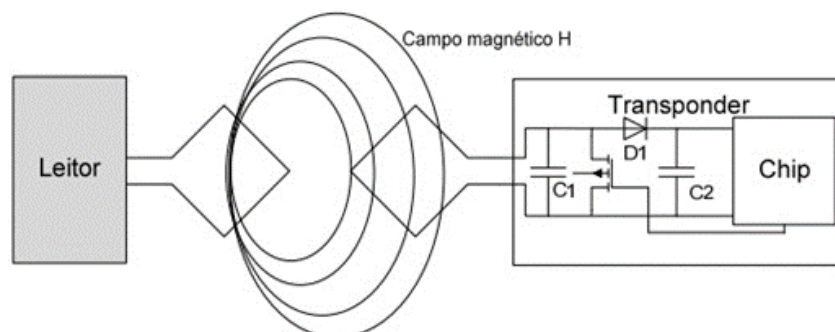


Figura 2.2 - Acoplamento magnético (indutivo) (extraída de [SITE23]).

O acoplamento eletromagnético, também conhecido como acoplamento *backscatter*, é característico das *tags* RFID passivas UHF e MW, por utilizarem a capacidade de reflexão das ondas rádio para comunicar com o interrogador. Como se pode observar na Figura 2.3, o sinal P1 é irradiado pela antena do interrogador, mas somente uma parte da energia, sinal P1', alcança a antena da *tag* (*transponder*).

A quantidade de sinal P1' que alcança a *tag* depende de fatores como a distância, a potência de emissão, a eficiência da antena, entre outros. O sinal P1' é retificado pelos díodos D1 e D2, que normalmente, são díodos de baixa tensão para aumentar a eficácia, e filtrado posteriormente. Uma parte da energia do sinal P1' é refletida pela antena, P2. O sinal P2 refletido pela *tag*, que contém os dados a transmitir, é irradiado e somente uma pequena parte deste é captado pela antena do interrogador, sendo que, em média, o sinal do interrogador, P1, é aproximadamente dez vezes mais forte do que o recebido de uma *tag* passiva, P2'.

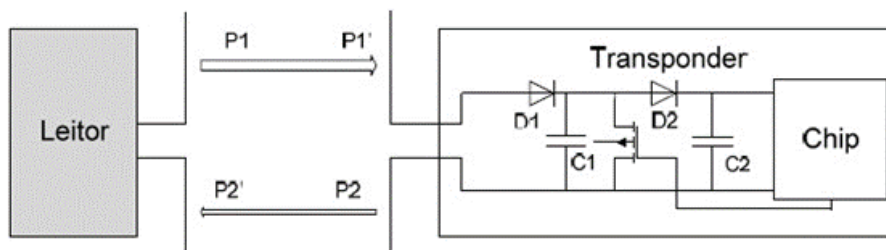


Figura 2.3 - Acoplamento eletromagnético (*backscatter*) (extraída de [SITE23]).

2.2.2.3 Processamento das tags RFID

A capacidade de processamento da memória de uma *tag* pode atingir os *kilobytes*. Existem três tipos de armazenamento de memória sendo estes:

Read Only (RO): As *tags* que utilizam este tipo de memória apenas permitem o modo leitura. Os dados lidos em RO são, por norma, programados pelo fabricante não sendo possível modificar posteriormente.

Write Once/Read Many (WORM): Tal como o nome indica, este tipo de armazenamento de memória possibilita diversas leituras, mas exclusivamente uma gravação dos dados. A gravação dos dados na *tag* pode ser realizada pelo fabricante ou após a produção da mesma, não podendo ser adulteradas posteriormente.

Read/Write (RW): Este modo de armazenamento permite várias leituras e várias gravações dos dados, ou seja, possibilita a reutilização das *tags* pois é possível a reprogramação das mesmas. Esta é a solução mais versátil e também a mais vulnerável, pois perante as anteriores, é a única que permite atualizações da informação presente na memória.

2.2.3 Antenas RFID

As antenas têm como principal objetivo permitir a comunicação entre interrogadores e *tags*, através da recepção/transmissão de ondas eletromagnéticas. As antenas RFID mais comuns podem ser divididas por polarização circular ou linear, tal como se pode observar na Figura 2.4. A polarização linear significa que o campo elétrico das ondas é transmitido ao longo de uma linha numa direção enquanto a polarização circular, tal como o nome indica, o campo é transmitido em movimento circular, ou seja, roda entre os planos horizontal e vertical, no sentido horário ou anti-horário. Para maximizar o alcance de leitura é necessário garantir que a polarização da antena do interrogador está alinhada com a polarização da antena da *tag*.

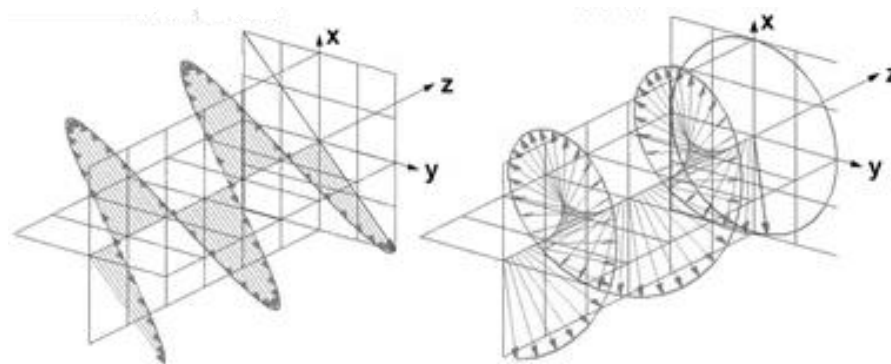


Figura 2.4 - Polarização linear e circular (extraída de [BHAV23]).

Nos interrogadores as antenas tanto podem ser internas como externas. Quando as antenas são internas ficam protegidas de condições adversas e fatores como água e poeiras, pois encontram-se no interior do interrogador ou da *tag* RFID. Além da já referida vantagem, as antenas internas permitem que o sistema tenha mais mobilidade, visto não ser necessário o recurso a cabos. Por outro lado, as antenas externas, por funcionarem separadamente do interrogador, oferecem mais possibilidades de configuração e flexibilidade de instalação.

2.2.4 Interrogador RFID

O interrogador RFID, também conhecido como leitor, é imprescindível para que um sistema desta tecnologia funcione, pois, é este que através de processamento, comunica com as *tags*, codificando e decodificando as mensagens eletromagnéticas.

Os interrogadores RFID, dependendo da sua finalidade, podem ser fixos ou móveis. O interrogador fixo, tal como o nome indica, é colocado num local estratégico e efetua a leitura de forma instantânea e autónoma quando o objeto que contém a *tag* se aproxima do local. Já o interrogador portátil tem como principal característica a mobilidade, uma vez que pode ser facilmente transportado até ao local onde se encontram os itens a serem identificados.

2.2.5 Impressoras RFID

As impressoras RFID são impressoras com a capacidade de codificar dados em *tags* RFID através de ondas de rádio. Estes dados podem incluir o número de série do produto, a data de fabrico, e outras informações que sejam pertinentes para a empresa.

Existem diversos tipos de impressoras, incluindo as impressoras de transferência térmica, térmica direta e de *tags* RFID. As impressoras de transferência térmica utilizam calor para aquecer a fita de tinta e esta liberta a tinta a impregnar na *tag*, enquanto as impressoras térmicas diretas aplicam calor diretamente numa *tag*, sendo que esta última tem como principal desvantagem a sensibilidade a fatores externos, perdendo muito mais facilmente a legibilidade. A aquisição de uma impressora RFID pode ser bastante benéfica uma vez que de forma semelhante às impressoras térmicas estas imprimem as informações necessárias no substrato das *tags* RFID e incorporam, simultaneamente, os dados no *inlay* (combinação de um *chip*, normalmente passivo devido ao tamanho, uma antena e o respetivo substrato) da *tag*.

2.2.6 Smart Labels

As *smart labels* são *tags* que incorporam um RFID *inlay* revestido por uma cobertura.

Através de impressoras constituídas por codificadores RFID, é possível gravar os dados no *chip* através de transmissão de radiofrequência e imprimir na cobertura da *tag* um código de barras, texto ou gráfico, através de impressão térmica. Dada a complexidade da impressão destas *tags* as impressoras devem ser testadas previamente de forma a garantir o bom funcionamento na receção dos dados e na gravação dos mesmos. Após esta verificação, devem ser igualmente confirmados, os dados impressos na *smart label* através de uma leitura dos dados gravados de modo a garantir que a informação contida no *inlay* é a pretendida.

Com a possibilidade de conjugar a tecnologia RFID com a tecnologia de código de barras, as *smart labels* são uma solução mais versátil e robusta. A tecnologia RFID tem como principais vantagens a capacidade de identificar inúmeros itens sem a necessidade de se encontrarem em linha direta de vista e a atualização dos dados em tempo real. A tecnologia de código de barras, por sua vez, tem como vantagem principal a capacidade de identificar um objeto, sendo apenas necessário o *scanner*. Assim, a conjugação destas duas tecnologias permitirá, caso ocorra algum problema que invalide o bom funcionamento da *tag*, continuar o processo de identificação dos itens.

2.4. Norma ISO/IEC 18000-63

Devido à crescente expansão dos sistemas RFID e às suas diversas aplicações, surgiu a necessidade de elaborar protocolos e normas relativamente a esta matéria. Só desta forma se consegue assegurar a compatibilidade entre as diferentes soluções produzidas pelas empresas. A *International Organization for Standardization (ISO)* e a *Commission Electrotechnique Internationale (IEC)* criaram assim, a família de standards ISO/IEC 18000 que define os parâmetros das comunicações que são aplicados nas diferentes frequências de operação, sendo estas as normas entre a ISO/IEC 18000-1 e a ISO/IEC 18000-7.

A norma da ISO/IEC 18000-6 define o protocolo de interface de ar para equipamentos RFID a operar entre 860 e 960 MHz e descreve três modos de funcionamento, A, B e C (equivalente ao GS1 UHF Class1 Gen2) e os respetivos procedimentos anticolisão usados. A norma ISO/IEC 18000-63 destina-se a permitir a compatibilidade e incentivar interoperabilidade de produtos para o crescente mercado de RFID no mercado internacional. Define também o protocolo de comunicação usado no protocolo de ar e especifica os requisitos físicos e lógicos para sistemas *Interrogator Talks First (ITF)* [ISO121].

A GS1 é uma organização responsável pelo desenvolvimento, promoção e controlo a nível mundial de normas para RFID. Esta organização definiu um protocolo de identificação denominado de *Electronic Product Code (EPC)*, que representa um único código associado a cada *tag* [GS1E23]. O protocolo de ar UHF Class1 Gen2 do GS1 que descreve, detalhadamente, as comunicações entre o interrogador RFID e a *tag* foi publicado em 2004.

A versão 2.0 deste protocolo, disponível em [GS1G18], publicado em 2018, é a versão mais recente do padrão anteriormente publicado, tendo sido aprimorado para responder aos requisitos da comunidade global do RFID na faixa de frequências de 860 a 960 MHz. Em 2005, a ISO incorporou na norma ISO/IEC 18000-63 o standard EPC Gen2 e em 2021 incorporou as modificações da versão mais recente, nomeadamente a versão 2.0.

Quando novas tecnologias são criadas, um dos fatores mais importantes é a normalização. A tecnologia NFC, atualmente muito utilizada para efetuar pagamentos, tal como a tecnologia RFID encontra-se definida na norma ISO/IEC 18092:2013. Esta norma define os diferentes modos de comunicação para os equipamentos que funcionam na frequência central de 13,56 MHz, sendo especificado os esquemas de modulação, as codificações, entre outros. Além disso, define ainda um protocolo de transporte incluindo ativação do mesmo e os métodos utilizados na troca de dados [ISO113].

NORMAS E LEGISLAÇÃO

Este capítulo consiste em efetuar uma breve explicação sobre a importância da normalização. É ainda destacado a importância de um regulador nas competências de gestão do espaço radioelétrico e da compatibilidade eletromagnética, como a ANACOM.

3.1. Normalização

De acordo com a Norma Portuguesa NP EN 45020:2009, *“A normalização estabelece, face a problemas reais ou potenciais, disposições para a utilização comum, tendo em vista a obtenção do grau ótimo de ordem, num determinado contexto. Consiste, em diretrizes facultativas que estabelecem especificações técnicas relativamente a certos produtos ou serviços e que, a qualquer momento, se podem tornar em normas obrigatórias caso a legislação assim o determine para garantir a conformidade”*.

A normalização constitui assim a elaboração, a edição e a implementação de normas ou outros documentos de forma a promover os níveis de qualidade de vida, segurança, saúde, eficiência, proteção do ambiente e interoperabilidade, sendo desta forma uma atividade orientada pelo e para o mercado [IPQN23].

A normalização rege-se pelos seguintes princípios [IPQN19]:

- **Transparência:** Garante que a informação sobre o processo de elaboração das normas e a estrutura da normalização está publicamente acessível;
- **Abertura:** Garante que todas as categorias de interesse devem estar representadas de forma paritária e em igualdade de direitos;
- **Desenvolvimento Sustentável:** Garante que as necessidades da sociedade na sua totalidade são integradas na normalização;

- **Imparcialidade e Consenso:** Garantem a existência de uma plataforma neutra para o desenvolvimento das normas, o equilíbrio de interesses e a inibição no favorecimento de interesses particulares;
- **Efetividade e Relevância:** Garantem que as normas vão produzir e manter o impacto desejado na sociedade e na economia, sendo revistas periódica e sistematicamente, para que produzam e mantenham os efeitos desejados;
- **Coerência:** Garante a consistência e a clareza do sistema para os utilizadores das normas, recorrendo à colaboração coordenada no sentido de evitar a duplicação e a sobreposição de normas, para que estas sejam mutuamente consistentes e livres de contradições.

As normas, embora muitas vezes desconhecidas e impercetíveis para o utilizador final, são fundamentais para o funcionamento harmonioso do quotidiano de cada um. As normas traduzem-se em documentos técnicos que estabelecem regras, linhas de orientação ou até características de produtos ou serviços, com base num consenso das partes interessadas entre organismos de normalização privados [IPQN23].

São utilizadas em variados processos, tais como, na legislação, na acreditação, na certificação, na informação técnica, entre outros, por serem consideradas uma referência para o mercado a que se destinam [IPQN23].

As normas suportam os 3 pilares do desenvolvimento sustentável, o pilar económico, o social e o ambiental. Segundo um folheto elaborado pelo Instituto Português de Qualidade (IPQ), a meta da Organização das Nações Unidas (ONU) até 2030 centra-se em modificar e transformar o planeta através dos seguintes objetivos de desenvolvimento sustentável [IPQN20]:

- Erradicar a pobreza;
- Erradicar a fome;
- Saúde e qualidade;
- Educação de qualidade;
- Igualdade de género;
- Água potável e saneamento;
- Energias renováveis e acessíveis;
- Trabalho digno e crescimento económico;
- Indústria, inovação e infraestruturas;
- Reduzir as desigualdades;
- Cidades e comunidades sustentáveis;

- Produção e consumos sustentáveis;
- Ação climática;
- Proteger a vida marinha;
- Proteger a vida terrestre;
- Paz, justiça e instituições eficazes;
- Parcerias para a implementação de objetivos.

Destes 17 objetivos, os mais importantes no âmbito desta dissertação são, respetivamente, o objetivo sobre a indústria, inovação e infraestruturas e o relativo à redução de desigualdades. O primeiro objetivo mencionado promove a industrialização sustentável e inclusiva e a inovação, através de normas acordadas internacionalmente que atendem à qualidade, segurança e aos requisitos de sustentabilidade. O segundo objetivo pretende reduzir as desigualdades dentro e entre países, pois atualmente existem ainda alguns países débeis nas atividades de acreditação e certificação. Esta condição pode impedir a integração dos equipamentos desenvolvidos nos mercados regionais e globais, limitando as oportunidades oferecidas pela indústria. Para combater estas desigualdades, as normas utilizam uma linguagem universal, auxiliando assim na transposição das barreiras técnicas, sendo particularmente importante para o desenvolvimento económico dos países, uma vez que lhes permite competir mais facilmente no mercado global. [IPQN20].

As normas europeias podem ser provenientes de diferentes Organismos Europeus de Normalização (OEN) nomeadamente, do Comité Europeu de Normalização (CEN), do Comité Europeu de Normalização Eletrotécnica (CENELEC) e do *European Telecommunications Standards Institute* (ETSI). As normas harmonizadas são uma particularidade das normas europeias pois são desenvolvidas por um OEN, mas na sequência de um mandato da *Comissão Europeia* (CE), que é o órgão executivo da UE, politicamente independente.

O OEN é composto por vários Organismos Nacionais de Normalização (ONN), sendo que em Portugal, este organismo é o IPQ e tem no âmbito das suas competências qualificar os Organismo de Normalização Setorial (ONS), criar as Comissões Técnicas de normalização (CT), promover a elaboração, a aprovação e a homologação dos documentos normativos portugueses e a adoção dos documentos normativos europeus [APSE23].

Os ONS são entidades com estatuto jurídico, podendo ser entidades públicas, privadas ou mistas que exercem atividades num dado domínio de normalização. São vários os domínios abrangidos pelos ONS a nível nacional, sendo a ANACOM a entidade responsável no domínio da normalização das comunicações eletrónicas e postais e da compatibilidade eletromagnética. Tem como principais funções avaliar a atividade normativa com origem nas OEN e nas organizações de normalização internacionais, como a ISO e a IEC, bem como coordenar e apoiar a participação nacional nas atividades

de normalização relevantes desses mesmos organismos. É também da incumbência da ANACOM a elaboração das consultas nacionais sobre documentos normativos em análise nos organismos suprarreferidos bem como as respetivas respostas. Estas consultas têm como intuito a emissão de uma decisão que reflita o interesse nacional, pedindo para isso parecer a um conjunto alargado de entidades representativas das áreas em apreço, de acordo com as regras e procedimentos para a normalização portuguesa [ANNO11]. A ANACOM promove assim, a normalização através do incentivo à adoção de normas europeias e internacionais na regulação.

3.2. Competências da ANACOM

Tal como aprovado pelo Decreto-Lei n.º 39/2015, de 16 de março de 2015, compete à ANACOM *“assegurar a gestão eficiente do espectro radioelétrico, envolvendo a planificação, a atribuição dos recursos espectrais, a sua supervisão e a coordenação”* [ANDL15]. As competências da ANACOM inserem-se em diversas componentes da gestão de espectro, tais como, o planeamento e atribuição, a consignação e licenciamento, a normalização e avaliação de conformidade, a monitorização, a cooperação internacional e a comunicação e ligação externa.

Faz parte das competências da ANACOM, através da monitorização, a supervisão e a fiscalização do mercado com o objetivo de detetar anomalias de funcionamento ou outros aspetos considerados críticos [ANFS11]. As ações de fiscalização incidem sobre as comunicações eletrónicas, os serviços postais, as Infraestruturas de Telecomunicações em Edifícios (ITED) e as Infraestruturas de Telecomunicações em Urbanizações (ITUR) e o mercado de equipamentos.

