ANACOM AUTORIDADE NACIONAL DE COMUNICAÇÕES

Estudo Prospetivo de Cenários e Modelos Alternativos de Gestão do Espectro

SETEMBRO 2017

ÍNDICE

Índice **2**

1 Sumário Executivo **3**

2 Âmbito do Estudo **4**

2.1 Preâmbulo 4

2.1.1 Conceito LSA *5*

2.1.2 LSA na Faixa 2,3 – 2,4 GHz *6*

2.1.3 Serviços Incumbentes em Portugal na Faixa 2,3 – 2,4 GHz *9*

2.1.4 Arquiteturas e Blocos Funcionais de Implementações LSA *9*

2.1.5 Normas ETSI e 3GPP *11*

2.1.6 Projetos Piloto LSA em Curso *12*

2.2 Propósito e Justificação do Estudo 15

3 Objetivos do Estudo **16**

3.1 Resultados a Criar e Metas a Atingir 17

4 Importância Estratégica, Vantagens e Benefícios do Projeto **18**

5 Principais Stakeholders **19**

6 Abordagens de Implementação do Projeto **20**

1 SUMÁRIO EXECUTIVO

Este projeto pretende promover um estudo aplicado de investigação e desenvolvimento (I&D), com o envolvimento de parceiros estratégicos, que vão desde a **academia** (universidades e institutos de investigação científica), utilizadores de espectro **incumbentes** (operadores de radiodifusão televisiva, que detenham licenças de utilização do espectro na faixa dos 2,3 – 2,4 GHz), **operadores móveis** e **fabricantes de equipamentos**, com o intuito de aprofundar, na prática, os conceitos de *Licensed Shared Access* (**LSA**).

A abordagem metodológica delineada permitirá explorar e adquirir, a partir de uma sólida base experimental, conhecimento acerca das tecnologias e das inter-relações entre os diversos intervenientes nos processos associados à implementação do modelo LSA de partilha de espectro, onde se incluem os mecanismos de controlo e gestão das utilizações de espectro perspetivadas.

Neste contexto, pretende-se avaliar se, e de que forma e em que extensão, sistemas incumbentes (*Programme Making and Special Events*, v.g. **PMSE**) e sistemas móveis, são passíveis de coexistir na faixa dos 2,3 – 2,4 GHz, atentas as idiossincrasias de cada um deles.

As experiências em curso noutros países tendem a reforçar a importância e o caráter estratégico dos resultados a extrair deste tipo de estudos – que se complementam mutuamente pela diversidade de soluções inovadoras propostas e testadas –, para o desempenho das funções regulatórias que estão cometidas às Autoridades Reguladoras Nacionais (ARN), no âmbito da gestão do espectro, em cenários futuros previsíveis, devidamente alinhados com as decisões tomadas pela Comissão Europeia (CE) nesta matéria.

2 ÂMBITO DO ESTUDO

2.1 PREÂMBULO

O espectro radioelétrico é a parte do espectro eletromagnético compreendida entre 8,3 kHz e 3000 GHz, que se encontra, de acordo com o Regulamento das Radiocomunicações (RR) da União Internacional das Telecomunicações (UIT), atribuído a cerca de 40 serviços de radiocomunicações.

Enquanto recurso natural escasso, o espectro radioelétrico é um bem de domínio público, fundamental para os serviços de radiocomunicações que, por sua vez, são objeto, ao nível nacional, de legislação específica e orientações políticas próprias. Cada serviço de radiocomunicações dispõe de um enquadramento específico, bem definido, que resulta de uma análise integrada e ponderada de diversos aspetos complementares, de cariz eminentemente *técnico, económico, político, jurídico, social e ecológico*.

De acordo com a terminologia harmonizada pela UIT, uma **atribuição** (de uma faixa de frequências) consiste num registo, na Tabela de Atribuição de Frequências, de uma faixa de frequências determinada, tendo em vista a sua utilização por um, ou vários, serviços de radiocomunicações. De acordo com o preconizado no Artigo 5.º do RR da UIT-R