No âmbito deste trabalho, embora somente com valor académico, pode enquadrar-se a comprovação da conformidade do equipamento como sendo uma fiscalização ao mercado de equipamentos. Desenvolvendo um pouco mais este tópico, é incumbência da ANACOM fiscalizar o cumprimento do Decreto-Lei n.º 57/2017, publicado a 9 de junho, que estabelece o regime de disponibilização no mercado, da colocação em serviço e da utilização de equipamentos de rádio, transpondo a Diretiva n.º 2014/53/EU [ANDL17]. Os equipamentos inerentes a este mercado são os equipamentos de rádio que utilizem frequências do espectro radioelétrico que contenha um transmissor e/ou recetor (telefones móveis, terminais de satélite e equipamentos de pequena potência e curto alcance) e os equipamentos terminais de telecomunicações que são ligados, através de uma interface, à rede pública de telecomunicações (telefones e equipamentos *Global System for Mobile Communications* (GSM)) [ANSM11].

A fiscalização de mercado divide-se em três procedimentos distintos, sendo estes, as ações de fiscalização diretas aos agentes económicos para verificar os requisitos e detetar os responsáveis pela colocação dos equipamentos no mercado e as ações de acompanhamento que analisam a

documentação técnica para verificar a conformidade dos equipamentos recorrendo, se necessário a ensaios laboratoriais de radiofrequência ou de compatibilidade.

3.2.1 Ensaios de Radiofrequência

Os ensaios de radiofrequência asseguram a verificação da conformidade dos equipamentos de rádio, de acordo com o disposto no Decreto-Lei n.º 57/2017 de 9 de junho, no artigo 4.º, no n.º 2, que refere que *“os equipamentos de rádio devem ser contruídos de modo a utilizarem e suportarem a utilização eficiente do espectro radioelétrico para evitar interferências nocivas”* [ANDL17].

Os ensaios são efetuados tendo por base normas harmonizadas europeias, nomeadamente aquelas que tenham sido publicadas no Jornal Oficial da União Europeia. Visto que existem condições extremas de ensaio que podem ser aplicáveis aos emissores, recetores e emissores/recetores, a ANACOM dispõe de uma câmara de simulação de condições climáticas, que permite variações de temperatura e humidade relativa dentro dos parâmetros normativos.

3.2.2 Ensaios de Compatibilidade Eletromagnética

A compatibilidade eletromagnética traduz-se na capacidade de os equipamentos de radiocomunicações funcionarem de forma adequada num ambiente eletromagnético com possíveis perturbações eletromagnéticas e que por sua vez não provoquem interferências em equipamentos na sua proximidade.

No âmbito das atribuições da ANACOM, os ensaios de compatibilidade eletromagnética abrangem os equipamentos de rádio e de comunicações eletrónicas, com requisito essencial de compatibilidade eletromagnética do Decreto-Lei n.º 57/2017 de 9 de junho e do Decreto-Lei n.º 31/2017 de 22 de março [ANCE22].

As áreas de ensaios e calibração do Centro Laboratorial e Normalização (CLN) da ANACOM, estão acreditadas de acordo com a norma EN ISO/IEC 17025:2018.

A acreditação consiste no reconhecimento da capacidade técnica na prestação de um serviço, por parte de um organismo de acreditação, com o intuito de comprovar que a entidade avaliada pode efetuar atividades específicas de avaliação da conformidade. Em Portugal o organismo de acreditação é o Instituto Português de Acreditação (IPAC). O IPAC é um dos signatários do acordo de reconhecimento mútuo da *European cooperation for Accreditation* (EA) e do *International Laboratory Accreditation Cooperation* (ILAC).

3.2.3 Instalações de Barcarena

A ANACOM, atualmente sediada em Lisboa, dispõe ainda de três delegações, no Porto, na Madeira e nos Açores. É nas instalações de Barcarena que se efetua a monitorização, o controlo e a fiscalização do espectro da zona Sul de Portugal Continental e onde se encontra o CLN, composto pelas áreas de ensaios (radiofrequência e compatibilidade eletromagnética) e de calibração.

Para a execução dos ensaios, a ANACOM dispõe, no CLN, de uma Câmara Semianecóica Blindada (CSAB) na faixa 26 MHz a 18 GHz, uma câmara blindada na faixa 15 kHz a 10 GHz e uma câmara climática com temperatura e humidade a variar entre -40 °C a +180 °C e 15% a 98%, respetivamente.

METODOLOGIA DOS ENSAIOS LABORATORIAIS

Este capítulo visa apresentar a metodologia utilizada nos ensaios em laboratório. Para tal é apresentado o Dispositivo Sujeito a Ensaio (DSE) e os respetivos equipamentos auxiliares, as *tags* utilizadas, as características das salas onde foram realizados os ensaios, os esquemas de montagem e as condições dos vários ensaios.

4.1. Dispositivo Sujeito a Ensaio

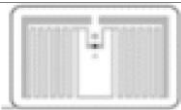



O DSE, também conhecido como *Equipment Under Test* (EUT) e *Device Under Test* (DUT) é qualquer equipamento submetido a testes. Neste caso particular, o DSE é um interrogador RFID UHF Fixo FX9600, modelo de 8 portas, (gentilmente cedido pela Zebra no âmbito desta dissertação), funcionado juntamente com duas antenas AN480 da Zebra, dois cabos coaxiais LMR240, um adaptador AC/DC, como é possível observar na Figura 4.1. As características técnicas do DSE, bem como características do equipamento auxiliar, encontram-se nos Anexos A e B, respetivamente.



Figura 4.1 - Dispositivo sujeito a ensaio (DSE) cedido pela Zebra

As *tags* RFID utilizadas para os ensaios foram as *tags* modelo BT713, BT781, Silverline Classic II e ZBR 4000, podendo ser observado, na Tabela 4.1, as diferentes formas do substrato. Estas *tags* têm características diferentes, devendo ser fixas em superfícies diferentes. As *tags* BT713 e BT781 são mais adequadas para a maioria das superfícies não metálicas, como caixas de plástico e papelão ondulado, as *tags* Silverline Classic II são mais adequadas para superfícies metálicas e as *tags* ZBR 4000 são mais adequadas para superfícies de Policloreto de Vinil (PVC), conforme pode ser observado na Figura C.8. As características técnicas das *tags* encontram-se no Anexo C.

Tabela 4.1 - Diferentes tipos de substratos e os seus respetivos *designs* utilizados nos ensaios

Substrato	Design do substrato
BT713	
BT781	
Silverline Classic II	
ZBR 4000	

A monitorização do bom funcionamento do DSE realizou-se através da aplicação 123RFID *Desktop*, disponível em [ZERF23] instalada num computador portátil, com uma ligação RJ45 desde o computador até ao DSE. A aplicação 123RFID *Desktop* é compatível com o DSE que permite descobrir o interrogador, seleccioná-lo e começar, quase instantaneamente, a ler as *tags* que se encontram na proximidade do interrogador.

Na altura da realização dos ensaios ao DSE, o mesmo já se encontrava a ser comercializado pelo que já possui uma Declaração de Conformidade, disponível em [ZEDC22]. Com esta declaração é possível constatar que o DSE se encontra em conformidade com as normas harmonizadas aplicáveis, na utilização eficiente do espectro radioelétrico, EMC, saúde, segurança e ambiente. Para a realização dos ensaios para verificação da eficiência do espectro radioelétrico e da EMC foram aplicadas as normas harmonizadas mencionadas nesta declaração.

4.2. Ensaios de Radiofrequência

Os ensaios de radiofrequência aplicados a este DSE, foram realizados numa CSAB de acordo com a norma ETSI EN 302 208 v3.3.1, disponível em [ETSI20]. O ETSI, é uma das três *European Standards Organization* (ESO), ou seja, é uma organização europeia de normalização reconhecida que produz as

normas nas telecomunicações, desenvolvendo-as também nas áreas de radiodifusão e outras redes e serviços de comunicações eletrônicas [ETSI23].

O documento ETSI 302 208 v3.3.1 especifica as características técnicas e métodos de medição para equipamentos RFID que utilizam as faixas de frequências harmonizadas 865 a 868 MHz e 915 a 921 MHz com limites de potência até 2 e 4 W, respectivamente. Este documento aplica-se a interrogadores RFID a funcionar conjuntamente com as *tags*, como um único sistema. Neste âmbito, para cada uma das faixas de frequências especificadas anteriormente, existem vários canais para a utilização pelos interrogadores. Para a faixa de 865 a 868 MHz, faixa de frequências utilizada na UE, os interrogadores devem usar qualquer um dos quatro canais especificados na Figura 4.2.

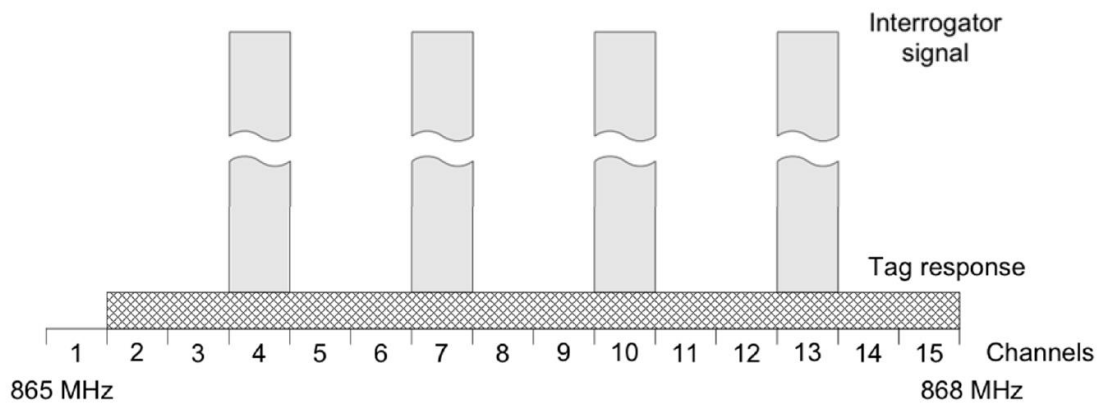


Figura 4.2 - Planeamento dos canais para a faixa de frequências de 865 a 868 MHz [ETSI20]

A frequência central do canal mais baixo, canal 4, é 865,7 MHz e a largura de banda de cada canal deve ser de 200 kHz. Assim, as frequências de funcionamento de cada canal devem ser as especificadas na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Frequências de funcionamento do interrogador na faixa de frequências de 865 a 868 MHz, (adaptado da Tabela 1 [ETSI20])

	Frequência Central [MHz]	Faixa de Frequências [MHz]
Canal 4	865,7	865,6 a 865,8
Canal 7	866,3	866,2 a 866,4
Canal 10	866,9	866,8 a 867,0
Canal 13	867,5	867,4 a 867,6

Na norma, são ainda definidos os testes completos designados como *Full Tests* (FT) e os testes limitados, designados como *Limited Tests* (LT). Os FT são todos os testes especificados na norma enquanto os LT são os testes que incluem o “Erro de frequência” e “Estabilidade de frequência em condições de baixa tensão” e “Potência Aparente Radiada (P.A.R)” do transmissor. Estes testes devem ser realizados nos canais indicados na Figura 4.3.

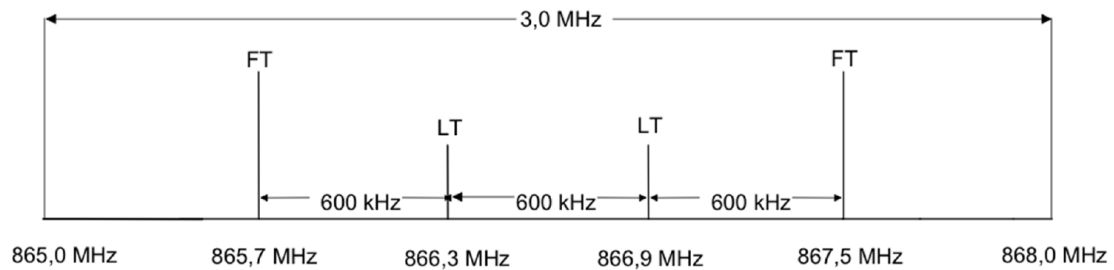


Figura 4.3 - Aplicação dos testes na faixa de frequências de 865 a 868 MHz [ETSI20]

É importante salientar que na norma são referidos todos os testes aplicáveis ao equipamento submetido a ensaios. No decorrer deste trabalho, não foi possível elaborar o ensaio relativo às emissões espúrias no interrogador e nas *tags* devido à inexistência de um filtro *notch* nas instalações da ANACOM.

4.2.1 Ensaio aplicados ao Interrogador

Relativamente ao DSE FX9600-8, foram realizados os ensaios “P.A.R.” nas condições normais de ensaio e “Largura de feixe da antena”. O DSE foi configurado num dos seus modos de funcionamento, alimentado através do adaptador AC/DC e ligado a duas antenas, tal como se pode observar na Figura 4.4.

Os equipamentos utilizados no decorrer deste ensaio foram os listados na Tabela F.1.

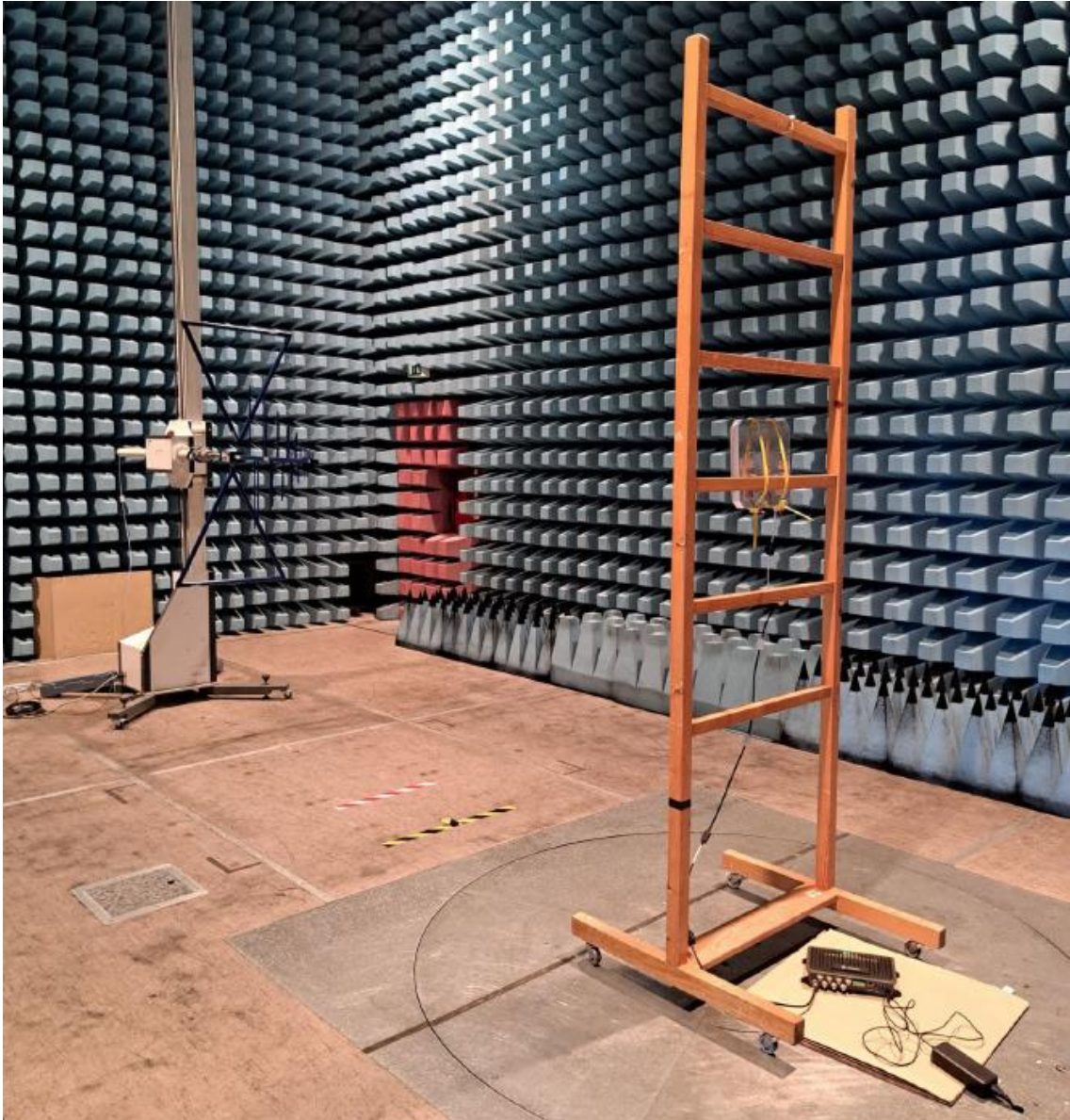


Figura 4.4 - Arranjo do equipamento para o ensaio de potência aparente radiada e abertura de feixe da antena do interrogador

4.2.1.1 Potência Aparente Radiada

Uma das medições fundamentais é a medição da P.A.R. Esta medição tem como intuito o de calcular a potência radiada pela antena e aplica-se a equipamentos com antena integrada ou dedicada, ou seja, uma antena que é específica para funcionar neste sistema. Esta medição foi realizada apenas nas condições normais de ensaio, ou seja, com a temperatura ambiente entre $+15^{\circ}\text{C}$ e $+35^{\circ}\text{C}$ e humidade relativa entre 20% e 75%. De acordo com a norma, este ensaio é um LT, sendo apenas realizado nos canais 7 e 10.

A medição de P.A.R. pode ser efetuada por radiação ou condução, sendo que neste caso, foi aplicado o método por radiação, visto a antena dedicada do DSE estar conectada à saída do interrogador. O ensaio deve ser realizado por etapas, tal como se pode constatar na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Procedimento para medição de P.A.R., adaptado da cláusula 5.5.3.2.2 [ETSI20]

- Etapa 1** No local de teste, a antena dedicada do interrogador deve ser colocada num suporte e na posição mais aproximada do seu funcionamento normal, tal como se pode observar na Figura 4.4.
- Etapa 2** A banda de frequências de funcionamento da antena de teste deve abranger a faixa de funcionamento do DSE. Deve ser colocada a 3 metros de distância da antena dedicada do interrogador e em linha de vista. A antena de teste deve ser conectada a um recetor de medição, tal como no Anexo D, e inicialmente deve ser orientada para polarização vertical.
- Etapa 3** O recetor de medição deve ser ajustado com os seguintes parâmetros:
Largura de banda de resolução: 300 kHz.
Velocidade de varrimento: Automático.
Span: 1 MHz para banda inferior.
Trace Mode: Tempo suficiente para capturar todas as emissões.
Detetor: Raiz Média Quadrada (RMS).
- Etapa 4** A antena de teste deve efetuar um varrimento, em altura, entre 1 e 4 m, de forma ser detetado o maior nível de sinal radiado. A antena de teste fica situada na posição correspondente.
- Etapa 5** Após esta interação, o DSE deve efetuar uma rotação de 360° no plano horizontal, até ser detetado o maior nível de sinal.
- Etapa 6** A antena de teste deve novamente efetuar o varrimento em altura até ser detetado o maior nível de sinal. Este valor deve ser anotado.
- Etapa 7** O interrogador deve ser substituído pela antena de substituição, conforme definido na cláusula B.1.6 da norma. A antena de substituição deve ser conectada ao *setup* SUB SMA (que já inclui o gerador de radiofrequência). Este gerador deve ser sintonizado para a frequência de funcionamento do interrogador.
- Etapa 8** Deve efetuar-se novamente a etapa 6.
- Etapa 9** O nível do gerador deve ser ajustado de forma a obter o nível de potência encontrado na etapa 6 e deve ser anotado esse valor.
- Etapa 10** A medição deve ser repetida com a antena de teste e a antena de substituição orientadas para polarização horizontal.
- Etapa 11** A medida da P.A.R. é o valor mais alto dos dois níveis registados.

4.2.1.2 Largura de Feixe da Antena

A largura de feixe da antena é a extensão angular do lóbulo principal do padrão de radiação da antena, que é a região do padrão onde a maior parte da energia é radiada. A largura do feixe é comumente medida no ângulo entre dois pontos em cada lado do lóbulo principal (também conhecido como ponto -3 dB), onde a potência radiada cai para a metade do seu valor máximo. É um parâmetro importante porque determina a direccionalidade e conseqüentemente área de cobertura da antena. Uma largura de feixe estreita indica uma antena altamente direcional que é adequada para comunicação de longo alcance, enquanto uma largura de feixe mais ampla é mais adequada para comunicação de curto alcance e para cobrir uma área mais ampla e próxima da antena.

A largura do feixe é medida em graus, podendo ser medida nos planos horizontal ou vertical. De acordo com a norma, este ensaio é um FT, o que significa que foi realizado em todos os canais em que o interrogador funciona. Tal como no ensaio de P.A.R., o método utilizado foi por radiação realizado por etapas, tal como define a cláusula 5.5.4.2 da norma disponível em [ETSI20]. As etapas deste ensaio são iguais às do ensaio de P.A.R., que se encontram na Tabela 4.3, até à etapa 6 com a exceção da etapa 3 que neste ensaio não é realizada. Após a etapa 6, a antena dedicada do interrogador deve efetuar uma rotação no plano horizontal em ambas as direções para posições onde o sinal no recetor de medição é reduzido em 3 dB. O ângulo total de rotação (correspondente à largura de feixe horizontal da antena) deve ser registado.

4.2.2 Ensaio aplicados às Tags

Relativamente aos ensaios de radiofrequência aplicados às diferentes *tags*, apenas foi efetuado o ensaio de P.A.R. As montagens destes ensaios dependem do *backplane* da *tag*. De acordo com a cláusula 5.7.1 da norma [ETSI20], por padrão, a antena de teste deve ser posicionada a 1 m de distância da *tag* e esta a 20 cm da antena dedicada do interrogador. A antena de teste deve ser conectada ao recetor de medição e a sua polarização deve ser orientada para obter o maior nível de sinal proveniente da *tag*. A configuração para as *tags* BT781, BT713 e ZBR4000 foi a demonstrada na Figura 4.5.



Figura 4.5 - Arranjo do equipamento para o ensaio de potência aparente radiada das *tags* BT781, BT713 e ZBR 4000

Para as *tags* equipadas com superfícies de metal ou material similar, a configuração deve corresponder à da Figura 4.6, com o ângulo de 0° a 60° entre a *tag*-interrogador e a linha da *tag*-antena de teste.

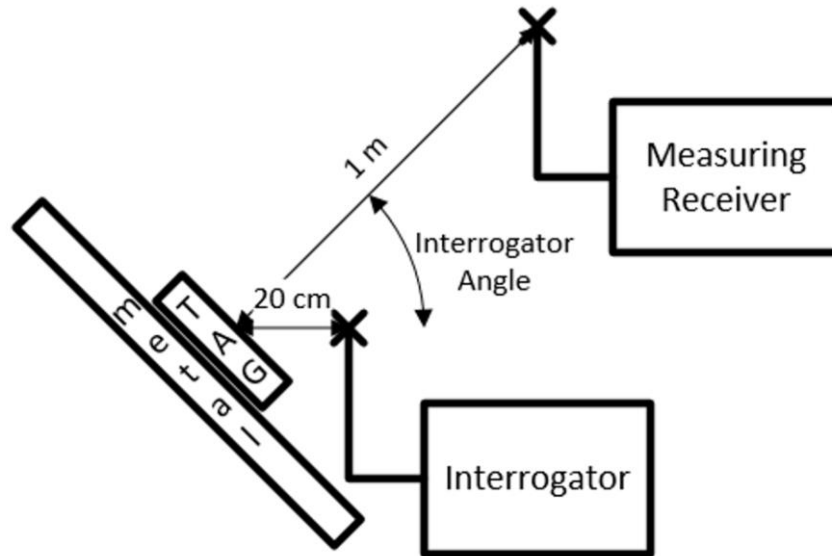


Figura 4.6 - Medição para tags com superfícies metálicas

Para os testes aplicáveis à tag, deve ser utilizada a câmara CSAB, no entanto, tal medição pode ser realizada com distância inferior a 3 m, desde que exista distância suficiente em espaço livre, que respeite a equação 4.1, retirada da cláusula 5.7.1.1.1 da norma ETSI 302 208 v3.3.1:

$$\frac{2D^2}{\lambda} = 2D^2 \frac{f}{C_0} \quad (4.1)$$

Onde:

D – Distância [m];

λ – Comprimento de onda [m];

f – Frequência [Hz];

C_0 – Velocidade da luz [m/s];

Neste caso, a situação mais crítica é quando a antena da tag é a maior (Silverline Classic II) e a frequência de funcionamento do canal é a mais elevada (canal 13). Substituindo os valores da equação 4.1, constata-se que:

$$2 * 0,1^2 * \frac{867,5 * 10^6}{3 * 10^8} = 0,0578 \text{ m}$$

É possível inferir que na situação mais crítica dos ensaios realizados as medições em campo distante são garantidas, visto a distância de 1 metro ser bastante superior a 0,0578 metros.

De acordo com a cláusula 5.7.1.3 da norma [ETSI20], o método de medição da P.A.R. é efetuado por etapas, tal como se pode verificar na Tabela 4.4. Esta medição é LT, tal como a medição da P.A.R. do interrogador, pelo que apenas se considera os canais 7 e 10.

Tabela 4.4 - Procedimento para medição irradiada de P.A.R, adaptado da cláusula 5.7.1.3 [ETSI20]

- Etapa 1** No local de teste, a antena dedicada do interrogador deve ser colocada num suporte e na posição mais aproximada do seu funcionamento normal, tal como se pode observar na Figura 4.5.
- Etapa 2** O interrogador deve ser configurado para transmitir apenas numa das frequências, denominada de frequência central (f_c), nos canais 7 e 10. O interrogador deve fornecer um "comando de despertar" inicial para excitar a *tag*.
- Etapa 3** A *tag* deve estar em emissão contínua na f_c do canal em funcionamento e esta resposta deve ser medida em, aproximadamente, frequência de offset de $f_c \pm 300$ kHz.
- Etapa 4** O recetor de medição deve ser ajustado com os seguintes parâmetros:
Largura de banda de resolução: 1 kHz.
Tempo de varrimento: Automático.
Span: 1 MHz.
Trace Mode: Tempo suficiente para capturar todas as emissões.
Detetor: *Average*.
- Etapa 5** O recetor de medição deve ser sintonizado na frequência da subportadora inferior (-300 kHz) da *tag* e o nível do sinal deve ser registado. O mesmo procedimento deve ser repetido para a subportadora superior (+300 kHz).
- Etapa 6** Sem mover a antena de teste e o interrogador, a *tag* deve ser removida da proximidade da área de teste. Repetir o procedimento descrito na etapa 5.
- Etapa 7** O resultado é a diferença entre o resultado obtido na etapa 5 e na etapa 6, tendo em conta o método de substituição.

Os equipamentos utilizados no decorrer deste ensaio foram os listados na Tabela F.1.

4.3. Ensaio de Compatibilidade Eletromagnética

A EMC divide-se em duas áreas principais, Interferência Eletromagnética (EMI) e Suscetibilidade Eletromagnética (EMS) e pode ser representada como:

$$EMC = EMI + EMS \quad (4.2)$$

Um sistema deve satisfazer dois pressupostos, em termos de EMI deve ser capaz de funcionar sem introduzir distúrbios eletromagnéticos intoleráveis noutros equipamentos, enquanto em termos de EMS um equipamento deve ter capacidade de funcionar corretamente, sem degradação, na

presença de uma perturbação eletromagnética. A análise EMC deve ser realizada em sistemas RFID durante a fase de testes, para garantir não só o seu bom funcionamento, mas também a sua suscetibilidade perante outros sistemas.

A área EMC do CLN da ANACOM oferece uma ampla gama de ensaios acreditados sob acreditação flexível global. A acreditação flexível global significa que a ANACOM tem liberdade de definir os seus procedimentos e submetê-los para avaliação ao IPAC. Os ensaios acreditados da ANACOM, conforme detalhados em [ANLE22], são nomeadamente:

- CEM.01: Campo elétrico perturbador radiado;
- CEM.02: Imunidade a Descargas Eletrostáticas (ESD);
- CEM.03: Imunidade a campos eletromagnéticos radiados;
- CEM.04: Imunidade conduzida a uma salva de transitórios rápidos;
- CEM.05: Imunidade a ondas de choque;
- CEM.06: Imunidade a perturbações conduzidas, induzidas por campos de radiofrequência;
- CEM.07: Tensão perturbadora aos terminais de alimentação;
- CEM.08: Tensão perturbadora aos terminais de alimentação – Perturbações Intermitentes;
- CEM.09: Potência perturbadora radiada pelo cabo de alimentação;
- CEM.10: Campo magnético perturbador radiado – *Loop*;
- CEM.11: Campo magnético perturbador radiado – *Triloop*;
- CEM.12: Atenuação de inserção.

Para a realização dos testes mencionados foram utilizados dois tipos de câmaras, a CSAB e a blindada. Uma CSAB é basicamente uma sala blindada onde as paredes e o teto são totalmente cobertos por material absorvente e rugoso de forma a diminuir e dispersar reflexões indesejáveis das ondas eletromagnéticas. O material absorvente é projetado e modelado fisicamente para absorver a incidência de radiação em frequência o mais efetivamente possível, da maior quantidade de direções possíveis.

No caso concreto da CSAB do CLN, esta pode ser transformada numa câmara anecóica através da colocação de placas de ferrite, que funcionam como isoladores radioelétricos devido à sua alta permeabilidade eletromagnética e resistência elétrica, e absorventes de poliuretano piramidal com uma configuração previamente validada, tal como se pode observar na Figura 4.7.

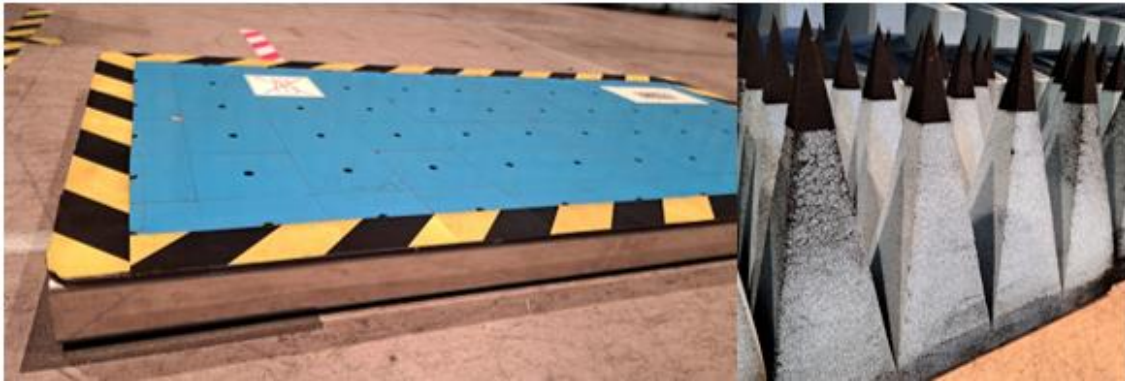


Figura 4.7 - Placa de ferrite (esquerda) e absorventes de poliuretano piramidal (direita)

4.3.1 Ensaio EMI

Os ensaios de EMI são fundamentais, uma vez que a maioria dos equipamentos elétricos e eletrônicos exigem testes de conformidade para serem disponibilizados no mercado. Com a intensificação do uso deste tipo de equipamentos, os problemas de EMI tornam-se cada vez mais recorrentes, sendo necessário proteger o espaço de trabalho e o ambiente das radiações provenientes de diversos equipamentos, bem como para a segurança dos equipamentos mais sensíveis.

De acordo com a declaração de conformidade, a norma para o DSE em questão, no que concerne à secção de EMI é a EN 55032:2015 [CENE15] com o aditamento EN 55032:2015/A11:2020. A norma refere-se à compatibilidade eletromagnética de equipamentos multimédia – requisitos de emissão e remete para a norma *Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques* (CISPR), CISPR 32:2015 [CISP15]. Este, foca-se em estabelecer os requisitos que forneçam um nível adequado de proteção do espectro radioelétrico e em especificar os procedimentos para garantir a reprodutibilidade da medição e a repetibilidade dos resultados.

A CISPR 32:2015 divide os equipamentos em duas classes (A e B), dependendo do ambiente onde serão utilizados. Os equipamentos de classe A são considerados industriais enquanto os equipamentos de classe B são considerados residenciais, comerciais e de indústria ligeira, como é o caso do DSE em análise, de acordo com a sua declaração de conformidade.

Nos requisitos dos dois ensaios elaborados para o DSE em questão é possível observar na Tabela 4.5 e na Tabela 4.6 que existem três tipos de detetores de ruído: *peak*, *quasi-peak* e *average*. O detetor de *peak*, como o próprio nome indica, deteta e regista o extremo do sinal de entrada, o detetor de *quasi-peak* é ponderado com base na frequência de repetição do sinal e o detetor *average* regista o valor médio do sinal de entrada.

Tabela 4.5 - Requisitos para ensaio de emissões irradiadas na faixa de frequências de 30 MHz a 6 GHz para equipamentos classe B, adaptado da tabela A.4 [CISP15]

Faixa de Frequências [GHz]	Medição		Limites [dB (μV/m)]
	Instalação	Distância [m]	
0,03 a 0,23	CSAB	3	Quasi-Peak
0,23 a 1			120 kHz
1 a 3	Câmara anecóica	3	Average
3 a 6			1 MHz
			Peak
			1 MHz

Tabela 4.6 - Requisitos para ensaio da tensão perturbadora aos terminais de alimentação para equipamentos classe B, adaptado da tabela A.10 [CISP15]

Faixa de Frequências [MHz]	Detetor		Limites [dB(μV/m)]
	Largura de Banda		
0,15 a 0,5	Quasi-Peak	9 kHz	66 a 56
0,5 a 5			56
5 a 30			60
0,15 a 0,5	Average	9 kHz	56 a 46
0,5 a 5			46
5 a 30			50

4.3.1.1 CEM.01

O ensaio de campo elétrico perturbador radiado tem como principal objetivo detetar as radiações produzidas pelo DSE nas zonas envolventes que possam afetar o normal funcionamento de equipamentos adjacentes.

A câmara foi configurada como CSAB e anecóica, para a faixa de frequências de 30 MHz a 1 GHz e para 1 a 6 GHz, respetivamente. Como referido anteriormente, a classe do DSE considerada é a classe B pelo que os limites para a medição do campo elétrico perturbador radiado, segundo a norma, a uma distância de ensaio de 3 m são, os apresentados na Tabela 4.5.

O DSE foi configurado num dos seus modos de funcionamento, alimentado através do adaptador AC/DC e ligado a duas antenas, tal como se pode observar na Figura 4.8 e na Figura 4.9. Durante o ensaio foram utilizadas duas *tags* para exercitar o equipamento e cujas leituras foram confirmadas através da aplicação *123RFID Desktop* instalada num computador portátil auxiliar.

Na realização deste ensaio, o DSE, incluindo a fonte de alimentação, deve ser colocado num local não condutor com tamanho suficiente para conter o DSE e a respetiva cablagem. A utilização de *Common Mode Absorbing Device* (CMAD) é crucial, uma vez que permite filtrar as frequências mais altas, através de ferrites que aumentam a indutância dos cabos que consequentemente permitem isolar as radiações emitidas pelos mesmos. A colocação do DSE é feita sobre uma mesa de material não refletor (ex. poliestireno expandido, vulgo esferovite) para minimizar o impacto nos resultados a 80 cm de altura segundo a norma do ensaio.

De forma a determinar o nível de emissão mais alto em qualquer frequência em que os limites da Tabela 4.5 são definidos, deve ser considerado a polarização da antena, vertical ou horizontal, a rotação completa do DSE, possível através de uma plataforma giratória de 360° e a altura da antena que deve efetuar um varrimento, em altura, entre 1 e 4 m.

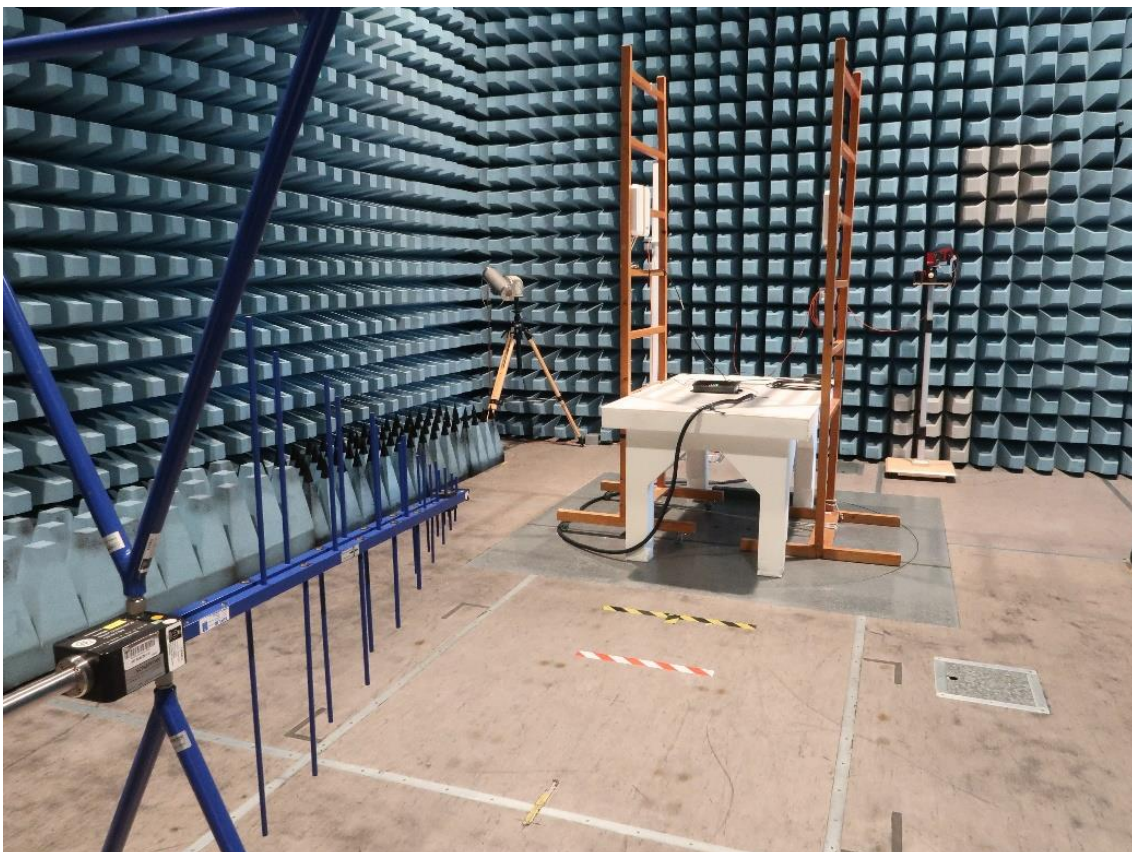


Figura 4.8 - Arranjo do equipamento para o ensaio de campo elétrico perturbador radiado 30 MHz a 1 GHz



Figura 4.9 - Arranjo do equipamento para o ensaio de campo elétrico perturbador radiado 1 a 6 GHz

O valor estimado da incerteza para o ensaio em questão é de 6,3 dB para a faixa de frequências de 30 MHz a 1 GHz e de 4,2 dB para a faixa de frequências de 1 a 6 GHz. A incerteza de medição foi calculada de acordo com as referências normativas que constam da lista de ensaios acreditados do laboratório. A incerteza expandida apresentada, está expressa pela incerteza-padrão multiplicada pelo fator de expansão $k=2$, o qual, para uma distribuição normal, corresponde a um grau de confiança aproximadamente de 95%.

Os equipamentos utilizados no decorrer deste ensaio foram os listados na Tabela F.2.

4.3.1.2 CEM.07

O propósito do ensaio de tensão perturbadora aos terminais de alimentação é avaliar as perturbações introduzidas pelo DSE, através do cabo de alimentação na rede elétrica. Perturbações estas, que conseqüentemente, possam afetar o correto funcionamento de outros equipamentos ligados à rede elétrica.

Este ensaio foi realizado na câmara blindada e a classe do DSE para este ensaio, como referido anteriormente, é a classe B pelo que os limites para o ensaio, segundo a norma, são os apresentados na Tabela 4.6.

O DSE foi configurado num dos seus modos de funcionamento, alimentado através do adaptador AC/DC e ligado a duas antenas, tal como se pode observar na Figura 4.10. Durante o ensaio

foram utilizadas duas *tags* para exercitar o equipamento e cujas leituras foram confirmadas através da aplicação *123RFID Desktop* instalada num computador portátil auxiliar.

Na realização deste ensaio, o DSE deve ser colocado sobre uma mesa de material não condutor, como a madeira, a 80 cm de altura e a 40 cm do plano vertical e o cabo de alimentação não deve exceder os 80 cm entre o DSE e a rede artificial trifásica. Importa referir que a rede artificial trifásica contém uma ligação monofásica, na qual se ligou o DSE.



Figura 4.10 - Arranjo do equipamento para o ensaio de tensão perturbadora aos terminais de alimentação 150 kHz a 30 MHz

O valor estimado da incerteza para o ensaio em questão é de 3,4 dB. A incerteza de medição foi calculada de acordo com as referências normativas que constam da lista de ensaios acreditados do laboratório. A incerteza expandida apresentada, está expressa pela incerteza-padrão multiplicada pelo fator de expansão $k=2$, o qual, para uma distribuição normal, corresponde a um grau de confiança aproximadamente de 95%.

Os equipamentos utilizados no decorrer deste ensaio foram os listados na Tabela F.3.

4.3.2 Ensaio EMS

Tal como os ensaios EMI, os ensaios de EMS são também de extrema importância dado que com o aumento exponencial da utilização de equipamentos elétricos e eletrónicos, tem aumentado também a exigência, por parte dos utilizadores, que estes equipamentos apresentem

comportamentos adequados e fiáveis, independentemente de estarem na presença de outros equipamentos. Por esta mesma razão torna-se crucial realizar testes de EMS quando se equaciona disponibilizar um equipamento eletrónico no mercado.

De acordo com a declaração de conformidade, a norma para o DSE em questão, no que concerne à secção de EMS é a EN 55035:2017 [CENE17] com o aditamento EN 55035:2017/A11:2020.

A norma refere-se à compatibilidade eletromagnética de equipamentos multimédia – requisitos de imunidade e remete para a norma CISPR 35:2016 [CISP16]. A CISPR 35 define os requisitos de imunidade para equipamentos multimédia que remete de acordo com as referências normativas para diferentes normas de ensaio. No DSE em questão, as normas de ensaio internacionais aplicadas são as seguintes:

- IEC 61000-4-2:2008 [IIEC08];
- IEC 61000-4-3:2006 [IIEC06] com o aditamento IEC 61000-4-3:2006/A1:2007/A2:2010;
- IEC 61000-4-5:2005 [IIEC05].

Sendo que as normas europeias aplicadas são as seguintes:

- EN 61000-4-2:2009 [CENE09];
- EN 61000-4-3:2006 [CENE06] com o aditamento EN 61000-4-3:2006/A1:2008/A2:2010;
- EN 61000-4-5:2014 [CENE14] com o aditamento EN 61000-4-5:2014/A1:2017 (IEC 61000-4-5:2014/A1:2017).

4.3.2.1 CEM.02

O objetivo da norma EN 61000-4-2:2009 é estabelecer uma base comum e reproduzível para avaliar o desempenho de equipamentos quando submetidos a descargas eletrostáticas, incluindo as que podem ocorrer de pessoas para objetos próximos a equipamentos vitais. No ensaio CEM.02, as descargas eletrostáticas devem ser aplicadas apenas em pontos e superfícies do DSE que sejam propícios ao toque durante o funcionamento normal do equipamento. O número de descargas depende de cada norma do DSE e do próprio DSE em questão.

O ensaio de imunidade a descargas eletrostáticas foi realizado numa câmara blindada. Segundo a norma IEC 61000-4-2:2009, as características das descargas são as apresentadas na Tabela 4.7.

Tabela 4.7 – Requisitos para ensaio a imunidade a descargas eletrostáticas

Tipo de Descarga		Número de Descargas	Polaridade	Tensão Aplicada
Direta	Por Contacto	10	Positiva	± 2 kV
			Negativa	
		10	Positiva	± 4 kV
			Negativa	
	Por Ar	10	Positiva	± 2 kV
			Negativa	
		10	Positiva	± 4 kV
			Negativa	
Indireta	Plano de Acoplamento Horizontal (HCP)	10	Positiva	± 2 kV
			Negativa	
		10	Positiva	± 4 kV
			Negativa	
	Plano de Acoplamento Vertical (VCP)	10	Positiva	± 2 kV
			Negativa	
		10	Positiva	± 4 kV
			Negativa	

O DSE foi configurado de acordo com o seu normal funcionamento, alimentado através do adaptador AC/DC e ligado às antenas, tal como ilustrado na Figura 4.11. No decorrer do ensaio, foram utilizadas duas *tags* para exercitar o equipamento cujas leituras foram confirmadas através da aplicação 123RFID *Desktop*. No Anexo E, é possível observar a aplicação das descargas eletrostáticas durante o ensaio.



Figura 4.11 - Arranjo do equipamento para o ensaio de imunidade a descargas electrostáticas

As zonas de aplicação das descargas diretas, tanto por contacto (pontos verdes) como por ar (pontos laranjas), são as ilustradas na Figura 4.12:



Figura 4.12 - Zonas de aplicação das descargas eletrostáticas

As descargas eletrostáticas diretas por contacto são aplicadas em superfícies e pontos metálicos acessíveis do DSE, enquanto as descargas por ar são realizadas em superfícies não condutoras, como os LED's informativos do DSE em questão.

Por outro lado, as descargas electroestáticas indiretas simulam um evento, em que o campo irradiado é emitido nas proximidades do DSE. Isto é possível devido ao Plano de Acoplamento Horizontal (HCP) e ao Plano de Acoplamento Vertical (VCP), sendo que os padrões atuais definem que as descargas devem ser feitas na borda do VCP e na superfície do HCP. Neste ensaio, o HCP é a superfície da mesa e o VCP é a placa metálica vertical que se encontra junto do DSE, como se pode observar na Figura 4.11.

Foi demonstrado, em ensaios preliminares, que o equipamento de ensaio cumpre os requisitos especificados na respetiva norma, com um grau de confiança de 95% - LAB34 UKAS [UKAS23].

Os equipamentos utilizados no decorrer deste ensaio foram os listados na Tabela F.4.

4.3.2.2 CEM.03

A norma EN 61000-4-3:2006/A1:2008/A2:2010 tem a finalidade de verificar a imunidade do DSE a radiações eletromagnéticas oriundas de outros equipamentos de rádio em ambiente industrial, entre 80 MHz e 6 GHz. O ensaio CEM.03 deve ser realizado em todas as faces do DSE e a antena emissora deve emitir o sinal nas duas polarizações: vertical e horizontal.

O ensaio foi realizado numa câmara anecóica blindada e segundo a norma IEC 61000-4-3:2006/A1:2007/A2:2010, com campo elétrico de 3 V/m de acordo com a tabela 1 de [CENE06] e deve ser realizado em ambas as polarizações, horizontal e vertical.

Inicialmente, é necessário proceder à avaliação da uniformidade de campo de forma a garantir que 100% dos pontos da zona definida apresenta 3 V/m com tolerância entre 0 e 6 dB, segundo a norma. A norma do ensaio apresenta assim o conceito de *Uniform Field Area* (UFA) que se caracteriza por ser um plano vertical hipotético da calibração de campo em que as variações são aceitavelmente pequenas. Este campo é calibrado com 16 pontos dentro de uma grelha de 1,5 x 1,5 m, localizada a 80 cm acima do chão, considerando a antena posicionada a 3 m de distância do DSE, conforme mostrado na Figura 4.13.

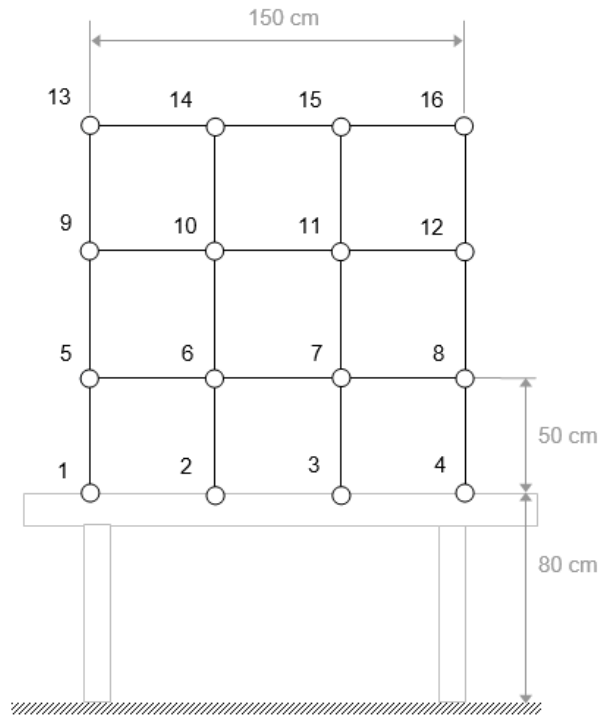


Figura 4.13 - Calibração de campo - UFA

Após a calibração de campo, o DSE foi colocado numa posição representativa do seu funcionamento, alimentado através do adaptador AC/DC e ligado às antenas. No decorrer do ensaio foram utilizadas duas *tags* para exercitar o equipamento e cujas leituras foram verificadas através da aplicação *123RFID Desktop*. Na Tabela 4.8 encontram-se todas as configurações deste ensaio.

Tabela 4.8 - Requisitos para ensaio de imunidade a campos eletromagnéticos radiados

Faixa de Frequências [GHz]	Medição				Força do campo elétrico [V/m]
	Instalação	Distância [m]	Face	Polarização	
0,8 a 1	Câmara anecóica	3	1	Horizontal	3
			1	Vertical	
			2	Horizontal	
			2	Vertical	
1 a 6			1	Horizontal	
			1	Vertical	
			2	Horizontal	
			2	Vertical	

É possível observar o arranjo do DSE para o ensaio de imunidade a campos eletromagnéticos radiados na faixa de frequências de 80 MHz a 6 GHz, nas duas faces mais suscetíveis a serem interferidas e conseqüentemente a degradarem o funcionamento do DSE. Devido a não haver disponível uma antena com alcance de 80 MHz a 6 GHz, foi necessário utilizar duas antenas diferentes uma com faixa de frequências de 80 MHz a 1 GHz, Figura 4.14 e outra de 1 a 6 GHz, Figura 4.15.



Figura 4.14 - Arranjo do equipamento para o ensaio de imunidade a campos eletromagnéticos radiados
80 MHz a 1 GHz – face 1, polarização horizontal

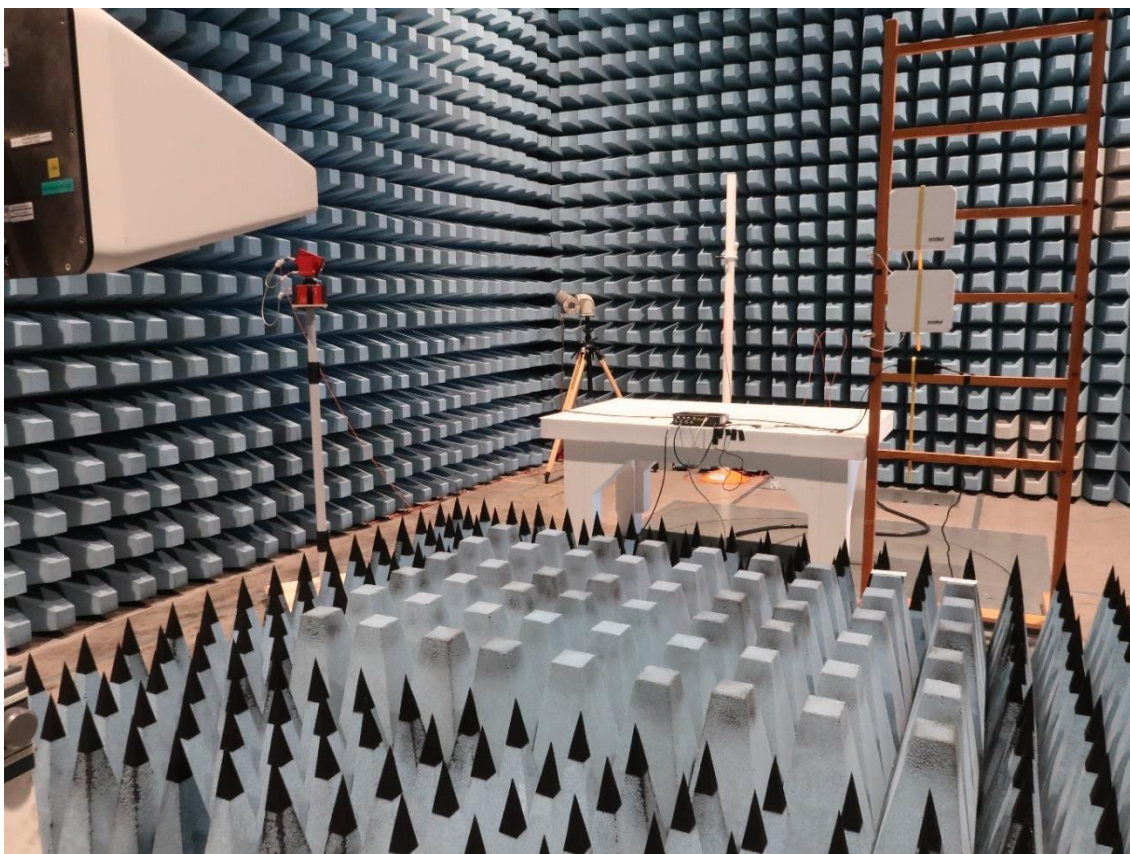


Figura 4.15 - Arranjo do equipamento para o ensaio de imunidade a campos eletromagnéticos radiados 1 GHz a 6 GHz – face 1, polarização horizontal

O valor estimado de incerteza para o ensaio em questão é de 2,5 dB. A incerteza de medição foi calculada de acordo com as referências normativas que constam da lista de ensaios acreditados do laboratório. A incerteza expandida apresentada, está expressa pela incerteza-padrão multiplicada pelo fator de expansão $k=2$, o qual, para uma distribuição normal, corresponde a um grau de confiança aproximadamente de 95%.

Os equipamentos utilizados no decorrer deste ensaio foram os listados na Tabela F.5.

4.3.2.3 CEM.05

O propósito da norma EN 61000-4-5:2014/A1:2017 é aferir o comportamento do DSE quando submetido a uma sobretensão proveniente de comutações e efeitos de relâmpago que possam, eventualmente, cair em locais próximos do equipamento.

O ensaio de imunidade a ondas de choque - SURGE foi realizado numa câmara blindada e segundo a norma IEC 61000-4-5:2014/A1:2017, as características do acoplamento são os seguintes:

Porto de Alimentação a.c. 230 V – Acoplamento Linha-Linha:

Impulse shape CWG: 1,2/50 μ s; 8/20 μ s

Line coupling L1 - N

Porto de Alimentação a.c. 230 V – Acoplamento Linha-Terra:

Impulse shape CWG: 1,2/50 μ s; 8/20 μ s

Line coupling L1 - PE; N - PE

Os requisitos para este ensaio são os apresentados na Tabela 4.9.

Tabela 4.9 - Requisitos para ensaio de imunidade a ondas de choque - SURGE

Porto ensaiado	Acoplamento	Nível [kV]
Porto de alimentação a.c.	Linha-linha	$\pm 0,5$
		± 1
	Linha-terra	$\pm 0,5$
		± 1
		± 2

O sinal é aplicado numa taxa de repetição de no máximo 1 minuto e com 5 aplicações do teste em cada polaridade sincronizadamente e os ângulos de fase (alimentação AC) do teste foram 90° positivos e 270° negativos.

O DSE foi configurado de acordo com o seu funcionamento mais usual, alimentado através do adaptador AC/DC e ligado às antenas, tal como se pode observar na Figura 4.16. Durante o ensaio foram utilizadas duas *tags* para exercitar o equipamento e cujas leituras foram confirmadas através da aplicação 123RFID *Desktop* instalada num computador portátil auxiliar.

Foi demonstrado que o DSE cumpre os requisitos especificados no documento de referência LAB34, com um grau de confiança de aproximadamente 95%. A incerteza de medição foi calculada de acordo com as referências normativas que contam da lista de ensaios acreditados do laboratório da ANACOM.

Os equipamentos utilizados no decorrer deste ensaio foram os listados na Tabela F.6.



Figura 4.16 - Arranjo do equipamento para o ensaio SURGE

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Com o objetivo de concluir sobre a conformidade do equipamento, de acordo com as normas aplicáveis, neste capítulo são apresentados os resultados dos ensaios e a respectiva análise. Foram realizados ensaios de radiofrequência e de EMC, tendo sido efetuados na totalidade sete ensaios ao interrogador e um ensaio de radiofrequência às *tags*.

5.1. Ensaios de Radiofrequência

Considerando, os ensaios de radiofrequência descritos no capítulo anterior deste documento, conclui-se que o DSE se encontra em conformidade com o exigido nas normas invocadas, tal como apresentado na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 - Resultados dos ensaios de radiofrequência realizados

	Descrição	Conforme	Não conforme
Interrogador	Potência Aparente Radiada	X	
	Largura de Feixe da Antena	X	
Tags	Potência Aparente Radiada BT781	X	
	Potência Aparente Radiada BT713	X	
	Potência Aparente Radiada Silverline Classic II	X	
	Potência Aparente Radiada ZBR 4000	X	

5.1.1 Ensaios aplicados ao Interrogador

Para os ensaios aplicados ao interrogador, segundo a cláusula 4.3.3.1 da norma [ETSI20], os limites do ensaio de P.A.R., para a faixa de frequências de 865 a 868 MHz, não deve exceder os 33 dBm com uma largura de banda de 200 kHz. Como tal, verifica-se que o resultado do ensaio efetuado foi satisfatório uma vez que o valor da P.A.R., tanto no canal 7 como no canal 10 é inferior ao valor referido na norma, como é possível observar na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 - Resultado do ensaio P.A.R. do interrogador

	Frequência [MHz]	Potência [dBm]
Canal 7	866,3	31,2
Canal 10	866,9	31,1

Relativamente ao ensaio de largura de feixe de antena, os limites são especificados em mW. Do ensaio de P.A.R., sabe-se que este limite não deve exceder os 33 dBm, ou seja, os 2 W. Por esta razão e segundo a cláusula 4.3.4.3 da norma [ETSI20], os limites do ensaio de largura de feixe da antena na orientação horizontal para as transmissões entre 1 e 2 W de P.A.R. devem ser inferiores ou iguais a 90°. Após a conclusão do ensaio, o valor obtido na largura de feixe da antena para os quatro canais da faixa de frequências de 865-868 MHz foi de 83°, cumprindo com o referenciado na norma, tal como pode ser observado na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Resultado do ensaio de largura de feixe da antena do interrogador

	Frequência [MHz]	Largura de Feixe da Antena
Canal 4	865,7	83°
Canal 7	866,3	
Canal 10	866,9	
Canal 13	867,5	

5.1.2 Ensaios aplicados às Tags

Para os ensaios aplicados às *tags*, segundo a cláusula 4.5.1.3 da norma [ETSI20], os limites do ensaio de P.A.R., para a faixa de frequências de 865 a 868 MHz, deve ser inferior ou igual a -20 dBm. Foi comprovado que as *tags* submetidas a este ensaio se encontravam em conformidade com o estipulado na norma, tal como se pode observar na Tabela 5.4.

Tabela 5.4 - Resultado do ensaio P.A.R das tags

Tag	Potência [dBm]			
	Fc: 866,3 MHz (canal 7)		Fc: 866,9 MHz (canal 10)	
	866 MHz (fc-300 kHz)	866,6 MHz (fc+300 kHz)	866,6 MHz (fc- 300 kHz)	867,2 MHz (fc+300 kHz)
BT781	-21,3	-21,1	-20,8	-24,3
BT713	-21,2	-23,5	-21,3	-25,8
Silverline Classic II	-31,9	-29,9	-35,8	-30,8
ZBR 4000	-24,0	-23,3	-22,3	-21,6

5.2. Ensaio de Compatibilidade Eletromagnética

Considerando, os ensaios de EMC descritos no capítulo anterior deste documento, conclui-se que o DSE se encontra em conformidade com o exigido nas normas invocadas, Tabela 5.5.

Tabela 5.5 - Resultados dos ensaios de compatibilidade eletromagnética realizados

	Descrição	Conforme	Não conforme
EMI	CEM.07 – Tensão perturbadora aos terminais de alimentação	X	
	CEM.01 – Campo elétrico perturbador radiado	X	
	CEM.03 – Imunidade a campos eletromagnéticos radiados	X	
EMS	CEM.02 – Imunidade a descargas eletrostáticas	X	
	CEM.05 – Imunidade a ondas de choque	X	

De acordo com os gráficos ilustrados na Figura 5.1 e na Figura 5.2 produzidos pela aplicação de análise, que os valores obtidos no ensaio se encontram em conformidade com a norma EN 55032:2015/A11:2020.

Analisando detalhadamente cada um dos gráficos, na Figura 5.1 é possível observar que o gráfico devolve três informações diferentes. A linha vermelha “EN 55032 F CB QP” representa os limites referidos na Tabela 4.5 e serve para delimitar a zona onde o comportamento do DSE se deve encontrar. A linha azul “Preview-Result 1-PK+” permite monitorizar o ensaio, possibilitando saber de imediato se o DSE em questão se encontra em conformidade com a norma, uma vez que se deve

encontrar na zona abaixo da linha vermelha. O losângulo “*Final_Result QPK*” diz respeito ao valor correspondente à medição *quasi-peak* do sinal.

Na Figura 5.2 é possível observar duas linhas delimitadoras dos limites, sendo uma delas referente ao detetor *peak* “EN 55032 F CB PEAK 1G a 6G” e outra ao detetor *average* “EN 55032 F CB AVG 1G a 6G”. Estes dois detetores são os especificados na norma, conforme Tabela 4.5, para o ensaio em causa na faixa de 1 a 6 GHz. A linha azul “*Preview Result 1-PK+*” e a linha verde “*Preview Result 2-AVG*” que surgem na Figura 5.2 permitem monitorizar o ensaio relativamente ao detetor *peak* e *average*, respetivamente. Os losângulos azuis “*Final_Result PK+*” e verdes “*Final_Result AVG*” são os valores correspondentes à medição *peak* e à medição do valor médio do sinal, respetivamente.

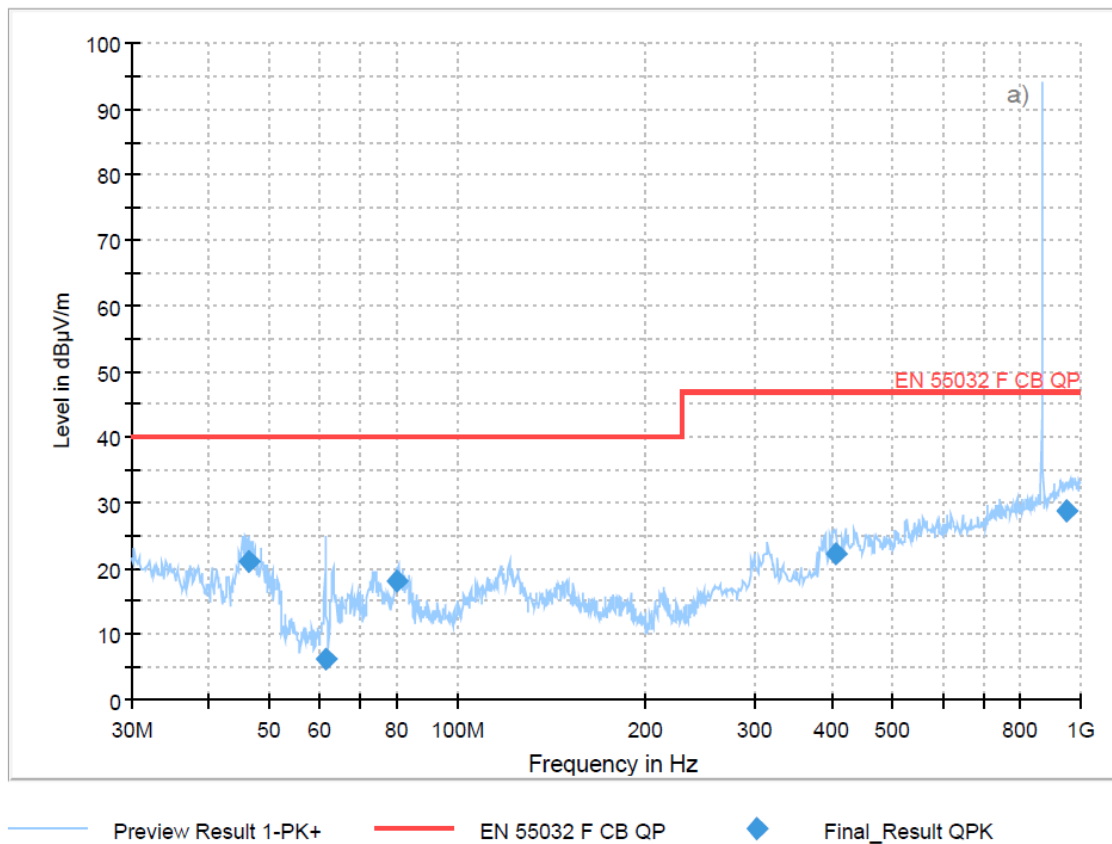


Figura 5.1 - Resultado do ensaio de campo elétrico perturbador radiado 30 MHz a 1 GHz

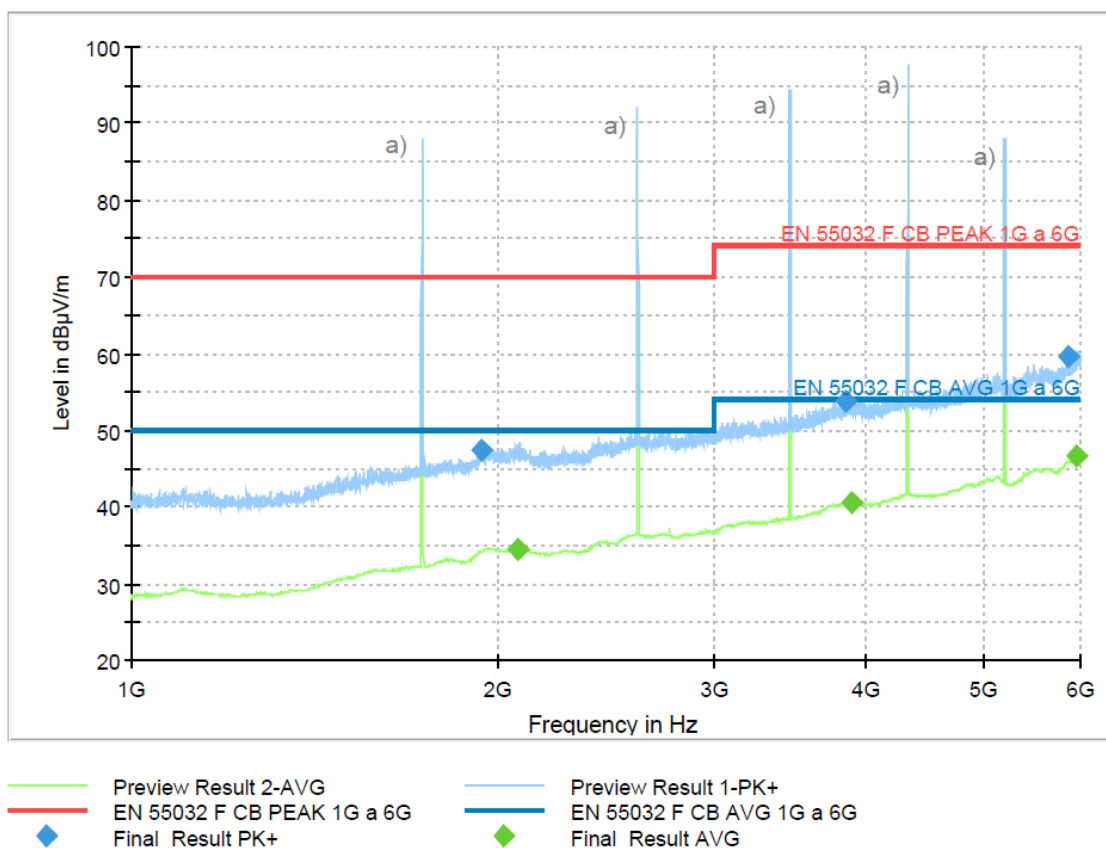


Figura 5.2 - Resultado do ensaio de campo elétrico perturbador radiado 1 GHz a 6 GHz

Após a análise dos gráficos indicados, constata-se que os valores referentes ao campo elétrico radiado se mantêm constantemente abaixo dos limites referidos na Tabela 4.5, exceto na frequência de trabalho do DSE, 865 – 868 MHz, e nas harmônicas. As harmônicas caracterizam-se por serem frequências múltiplas da frequência fundamental, não sendo assim consideradas perturbações para efeitos de conformidade do equipamento. Por esta razão é presumido, que nestas frequências, existam picos de sinal limpos e com amplitude considerável em todos os equipamentos, que não devem ser considerados. No caso do DSE em questão, a frequência fundamental é 865 MHz, sendo a segunda harmônica $2 \times 865 = 1730$ MHz, a terceira $3 \times 865 = 2595$ MHz, a quarta $4 \times 865 = 3460$ MHz e assim sucessivamente, como se pode verificar na Figura 5.2.

Relativamente, ao ensaio CEM.07 é possível observar pela Figura 5.3 que o gráfico, mais uma vez produzido pela aplicação de análise, que os valores obtidos no ensaio se encontram em conformidade com a norma EN 55032:2015/A11:2020.

Tal como os gráficos anteriores, este gráfico também devolve três informações diferentes, sendo possível observar que existem duas linhas delimitadoras dos limites, sendo uma delas referente ao detetor *quasi-peak* “EN 55032 V CB QP” e outra ao detetor *average* “EN 55032 V CB AVG”. Estes dois detetores são os especificados na norma, conforme Tabela 4.6 para o ensaio em causa. A linha azul “Preview Result 1-PK+” e a linha verde “Preview Result 2-AVG” que surge na Figura 5.3, permitem

monitorizar o ensaio relativamente ao detetor *quasi-peak* e *average*, respetivamente. Os losângulos azuis “*Final_Result AVG*” e vermelhos “*Final_Result QPK*” são os valores correspondentes à medição do valor médio e à medição *quasi-peak* do sinal, respetivamente.

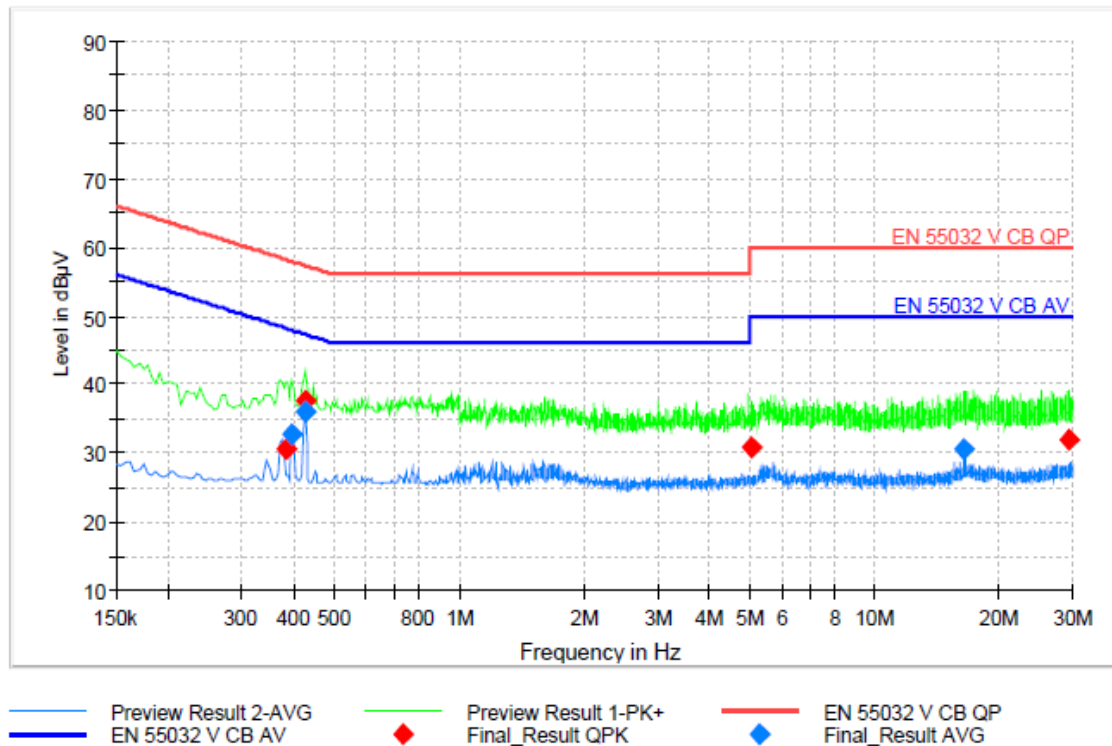


Figura 5.3 - Resultado da tensão perturbador aos terminais de alimentação 150 kHz a 30 MHz

Para os ensaios de EMS, de acordo com a CISPR 35, existem os denominados critérios de performance. Estes critérios destinam-se a avaliar o impacto de uma perturbação e devem considerar o desempenho do DSE antes da aplicação da perturbação e após a aplicação da mesma.

O primeiro critério, critério de desempenho A, define que o DSE deve continuar a funcionar normalmente, sem degradação de desempenho ou perda de função. Este critério foi aplicado ao ensaio de imunidade a campos eletromagnéticos radiados (CEM.03) e durante o ensaio, o DSE demonstrou o seu correto funcionamento através da leitura das duas *tags* colocadas no interior da câmara anecóica e no raio de ação do DSE, conforme Figura 5.4.

No critério de desempenho B, durante o ensaio, a degradação de desempenho é permitida. No entanto, esta alteração no desempenho do DSE não pode persistir após o ensaio, ou seja, o DSE deve continuar a funcionar conforme pretendido sem intervenção humana. No ensaio de imunidade a descargas eletrostáticas (CEM.02) e de imunidade a ondas de choque (CEM.05), este critério foi o utilizado e verificou-se, através do software 123RFID Desktop disponibilizado pela Zebra, que o DSE após o ensaio funcionava corretamente, continuando a registar as *tags* quando as mesmas eram colocadas no seu raio de ação, de acordo com a Figura 5.4.

O critério de desempenho C refere que a perda de funcionalidade do DSE é permitida, desde que a mesma seja automaticamente recuperada, ou possa ser restaurada com auxílio das instruções do fabricante através de intervenção humana. Embora sendo permitido reiniciar o DSE, as informações armazenadas em memória não devem ser perdidas. Este critério não foi aplicado em nenhum dos ensaios realizados no DSE em questão.

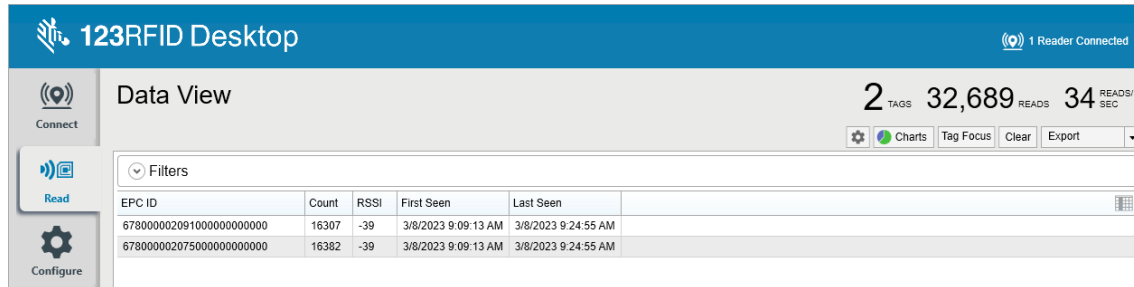


Figura 5.4 - Correto funcionamento do DSE após os ensaios de EMS: CEM.02, CEM.03 e CEM.05

5.3. Testes em Ambiente Industrial

Após o exigente programa de ensaios laboratoriais, elaborados no CLN da ANACOM, é conclusivo e claro que o DSE se encontrava em conformidade com as normas referidas. Para corroborar os resultados obtidos nos laboratórios, realizaram-se vários testes nas instalações da empresa de distribuição postal com interesse na implementação deste equipamento.

O objeto utilizado para simular uma carta/pacote de envio foi uma caixa de cartão com dimensões médias. Foi colocada uma *tag* ZBR 4000 na parte superior da mesma, comprovando-se o seu correto funcionamento, através de uma leitura direta com um *scanner*.

O facto de o ambiente nas instalações desta empresa ser bastante hostil, devido à presença de equipamentos tais como *Computer Aided Manual Sorter (CAMS)*, *Automated Guided Vehicles (AGVs)* e a *sorter* por entre outros equipamentos fixos e móveis não identificados. O CAMS, através de tecnologia de reconhecimento ótico de caracteres, valida instantaneamente mais de quatro milhões de endereços e orienta o operador no processo de divisão. Os AGVs são pequenos veículos móveis com capacidade de movimentação e deteção de obstáculos que, em conjunto com um braço robotizado, otimizam e automatizam o fluxo de material dentro da empresa.

Dos equipamentos referidos acima, a *sorter* é o mais prejudicial gerando interferências no espectro radioelétrico. A *sorter* tem como finalidade a separação automática de encomendas, tal como é possível observar na Figura 5.5. Depois de separados e de inseridos manualmente com a garantia de que a etiqueta a ser lida está legível (virada para cima), o leitor ótico automático, localizado após a zona de orientação, irá realizar a leitura validando a existência da etiqueta. Caso a etiqueta seja

reconhecida pelo leitor, a encomenda será devidamente distribuída, caso contrário, será desviada ficando assim numa zona de rejeitados, onde será necessária a posterior intervenção de um operador. O objetivo de classificar os produtos de acordo com o seu destino, é facilitar o trabalho das transportadoras, de modo que a entrega seja realizada com agilidade e precisão. Devido à complexidade dos motores de velocidade e de inclinação presentes por baixo da plataforma do tapete rolante, que permitem mover o mesmo e equilibrar as encomendas nas zonas de curva da *sorter*, este é o componente mais prejudicial no que concerne a interferências.



Figura 5.5 - *Sorter* no ambiente industrial da empresa de distribuição postal

De forma a confirmar que a *tag* continuava a desempenhar as suas funções quando colocada no tapete da *sorter*, foram realizadas várias leituras. Após o sucesso das várias leituras, instalou-se o sistema, mais ou menos em linha de vista com a sua disposição futura nas instalações, sobre uma ponte de metal tal como demonstra a Figura 5.6. Na figura não é possível observar a presença da segunda antena, exatamente do lado oposto para criar um género de túnel, sendo possível visualizar essa antena na Figura 5.5. A distância entre a antena e o tapete rolante da *sorter* foi, aproximadamente, de 1 m.

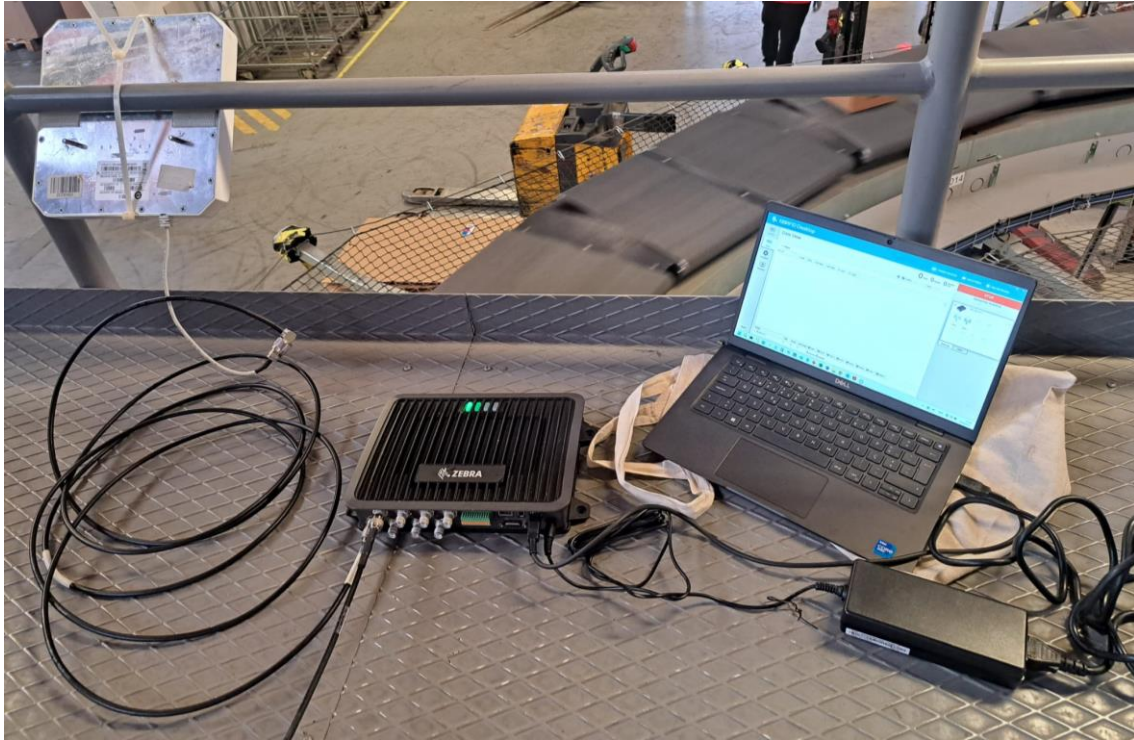


Figura 5.6 - Montagem do DSE nas instalações da empresa de distribuição postal

Foram efetuados vários testes, com o intuito de averiguar a consistência da solução a implementar. Através da Tabela 5.6 é possível observar que em todos os ensaios a *tag* foi lida corretamente várias dezenas de vezes. Mesmo diminuindo a potência e restringindo a área de leitura da antena, o sistema demonstrou sempre um comportamento adequado.

Tabela 5.6 - Características dos ensaios realizados e quantidade de leituras efetuadas nas instalações da empresa de distribuição postal

Ensaio	Potência [dBm]		Quantidade de Leituras
1	Antena 1	29,2	75
	Antena 2	29,2	
2	Antena 1	20	64
	Antena 2	29,2	
3	Antena 1	17	43
	Antena 2	29,2	
4	Antena 1	17	49
	Antena 2	29,2	
5	Antena 1	15	45
	Antena 2	29,2	

Os resultados obtidos nas instalações da empresa de distribuição postal foram muito satisfatórios, uma vez que demonstraram um desempenho por parte do sistema, congruente com os ensaios efetuados nos laboratórios da ANACOM.

Com o intuito de perceber até que distância a antena conseguia detetar o objeto com a *tag*, os valores de potência de ambas as antenas foram maximizadas para 29,2 dBm. Visto que o sistema estava sobre uma ponte metálica e o objeto com a *tag* encontrava-se na mão de um colaborador no solo é necessário considerar várias particularidades. Uma vez que a antena se encontrava na ponte metálica, para saber “em linha reta” qual o valor máximo que a antena consegue ler a *tag* é necessário recorrer ao Teorema de Pitágoras. Sabendo que a ponte está aproximadamente a 2,5 m do chão e que o colaborador está a 7 m da ponte, é possível calcular a distância de leitura máxima, sendo esta, aproximadamente de 7,5 m. Este resultado demonstra que a distância não é uma medida que sofra degradação na presença da *sorter* em funcionamento.

Obtida a distância e com as características da *tag* ZBR4000 e do DSE em questão, é possível determinar o *link-budget*. O *link-budget* é uma forma de contabilizar todos os ganhos e perdas de um sistema de comunicações e permite quantificar o desempenho da comunicação, sendo calculado através da equação 5.1.

$$P_{RX_{int}} = P_{RX_{tag}} - R_L + G_E + G_R - L_{FS} \quad (5.1)$$

Onde:

$P_{RX_{int}}$ – Potência recebida no interrogador [dBm];

$P_{RX_{tag}}$ – Potência recebida na *tag* [dBm];

R_L – *Return Loss* [dB];

G_E – Ganho de emissão [dBi];

G_R – Ganho de receção [dBi];

L_{FS} – Perdas em espaço-livre [dB].

A potência recebida na *tag*, $P_{RX_{tag}}$, é calculada a partir da equação seguinte:

$$P_{RX_{tag}} = P_{E_{int}} + G_E + G_R - L_{FS} \quad (5.2)$$

Onde:

$P_{E_{int}}$ – Potência de emissão do interrogador [dBm].

Recorrendo às características técnicas do DSE, é aferido que a potência de emissão do mesmo é de 33 dBm e que o ganho da antena de emissão é 6 dBi. As especificações técnicas da *tag* ZBR4000

referem que a mesma é constituída por um *chip* NXP UCODE 8, que por consultar às suas características técnicas, disponível em [NXPD21], é possível verificar que a antena da *tag* ZBR4000 tem um ganho de 2,15 dBi. As perdas em espaço-livre são calculadas através da seguinte equação:

$$L_{FS} = 32.4 + 20 \log(d) + 20 \log(f) \quad (5.3)$$

Onde:

d - Distância [km];

f - Frequência [MHz];

Sabendo que a distância medida foi de 7,5 m e que a frequência de trabalho do equipamento é 868 MHz, através da equação 5.3 é possível aferir que as perdas em espaço-livre apresentam uma atenuação de aproximadamente 48,67 dB. Substituindo os valores da equação 5.2, constata-se que:

$$P_{RX_{tag}} = 33 + 2.15 + 6 - 48.67 \approx -7.522 \text{ dBm}$$

Dada a impossibilidade da medição do valor de *return loss*, que cai fora do âmbito deste trabalho, considerou-se o pior cenário possível. Este cenário caracteriza-se por uma potência recebida no interrogador de valor igual à sensibilidade máxima de recepção. É especificado pelo fabricante que o DSE em causa apresenta uma sensibilidade máxima de recepção de -86 dBm. Para a equação 5.1 já todas as variáveis são conhecidas, à exceção da variável *return loss*. Como tal, é possível adequar a equação 5.1 para calcular o *return loss*, tal como a equação 5.4:

$$R_L = P_{RX_{tag}} + G_E + G_R - L_{FS} - P_{RX_{int}} \quad (5.4)$$

Se for aplicada à equação 5.4, os valores suprarreferidos,

$$R_L \approx -7.522 + 6 + 2.15 - 48.67 - 86 \approx 37.96 \text{ dB}$$

Constata-se que o valor calculado para a variável *return loss* é de 37,96 dB. Este valor obtém-se na melhor condição possível, ou seja, quando as antenas do interrogador e da *tag* estão diretamente viradas uma para a outra, onde a atenuação é mínima. O *return loss* caracteriza-se pela relação entre a potência emitida e retornada pela *tag*, isto é, o nível de potência perdida no processo de “reflexão”.

O valor conseguido na equação 5.4 encontra-se dentro do esperado, uma vez que, segundo as pesquisas bibliográficas elaboradas, os artigos encontrados relacionados com *tags* RFID nas faixas de frequências de 865 a 868 MHz indicam um valor aproximado de *return loss*. Nomeadamente, o artigo sobre “*Theory and Measurement of Backscattering from RFID Tags*” [PVKV06], apresenta um método para medir o *backscattering* de *tags* RFID a operar em UHF. Para tal, foi medido o *return loss* da *tag*

tendo este estudo registado valores entre 30 e 40 dB, na faixa de frequências de 868 MHz. Outro artigo que sustenta o valor encontrado com a equação 5.4 é sobre “*Dual-band Dipole Antenna for ISO 18000-6/ISO 18000-4 Passive RFID Tag Applications*” [SJYY06]. Este artigo é sobre o estudo das características de radiação das *tags* na faixa de frequências de 860 a 960 MHz e 2.4 a 2.5 GHz, ISO 18000-6 e ISO 18000-4, respetivamente. Através de simulações, tal como no primeiro artigo descrito, o valor de *return loss* medido encontrava-se próximo dos 40 dB. Assim, podemos concluir que os valores teóricos tal como as medidas efetuadas estão de acordo.

CONCLUSÃO

O principal objetivo desta dissertação final de mestrado foi verificar a possibilidade de instalação de um novo sistema de controlo, nomeadamente um sistema baseado na tecnologia RFID, no ambiente industrial de uma empresa de distribuição postal num estudo relativamente.

Numa fase inicial desta dissertação, foi necessário aprofundar os conhecimentos sobre a tecnologia RFID, bem como o seu modo de funcionamento e vantagens. Considerando que esta tecnologia é bastante versátil e que existe um grande leque de possibilidade de implementação destes sistemas, é preciso ter em conta as diferentes características dos mesmos, mesmo que a finalidade seja a mesma, o ambiente de propagação deve ser previamente conhecido para se adotar a *tag* mais adequada.

Os componentes integrantes destes sistemas são interrogadores, *tags* e o *SDK* apropriado. Dependendo da faixa de frequências que lhes é atribuída, as características no desempenho do sistema podem variar bastante, mais precisamente, a capacidade de penetração em diversos materiais, o alcance e a velocidade do sinal. Relativamente aos interrogadores, tal como anteriormente mencionado, estes podem ser só de leitura ou de leitura e escrita. As *tags* podem ser de três tipos de acordo com a sua fonte de alimentação, ativas, passivas e semipassivas, sendo que existem outras características que caracterizam as *tags* na escolha para integrar um sistema.

Um aspeto bastante importante é a normalização, pois é cada vez mais utilizada como um meio para se alcançar a redução de custo da produção e do produto final, mantendo ou melhorando a sua qualidade. A normalização, tal como o nome indica, elabora e implementa normas e outros documentos normativos a fim de estabelecer disposições para utilização comum e repetida para determinados contextos.

6.1. Sumário dos Resultados

Com a elaboração deste trabalho foi verificado o correto funcionamento do DSE perante interferências e perturbações, tanto nos ensaios laboratoriais como nos ensaios realizados nas instalações da empresa de distribuição postal, tal como se pode verificar na Tabela 6.1.

Tabela 6.1 - Resultados dos ensaios laboratoriais e dos ensaios em ambiente industrial realizados

Área	Descrição	Conforme	Não conforme
Radiofrequência	Potência Aparente Radiada do Interrogador	X	
	Largura de Feixe da Antena do Interrogador	X	
	Potência Aparente Radiada BT781	X	
	Potência Aparente Radiada BT713	X	
	Potência Aparente Radiada Silverline Classic II	X	
	Potência Aparente Radiada ZBR 4000	X	
EMI	CEM.07 – Tensão perturbadora aos terminais de alimentação	X	
	CEM.01 – Campo elétrico perturbador radiado	X	
EMS	CEM.03 – Imunidade a campos eletromagnéticos radiados	X	
	CEM.02 – Imunidade a descargas eletrostáticas	X	
	CEM.05 – Imunidade a ondas de choque	X	
Ambiente Industrial	Teste 1	X	
	Teste 2	X	
	Teste 3	X	
	Teste 4	X	
	Teste 5	X	

A avaliação de desempenho do DSE, nos ensaios laboratoriais de CEM, é medida de duas formas distintas que devem traduzir o mais fielmente possível a realidade de funcionamento do DSE. A primeira opção é através da validação de um relatório produzido por um software com o intuito de atingir o mais alto nível de precisão e confiabilidade. A segunda opção rege-se por critérios de performance. De acordo com a CISPR 35, estes critérios destinam-se a avaliar o impacto de uma perturbação e devem considerar o desempenho do DSE antes e após a realização do ensaio.

Nos ensaios de radiofrequência, o DSE é conectado via cabo a um analisador de espectro que permite medir a potência do sinal (amplitude) no intervalo de frequência pretendido, visualizar o comportamento do sinal na sua frequência central bem como nas suas harmónicas, entre outras informações.

Com o trabalho desenvolvido na área laboratorial e com a supervisão do correto funcionamento do DSE na leitura das *tags* quando submetido aos ensaios, foi possível constatar que o mesmo se encontrava em conformidade com as normas estudadas e com a declaração de conformidade já existente do fabricante.

No que respeita à análise da conformidade do DSE, além dos aspetos técnicos, foram ainda verificados os aspetos administrativos tais como a existência de declaração de conformidade, ostentação de marcação CE, a legibilidade do tipo, do número de série e outros elementos que permitam a respetiva identificação, o nome, o nome da marca registada e o endereço postal de contato.

A análise no que respeita à área de radiofrequência permitiu assegurar que o DSE foi contruído salvaguardando uma utilização eficiente do espectro radioelétrico para evitar interferências nocivas, tendo o comportamento esperado quando submetido aos ensaios laboratoriais descritos no capítulo 4.

A análise da compatibilidade eletromagnética desta solução permitiu assegurar que as perturbações eletromagnéticas emitidas pelo DSE não excedem os níveis dos limites considerados nas normas aplicáveis. É igualmente assegurado que o DSE apresenta um nível previsível de imunidade a interferências eletromagnéticas, garantindo-se assim que não existe uma deterioração inaceitável no normal funcionamento do DSE.

Os ensaios no ambiente industrial da empresa de distribuição postal foram bastante positivos uma vez que, para além de confirmarem os resultados obtidos no laboratório, ajudaram a fortificar a possibilidade da aquisição deste sistema para substituir o atual. O desfecho destes ensaios foi sem dúvida bastante enriquecedor por várias razões:

- Reforço dos resultados obtidos nos ensaios laboratoriais;
- Verificação do correto desempenho de comunicação do sistema no ambiente industrial;
- Contribuição para uma escolha mais consciente e acertada aquando da compra do sistema.

De acordo com o estudo efetuado durante esta dissertação, é possível afirmar que esta solução, irá permitir acelerar o processo de controlo, uma vez que a solução proposta possibilita a leitura simultânea de itens postais com recurso às *tags*, potencializando assim a quantidade de itens registados num determinado intervalo de tempo. O processo moroso atualmente sentido, será

exponencialmente reduzido devido à implementação deste sistema, podendo tornar o processo autónomo e eficaz, reduzindo assim as encomendas rejeitadas e por essa via os custos de operação.

6.2. Limitações

A principal limitação foi o facto de não ter sido possível efetuar o ensaio das emissões espúrias na *tag* e no interrogador devido à inexistência de um filtro *notch* nas instalações da ANACOM. Este facto traduziu-se na impossibilidade de realização de alguns ensaios da norma EN 302 201 v3.3.1. Com o recurso a um filtro *notch* teria sido possível obter uma conclusão mais fundamentada e documentada sobre a conformidade integral do equipamento de acordo com a respetiva norma. Como não havia essa possibilidade procedeu-se à elaboração dos testes possíveis com o material disponível na ANACOM.

6.3. Trabalho Futuro

Mesmo tendo chegado ao fim desta dissertação, existem mais etapas que devem ser desenvolvidas para retirar o melhor proveito possível do sistema a implementar. Neste sentido, como sugestões de trabalhos futuros e de melhorias, propõe-se:

- Aquisição do filtro *notch* para realizar os restantes testes da norma ETSI EN 302 208 v3.3.1 que não foram realizados nesta fase;
- Aquando da obtenção do sistema, realizar vários testes relativamente à instalação do mesmo de forma a maximizar a sua eficácia;
- Após a instalação do sistema efetuar uma monitorização, com o intuito de avaliar o impacto das interferências emitidas e das interferências recebidas de forma a garantir que o novo sistema não perturba o bom funcionamento dos restantes equipamentos, nem é perturbado pelos mesmos.

BIBLIOGRAFIA

- [ADMO15] Advanced Mobile Group. (2015). [Online]. Disponível em:
(<https://www.advancedmobilegroup.com/blog/how-zara-controls-stock-with-rfid>)
- [AICE19] AICEP. (2019). [Online]. Disponível em:
(aicep.com/wp-content/uploads/2020/11/Artigo_3.pdf)
- [ALGU13] A. Gutierrez et al., "High-frequency RFID tag survivability in harsh environments," 2013 IEEE International Conference on RFID (RFID), Orlando, FL, USA, 2013, pp. 58-65, doi: 10.1109/RFID.2013.6548136.
- [ANCE22] ANACOM. (2022). [Online]. Disponível em:
(<https://www.anacom.pt/render.jsp?categoryId=341136>)
- [ANDI10] Ana Cristina de Carvalho Dias. ANACOM. (2010). [Online]. Disponível em:
(https://www.anacom.pt/streaming/aeroportos.pdf?contentId=1050722&field=ATTACHED_FILE)
- [ANDL15] ANACOM (2015). [Online]. Disponível em:
(<https://www.anacom.pt/render.jsp?contentId=1349601>)
- [ANDL17] ANACOM. (2017). [Online]. Disponível em:
(<https://www.anacom.pt/render.jsp?contentId=1411600>)
- [ANET23] ANACOM. [Online]. Disponível em:
(<https://www.anacom.pt/render.jsp?categoryId=8013>)
- [ANFS11] ANACOM. (2011). [Online]. Disponível em:
(<https://www.anacom.pt/render.jsp?categoryId=34658>)
- [ANLE22] ANACOM. (2022). [Online]. Disponível em:
(https://www.anacom.pt/streaming/LEA_Ensaios_do_tipoA_Versao30.pdf?contentId=1085970&field=ATTACHED_FILE)

- [ANNO11] ANACOM. (2011). [Online]. Disponível em:
(<https://www.anacom.pt/render.jsp?categoryId=165902>)
- [ANSM11] ANACOM. (2011). [Online]. Disponível em:
(https://www.anacom.pt/streaming/Supervisao.pdf?contentId=1134921&field=ATTACHED_FILE)
- [APSE23] APSEI. [Online]. Disponível em: (<https://www.apsei.org.pt/normalizacao/a-normalizacao-em-portugal/>)
- [ASTR19] Astron. (2019). [Online]. Disponível em: (<https://astron.by/en/solutions/rfid-solution-test/>)
- [BBCN19] BBC. (2019). [Online]. Disponível em: (<https://www.bbc.com/news/business-48859331>)
- [BHAV23] Embibe. (2023). [Online]. Disponível em: (<https://www.embibe.com/exams/types-of-polarisation/>)
- [CENE06] EN 61000-4-3:2006, Eletromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4.3: Testing and measurements techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test (IEC 61000-4-3:2006), 2006
- [CENE09] EN 61000-4-2:2009, Eletromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4.2: Testing and measurements techniques – Electrostatic discharge immunity test (IEC 6100-4-2:2008), 2009
- [CENE14] EN 61000-4-5:2014, ed. 3.0, Eletromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4.5: Testing and measurements techniques – Surge immunity test (IEC 61000-4-5:2014), 2014
- [CENE15] EN 55032:2015, Eletromagnetic Compatibility of Multimedia Equipment – Emission Requirements (CISPR 32:2015), 2015
- [CENE17] EN 55035:2017, Eletromagnetic Compatibility of Multimedia Equipment – Immunity Requirements (CISPR 35:2016), 2017
- [CISP15] CISPR 32:2015, ed. 2.0, Eletromagnetic Compatibility of Multimedia Equipment – Emission Requirements, 2015
- [CISP16] CISPR 35:2016, ed. 1.0, Eletromagnetic Compatibility of Multimedia Equipment – Immunity Requirements, 2016
- [COS23] Atlas Confidex Silverline Classic II. [Online]. Disponível em:
(https://rfid.atlasrfidstore.com/hubfs/1_Tech_Spec_Sheets/Confidex/ATLAS%20Confidex%20Silverline%20Classic%20II%E2%84%A2%20RFID%20Tag%20Data%20Sheet.pdf)
- [DECA23] Decathlon. [Online]. Disponível em:
(<https://www.decathlon-united.media/media/decathlon-united-rfid-en>)

- [DELT18] Delta. (2018). [Online]. Disponível em: (<https://news.delta.com/iata-segue-o-exemplo-da-delta-e-exige-adocao-de-etiqueta-rfid-na-bagagem>)
- [ETSI20] ETSI (2020). [Online]. Disponível em:
(https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302200_302299/302208/03.03.01_60/en_302208v030301p.pdf)
- [ETSI23] ETSI. [Online]. Disponível em: (<https://www.etsi.org/about>)
- [GS1E23] GS1 (2023). [Online]. Disponível em: (<https://www.gs1.org/epcglobal>)
- [GS1G18] GS1 (2015). [Online]. Disponível em:
(https://www.gs1.org/sites/default/files/docs/epc/gs1-epc-gen2v2-uhf-airinterface_i21_r_2018-09-04.pdf)
- [IATA19] IATA. (2019). [Online]. Disponível em:
(<https://www.iata.org/contentassets/638cad2c0eb6464eaa4ae176a2b98bcb/2019-06-02-05-pt.pdf>)
- [IPQN19] Instituto Português de Qualidade (2019). [Online]. Disponível em:
(<https://storagewebsiteipq.blob.core.windows.net/website/Principios-da-normalizacao-2019.pdf>)
- [IPQN20] "Modificar e transformar o nosso planeta através dos 17 objetivo para o Desenvolvimento Sustentável é a meta das Nações Unidas até 2030", Instituto Português de Qualidade (2020). [Online]. Disponível em:
(https://storagewebsiteipq.blob.core.windows.net/website/Brochura-ODS_2020-1-6425a7f077a51.pdf)
- [IPQN23] Instituto Português de Qualidade (2023). [Online]. Disponível em:
(<https://www.ipq.pt/normalizacao/>)
- [ISO113] International Organization for Standardization (2013). [Online]. Disponível em:
(<https://www.iso.org/standard/56692.html>)
- [ISOI21] ISO/IEC 18000-63, ed. 3.0, Information technology — Radio frequency identification for item management — Part 63: Parameters for air interface communications at 860 MHz to 960 MHz Type C, 2021
- [IIEC05] IEC 61000-4-5:2005, ed. 2.0, Eletromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4.5: Testing and measurements techniques – Surge immunity test, 2005
- [IIEC06] IEC 61000-4-3:2006, ed. 3.0, Eletromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4.3: Testing and measurements techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test, 2006
- [IIEC08] IEC 61000-4-2:2008, ed. 2.0, Eletromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4.2: Testing and measurements techniques – Electrostatic discharge immunity test, 2008

- [MZJA11] M. Al-Zewairi, J. Alqatawna and O. Al-Kadi, "Privacy and security for RFID Access Control Systems: RFID Access Control Systems without back-end database," 2011 IEEE Jordan Conference on Applied Electrical Engineering and Computing Technologies (AEECT), Amman, Jordan, 2011, pp. 1-6, doi: 10.1109/AEECT.2011.6132520.
- [NXPD21] NXP (2021). [Online]. Disponível em: (https://www.nxp.com/docs/en/datasheet/SL3S1205_15.pdf)
- [PVKV06] P. V. Nikitin and K. V. S. Rao, "Theory and measurement of backscattering from RFID tags," in IEEE Antennas and Propagation Magazine, vol. 48, no. 6, pp. 212-218, Dec. 2006, doi: 10.1109/MAP.2006.323323.
- [QNAF23] ANACOM (2023). [Online]. Disponível em: (<https://www.anacom.pt/render.jsp?categoryId=348130>)
- [SITE23] Google. [Online]. Disponível em: (<https://sites.google.com/site/nearcommunications/tecnologia-rfid>)
- [SJYY06] Seunggil Jeon, Yeonsik Yu, Sungtek Kahng, Juderk Park, NaeSoo Kim and Jaehoon Choi, "Dual-band Dipole Antenna for ISO 18000-6/ISO 18000-4 Passive RFID Tag Applications," 2006 IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, Albuquerque, NM, USA, 2006, pp. 4285-4288, doi: 10.1109/APS.2006.1711578.
- [SUSM14] Atlas RFID Store. (2014). [Online]. Disponível em: (<https://www.atlasrfidstore.com/rfid-insider/uhf-rfid-frequency-regulations>)
- [TAME10] Tanvi Mehta, "Convert UHF RFID Tag from Passive to Semi-Passive Tag using External Power Sources", 2010. Disponível em: (https://rc.library.uta.edu/uta-ir/bitstream/handle/10106/5524/Mehta_uta_2502M_10921.pdf?sequence=1)
- [TOBJ14] T. Björninen, J. Virkki, L. Sydänheimo and L. Ukkonen, "Impact of recurrent washing on the performance of electro-textile UHF RFID tags," 2014 IEEE RFID Technology and Applications Conference (RFID-TA), Tampere, Finland, 2014, pp. 251-255, doi: 10.1109/RFID-TA.2014.6934238.
- [TTMS23] TTimes Microwave Systems. [Online]. Disponível em: (<https://timesmicrowave.com/wp-content/uploads/2022/06/lmr-240-datasheet.pdf>)
- [TUAI23] Turkish Airlines. [Online]. Disponível em: (<https://www.turkishairlines.com/pt-int/any-questions/rfid/>)
- [UKAS23] UKAS Publications List. (2023). [Online]. Disponível em: (<https://www.ukas.com/wp-content/uploads/2023/01/UKAS-Publications-List.pdf>)
- [VIFR19] V. Franchina, A. Ria, A. Michel, P. Bruschi, P. Nepa and A. Salvatore, "A Compact UHF RFID Ceramic Tag for High-Temperature Applications," 2019 IEEE International

Conference on RFID Technology and Applications (RFID-TA), Pisa, Italy, 2019, pp. 480-483, doi: 10.1109/RFID-TA.2019.8892217.

- [YOEU22] Your Europe. (2022). [Online]. Disponível em: (https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/standards/standards-in-europe/index_pt.htm)
- [ZEAN20] Zebra. (2020). [Online]. Disponível em: (https://www.zebra.com/content/dam/zebra_dam/en/spec-sheets/uhf-rfid-antennas-spec-sheet-en-us.pdf)
- [ZEBR19] Zebra. (2019). [Online]. Disponível em: (https://www.zebra.com/content/dam/zebra_new_ia/en-us/solutions-verticals/product/Supplies/rfid/zbr4000/spec-sheet/zbr4000-rfid-inlay-spec-sheet-en-us.pdf)
- [ZEBT16] Zebra. (2016). [Online]. Disponível em: (https://www.zebra.com/content/dam/zebra_new_ia/en-us/solutions-verticals/product/Supplies/Labels%20and%20Tags/spec-sheet/bt713-inlay-spec-sheet-en-gb.pdf)
- [ZEBT21] Zebra. (2021). [Online]. Disponível em: (https://www.zebra.com/content/dam/zebra_new_ia/en-us/solutions-verticals/product/Supplies/Labels%20and%20Tags/spec-sheet/bt781-rfid-inlay-spec-sheet-en-us.pdf)
- [ZEDC22] Zebra. (2022). [Online]. Disponível em: (https://www.zebra.com/content/dam/zebra_new_ia/en-us/corporate-and-brand/compliance/declarations-of-conformity/fx9600-doc-eu-reve-with-pg2.pdf)
- [ZEFX23] Zebra. (2023). [Online]. Disponível em: (<https://www.zebra.com/br/pt/products/spec-sheets/rfid/rfid-readers/fx9600.html>)
- [ZERF21] Zebra. (2019). [Online]. Disponível em: (https://www.zebrasupplies.nl/product_doc/RFID-Catalogue.pdf)
- [ZERF23] Zebra. (2023). [Online]. Disponível em: (<https://www.zebra.com/us/en/support-downloads/software/utilities/123rfid.html>)

| 8

ANEXOS

ANEXO A – Características do DSE

FICHA DE ESPECIFICAÇÕES DO PRODUTO
LEITOR DE RFID UHF FIXO FX9600

Especificações

Características físicas	
Dimensões	10,75 pol. C x 7,25 pol. L x 2,0 pol. P 27,3 cm C x 18,4 cm L x 5,0 cm P
Peso	Aproximadamente 4,4 lbs / 2,0 kg
Material da caixa	Alumínio fundido, atende aos padrões IP53
Indicadores visuais de status	LEDs multicoloridos: Energia, Atividade, Status e Aplicativos
Características da RFID	
Máxima sensibilidade de recebimento	monoestática de -86 dBm
Protocolos de ar	ISO 18000-63 (EPC Classe 1 Gen 2 V2)
Frequência (banda de UHF)	Leitor global: 902 MHz - 928 MHz (também suporta países que usam uma parte dessa banda), 865 MHz - 868 MHz Leitor para os EUA (apenas): 902 a 928 MHz
Saída de energia de transmissão	0 dBm a +33,0 dBm: Fonte de alimentação PoE+, 24 V externa CC, universal de 24 V CC; 0dBm a +31,5 dBm: Fonte de alimentação PoE+, 12 V externa CC (modelos de 4 portas apenas), 24 V externa CC universal de 24 V CC
Conectividade	
Comunicações	10/100 BaseT Ethernet (RJ45); USB host e cliente (Type A e B); serial (DB9)
E/S com finalidade geral	4 entradas, 4 saídas, opticamente isoladas (bloco de terminação)
Alimentação	POE (802.3af) POE+ (802.3at) +24 V CC (Aprovado pelo UL)
Portas de antena	FX9600-4: 4 portas monoestáticas, (TNC de polaridade invertida) FX9600-8: 8 portas monoestáticas, (TNC de polaridade invertida)
Ambientais	
Temperatura de operação	-4 °F a +131 °F/-20 °C a +55 °C
Temperatura de armazenamento	-40 °F a +158 °F/-40 °C a +70 °C
Umidade	5% a 95%, não condensante
Vedação	IP53
Gerenciamento de hardware, sistema operacional e firmware	
Processador	Texas Instruments AM3505 (600 MHz)
Memória	512 MB de flash; 256 MB de DRAM
Sistema operacional	Linux
Atualização de firmware	Recursos de atualização de firmware remota e pela Web
Protocolos de gerenciamento	RM 1.0.1 (com XML, por HTTP/HTTPS e binding SNMP); RDMIP
Serviços de rede	DHCP, HTTPS, FTPS, SFTP, SSH, HTTP, FTP, SNMP e NTP
Pilha de rede	IPv4 e IPv6
Segurança	Transport Layer Security Ver 1.2, FIPS-140
Suporte a API	Aplicativos host – EMDK para .NET, C e Java Aplicativos embutidos – SDK para C e Java
Conformidade regulatória	
Segurança	UL 60950-01, UL 2043, IEC 60950-1, EN 60950-1
RF/EMI/EMC	FCC Parte 15, RSS 210, EN 302 208, ICES-003 Classe B, EN 301 489-1/3 para a Malásia: 919 - 923 MHz
SAR/MPE	FCC 47CFR2.0ET Boletm 65; EN50364

Outro	ROHS, WEEE
Conformidade ambiental	
Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> Diretiva de RoHS 2011/65/EU, emenda 2015/863 REACH SVHC 1907/2006 Para obter uma lista completa de conformidade do produto e dos materiais, visite www.zebra.com/environment
Garantia	
O FX9600-4 e o FX9600-8 têm garantia contra defeitos de fabricação e de material pelo período de um ano (12 meses) a partir da data da remessa, desde que o produto não seja modificado e seja operado em condições normais e apropriadas. Para ler a garantia completa, acesse: www.zebra.com/warranty	
Serviços recomendados	
Serviço e suporte	Zebra OneCare™; On-Site System Support
Serviços avançados	Serviços de projeto e implantação de RFID
Notas de rodapé	
*Configurações sem um hub USB requerem um hub USB externo para funcionalidade USB completa	
As especificações estão sujeitas a alterações sem aviso prévio.	

Figura A.1 - Características técnicas do interrogador FX9600 [ZEFX23]

ANEXO B – Características do equipamento auxiliar

BROCHURE
ZEBRA UHF RFID ANTENNAS

Zebra AN480 Wide-Band RFID Antenna

High-performance, wide-band antenna for worldwide use

The AN480 single port antenna offers maximum performance and flexibility. The low axial ratio is nearly 50 percent lower than typical competitive devices, delivering a more uniform gain — and better performance. The wide frequency range enables this antenna to be utilized in worldwide deployments, providing cost-efficiencies and a simplified RFID infrastructure. The AN480 can be installed throughout the enterprise in manufacturing and warehouse floor environments, or any dock door receiving application. As with all Zebra antennas, the AN480 uses Zebra's standard mounting bracket — mounting the antenna for the first time or upgrading an existing Zebra antenna with the AN480 is fast and easy.



AN480 Specifications

PHYSICAL CHARACTERISTICS	
Polarization	Left-hand circular or Right-hand circular
Dimensions	259.1 mm x 259.1 mm x 33.5 mm/ 10.2 in. x 10.2 in x 1.32 in.
Connector	N-Type Female
Connector Location	Rear
Mounting Options	Mounting studs provided
Weight	2.5 lbs./1.13 kg
Casing/Materials	Aluminum with white plastic cover
Frequency Ranges	865 – 956 MHz
VSWR (Return Loss)	1.3:1

Gain	6.0 dBIL
Front to Back Ratio	18 dB
3 dB Beam Width	65° in both planes
Maximum Power	2 Watts
Axial Ratio	1.5 dB typical
Operating Temperature	-25° to +70°C/-13° to +158°F
Storage Temperature	-40° to +70°C/-40° to +158°F
IP Sealing	IP54
Vibration	IEC-68 series
Humidity	IEC-68-2-30

TAA Compliance: No

Vertical Markets

- Retail
- Enterprise/office
- Hospitality
- Healthcare

Applications

- Point-of-sale
- Choke points
- Hallways

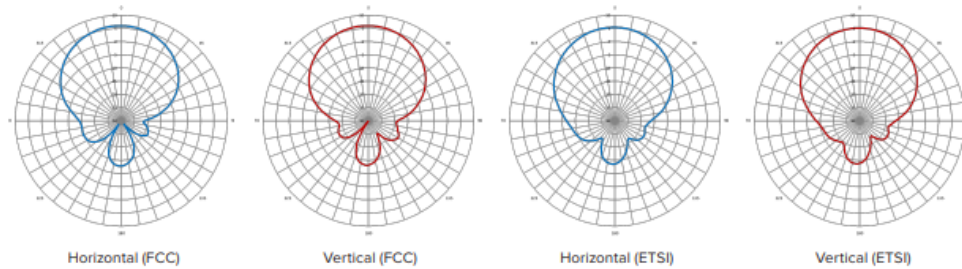


Figura B.2 – Caraterísticas técnicas das antenas AN480 [ZEAN20]

LMR[®]-240 Flexible Low Loss Communications Coax

Ideal for...

- Jumper Assemblies in Wireless Communications Systems
- Short Antenna Feeder runs (e.g. WLL, GPS, LMR, Mobile Antennas)
- Any application (e.g. WLL, GPS, LMR, WLAN, WISP, WiMax, SCADA, Mobile Antennas) requiring an easily routed, low loss RF cable



Part Description				
Part Number	Application	Jacket	Color	Stock Code
LMR-240	Outdoor	PE	Black	54021
LMR-240-DB	Outdoor/Watertight	PE	Black	54090
LMR-240-FR	Indoor/Outdoor Riser	CMR FRPE	Black	54029
LMR-240-FR-PVC	Indoor/Outdoor Riser	CMR FRPVC	Black	54214
LMR-240-PVC	General Purpose	PVC	Black	54140
LMR-240-PVC-W	General Purpose	PVC	White	54202
LMR-240-MA	Indoor & Mobile Antenna	PVC	Black	54046

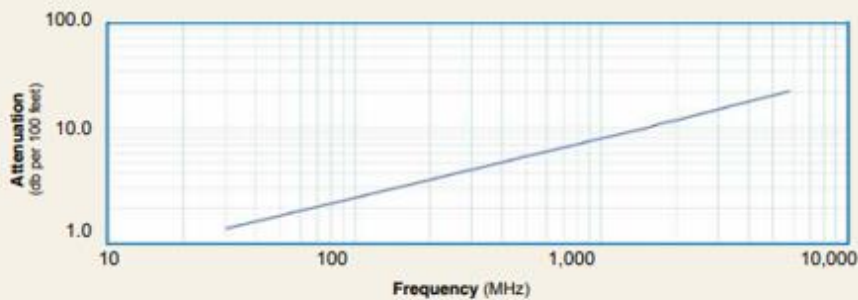
Environmental Specifications		
Performance Property	F	C
Installation Temperature Range	-40/+185	-40/+85
Storage Temperature Range	-94/+185	-70/+85
Operating Temperature Range	-40/+185	-40/+85

Mechanical Specifications			
Performance Property	Units	US	(metric)
Bend Radius: installation	in. (mm)	0.75	(19.1)
Bend Radius: repeated	in. (mm)	2.5	(63.5)
Bending Moment	ft-lb (N-m)	0.25	(0.34)
Weight	lb/ft (kg/m)	0.034	(0.05)
Tensile Strength	lb (kg)	80	(36.3)
Flat Plate Crush	lb/in. (kg/mm)	20	(0.36)

Construction Specifications		
Description	Material	In. (mm)
Inner Conductor	Solid BC	0.056 (1.42)
Dielectric	Foam PE	0.150 (3.81)
Outer Conductor	Aluminum Tape	0.155 (3.94)
Overall Braid	Tinned Copper	0.178 (4.52)
Jacket	(see table)	0.240 (6.10)

Electrical Specifications		
Performance Property	Units	US (metric)
Velocity of Propagation	%	83
Dielectric Constant	NA	1.42
Time Delay	nS/ft (nS/m)	1.21 (3.97)
Impedance	ohms	50
Capacitance	pF/ft (pF/m)	24.2 (79.4)
Inductance	uH/ft (uH/m)	0.060 (0.20)
Shielding Effectiveness	dB	>90
DC Resistance		
Inner Conductor	ohms/1000ft (ohms/km)	3.2 (10.5)
Outer Conductor	ohms/1000ft (ohms/km)	3.89 (12.8)
Voltage Withstand	Volts DC	1500
Jacket Spark	Volts RMS	5000
Peak Power	kW	5.6

Attenuation vs. Frequency (typical)



Frequency (MHz)	30	50	150	220	450	900	1500	1800	2000	2500	5800	8000
Attenuation dB/100 ft	1.3	1.7	3.0	3.7	5.3	7.6	9.9	10.9	11.5	12.9	20.4	24.3
Attenuation dB/100 m	4.4	5.7	9.9	12.0	17.3	24.8	32.4	35.6	37.7	42.4	66.8	79.7
Avg. Power kW	1.49	1.15	0.66	0.54	0.38	0.26	0.20	0.18	0.17	0.15	0.10	0.08

Figura B.3 - Características técnicas dos cabos coaxiais LMR240 [TTMS23]

ANEXO C – Caraterísticas das tags

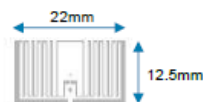
TECHNICAL SPECIFICATION SHEET
Boingtech BT713 Inlay

Boingtech BT713 Inlay



Features

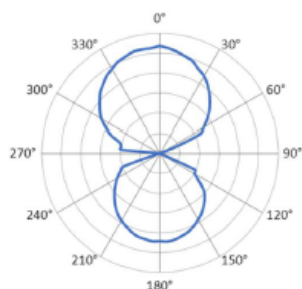
- Small form factor
- Pre-tested with Zebra printers and readers
- Applications: Small item tracking
- Global item – works with FCC and ETSI frequencies



Technical Specification

- IC: NXP UCODE 8
- Read Sensitivity: -23dBm
- Write Sensitivity: -18dBm
- EPC Memory: 128 bit
- User Memory: N/A
- TID: 96 bit factory locked (48 bit unique)
- EPC Gen2v2
- Operating Temperature: -40°C to 85°C

Radiation Pattern



*Theoretical read range and orientation data is for guidance only. Actual performance will depend on your application and environment. Testing is recommended.

*Theoretical Read Range (m)

Material	ETSI (865-868 MHz)	FCC (902-928 MHz)
Air	1	3
Cardboard	4	3
Fiberglass	1	1
Glass	1	1
PTFE	7	3
Polyacetyl	2	1
PVC	1	1
Rubber	1	1

Testing and Compliance

All inlays certified by Zebra have been pre-tested with Zebra printers and readers

Material Testing in End Application

The information contained in this document is to be used for guidance only and is not intended for use in setting specifications. All purchasers of Zebra products shall be solely responsible for independently determining the product conforms to all requirements of their unique application.

Suggested Applications

- RFID labeling



- Small item tracking



Figura C.4 - Caraterísticas técnicas das tags BT713 [ZEBT16]

Specifications

Technical Information	
Chip	NXP UCODE 3
EPC memory	128 bit
User memory	N/A
TID	96 bit factory locked (96 bit unique)
Read Sensitivity	-21 dBm
Write Sensitivity	-18 dBm
RFID Standards	EPC Gen2-U
Read Range	Up to 11 m
Theoretical Read Range: ETSI (865-868 MHz)*	
Air	8 m
Cardboard	10 m
Fiberglass	7 m
Glass	5 m
PDFE	9 m
Polycrystl	6 m
PVC	7 m
Rubber	5 m
Theoretical Read Range: FCC (902-928 MHz)*	
Air	10 m
Cardboard	7 m
Fiberglass	8 m
Glass	4 m
PDFE	8 m
Polycrystl	5 m
PVC	10 m
Rubber	4 m
Testing and Compliance	
All inlays certified by Zebra have been pre-tested with Zebra printers and readers. Meets Auburn ARC Spec F, G, M, N, Q, W, WS, WL.	
Material Testing in End Application	
The information contained in this document is to be used for guidance only and is not intended for use in setting specifications. All purchasers of Zebra products shall be solely responsible for independently determining if the product conforms to all requirements of their unique application.	

Footnotes

*Theoretical read range data is meant to be directional. Actual performance will depend on your application and environment. Testing is recommended.

Radiation Pattern

*Read range drops to 12% of maximum when inlay is perpendicular (90° and 270°) to the reading antenna. To learn more about Radiation Pattern visit zebra.com/labels.

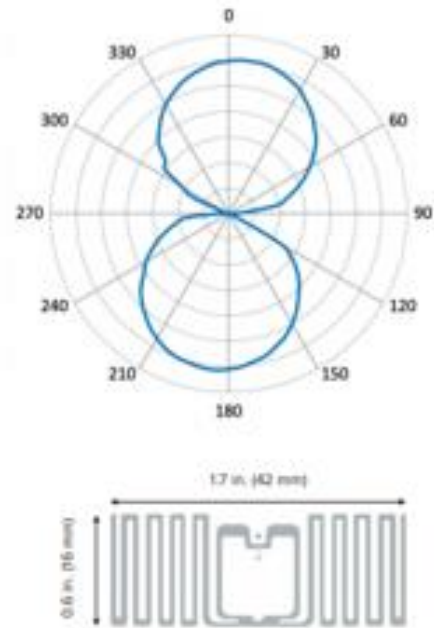


Figura C.5 - Características técnicas das tags BT781 [ZEBT21]

PRODUCT DATASHEET

Confidex Silverline Classic II™



On metal RFID label with proven durability and industry leading read range on different materials

ELECTRICAL SPECIFICATION

Device type

Class 1 Generation 2 passive UHF RFID transponder

Air interface protocol

EPCGlobal Class1 Gen2 ISO 18000-6C

Operational frequency

ETSI: 865 - 869 MHz

FCC: 902 - 928 MHz

IC type

Impinj® M730

Memory configuration

EPC 128 bit; TID 96 bit

EPC memory content

Unique random 96bit EPC in every label

Read range (2W ERP)*

ETSI and FCC

On metal up to 15 m / 50 ft

On plastic up to 9 m / 30 ft

On liquid up to 10 m / 33 ft

Applicable surface materials*

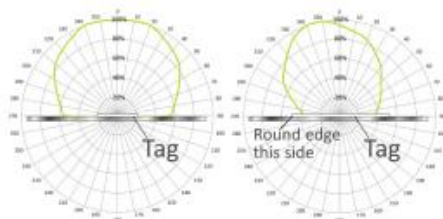
Optimized for metal but works on any surface

Attachment on curved surface

Label can be attached on a curved surface. Check installation instructions for more details.

* Read ranges are theoretical values that are calculated for non-reflective environment. Different surface materials may have an effect on performance.

RADIATION PATTERNS



MECHANICAL SPECIFICATION

Label surface

Printable white PET, Zebra 5095 resin ribbon recommended

Background adhesive

High performance acrylic adhesive optimized for metal and painted metal surfaces

Weight

2,2 g

Delivery format

250 pcs good labels on reel, bad ones marked with "XXX" printing.

Pitch on reel

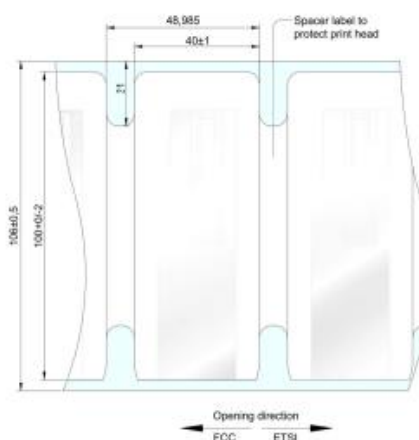
48,985 mm / 1,93"

Reel core inner diameter

76 mm / 3"

Tag dimensions

100 x 40 x 1,3 mm / 3.94 x 1.57 x 0.05"



PRINTER COMPATIBILITY

The Confidex Silverline family is designed and verified to work with the Custom Zebra ZT410 RFID Silverline and ZT411 On Metal printers. Other Zebra printers are not recommended or supported. Contact your Authorized Zebra Reseller for ordering information.

Set-up instructions and printer configurations specifically for Silverline tags and the compliant printers are available on Zebra.com or by contacting Zebra Technical Support.

Figura C.6 - Características técnicas das tags Silverline Classic II [COSC23]



ZEBRA

Zebra ZBR4000 Inlay

DETAILS

- Advanced inlay
- Optimized to be read from nearly any angle
- Performs well when placed on or near challenging materials (i.e. pallets, freight)
- Best in class read accuracy with overhead readers like Zebra ATR7000
- Applications: Case / Pallet, Freight, Assets
- Meets Auburn ARC Specs: A,B,C,D,F,G,I,K,L,M,N,Q,U



SUGGESTED APPLICATIONS

- Case/pallet labeling



- Transportation & Logistics



- Freight/Assets



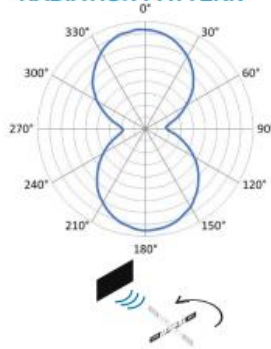
TECHNICAL INFORMATION

- Chip: NXP UCODE 8
 - EPC memory: 128 bit
 - User memory: N/A
 - TID: 96 bit factory locked (48 bit unique)
 - Read Sensitivity: -23dBm
 - Write Sensitivity: -18dBm
 - UHF RFID, EPC Gen2v2, ISO 18000-63, RAIN RFID
- Extreme high sensitivity: read range up to 20m in free space

THEORETICAL** READ RANGES ON VARIOUS SURFACES (m)

Material	ETSI (865-868 MHz)	FCC (902-928 MHz)
Air	10	17
Cardboard	14	18
Fiberglass	20	19
Glass	20	18
PTFE	17	19
Polyacetyl	19	19
PVC	18	20
Rubber	19	16

RADIATION PATTERN*



*Read range drops to 23% of maximum when inlay is perpendicular (90° and 270°) to the reading antenna.

**Theoretical read range data is meant to be directional. Actual performance will depend on your application and environment. Testing is recommended.

All inlays certified by Zebra have been pre-tested with Zebra printers and readers. For more information on Auburn's ARC specifications, testing, and the certification process, please go to rfid.auburn.edu.



Figura C.7 - Características técnicas das tags ZBR 4000 [ZEBR19]

Inlay/IC Memory























Inlay	Inlay design	IC	Inlay Size (mm)	Memory (bits)		Theoretical Read Ranges (m) ETSI 865-868 MHz					
				EPC	User	Cardboard	Glass	Polyacetyl	PVC	Metal	Liquid
Tageos EOS-200		UCODE 8	22 x 12,5	128	-	2	2	3	3	N/A	N/A
BT713		UCODE 8	22 x 12,5	128	-	4	1	2	1	N/A	N/A
BT782		MGT	22,5 x 22,5	128	512	2	N/A	1	2	N/A	N/A
BT577		MR6-P	31,5 x 18	96/128	32/64	N/A	N/A	N/A	N/A	9	N/A
BT600		UCODE 8	40 x 15	128	-	6	3	4	4	N/A	N/A
BT781		UCODE 8/9	42 x 17	128/96	-	10	5	6	7	N/A	N/A
BT546		UCODE 8	50 x 30	128	-	8	12	7	8	N/A	N/A
BT793		UCODE 9	50 X 30	96	-	14	8	11	13	N/A	N/A
Smartrac Belt		UCODE 8	70 x 14	128	-	14	9	13	14	N/A	N/A
BT573		UCODE 8	72 x 12	128	-	14	11	12	13	N/A	N/A
Smartrac Short Dipole		UCODE 8	93 x 11	128	-	13	14	13	14	N/A	N/A
Smartrac Dogbone		UCODE 8	88 x 24	128	-	14	13	12	12	N/A	N/A
Zebra ZBR2000		UCODE 8	95 x 8	128	-	15	9	11	11	N/A	N/A
Zebra ZBR2100-E		UCODE 9	95 x 8	128	-	18	8	12	13	N/A	2
BT784		Monza 4QT	95 x 8	128	512	9	9	8	9	N/A	N/A
Zebra ZBR4000		UCODE 8	91 x 35	128	-	15	16	17	18	N/A	N/A
Zebra ZBR4005		Monza 4E	95 x 45	496	128	10	10	12	12	N/A	N/A
BT295		Monza 4QT	44 x 44	128	512	7	1	5	3	N/A	N/A
Silverline Micro II		Monza R6-P	45 x 13	96/128	32/64	1,5	1,5	1,5	1,5	3,5	2
Silverline Slim II		Monza R6-P	100 x 13	96/128	32/64	3,5	4,5	3,5	4	7	4
Silverline Blade II		M730	60 x 25	128	-	4,5	2	3,5	5	10	4
Silverline Classic II		M730	100 x 40	128	-	9	12	10,5	9	15	10

Figura C.8 - Faixas de leitura teórica das várias tags em diferentes materiais [ZERF21]

ANEXO D – Monitorização do sinal recebido através do recetor de medição



Figura D.9 - Monitorização do sinal recebido através do recetor de medição

ANEXO E – Aplicação de descargas eletrostáticas no ensaio CEM.02



Figura E.10 – Aplicação de descargas eletrostáticas através de pistola

ANEXO F – Listagem dos elementos de teste utilizados nos ensaios

Tabela F.1 - Elementos de teste utilizados nos ensaios de radiofrequência

Equipamento	Marca	Modelo
Analizador de Espetro	Rohde & Schwarz	FSU 26
Antena Dipolo Cônico de Precisão	Seibersdorf	PCD3100
Antena Bilog	Schaffner	CBL6111D
Setup RX N	ANACOM	
Setup SUB SMA	ANACOM;	
Termohigrômetro digital	Rotronic	Hidrolog NT2-DP

Tabela F.2 - Elementos de teste utilizados no ensaio CEM.01

Equipamento	Marca	Modelo
Computador portátil para monitorizar o DSE		
Tags RFID para exercitar o DSE	ZEBRA	
CMAD	TESEQ	20B
Base giratória	Innco	CO3000 DT1
Antena Bilog (20 MHz a 1 GHz)	Schaffner	CBL 6111D
Antena Horn (1 GHz e 1 GHz a 6 GHz);	Rhode & Schwarz	HF 907
Mastro de antena	Innco	MA4000
Recetor EMI	Rhode & Schwarz	ESIB26

Tabela F.3 - Elementos de teste utilizados no ensaio CEM.07

Equipamento	Marca	Modelo
Computador portátil para monitorizar o DSE		
Tags RFID para exercitar o DSE	ZEBRA	
Ligação coaxial	LACLR1	ANACOM
Rede artificial trifásica	Rhode & Schwarz	ESH2-Z5

Recetor EMI	Rhode & Schwarz	ESCI
-------------	-----------------	------

Tabela F.4 - Elementos de teste utilizados no ensaio CEM.02

Equipamento	Marca	Modelo
Computador portátil para monitorizar o DSE		
Tags RFID para exercitar o DSE	ZEBRA	
CDN EM TEST T8/RJ45 para desacoplamento do porto <i>ethernet</i> ;		
Pistola de ensaio de ESD	HAEFELY	ONYX 16
VCP	ANACOM	
HCP	ANACOM	

Tabela F.5 - Elementos de teste utilizados no ensaio CEM.03

Equipamento	Marca	Modelo
Computador portátil para monitorizar o DSE		
Tags RFID para exercitar o DSE	ZEBRA	
CDN EM TEST T8/RJ45 para desacoplamento do porto <i>ethernet</i> ;		
Power meter	Rohde & Schwarz	NRX
Average Power Sensor	Rohde & Schwarz	NRP6A_NRXW004_A
Average Power Sensor	Rohde & Schwarz	NRP6A_NRXW004_B
Generator de RF	Rohde & Schwarz	SMBV100A
System control/Interface unit	Rohde & Schwarz	SCIU03
Switch&control platform	Rohde & Schwarz	OSP220
Power amplifier	Amplifier Research	200W1000M7A
Power switch unit	Rohde & Schwarz	PSU
Log. periodic antenna	Rohde & Schwarz	AT1080
Power amplifier	Rohde & Schwarz	BBA150
Log. periodic antenna,	Schwarzbeck	STLP 9149

Tabela F.6 - Elementos de teste utilizados no ensaio CEM.05

Equipamento	Marca	Modelo
Computador portátil para monitorizar o DSE		
<i>Tags</i> RFID para exercitar o DSE	ZEBRA	
<i>SURGE Generator</i>	HAEFELY	PSurge 4.1
<i>Coupling Filter</i>	HAEFELY	FP Surge 32.1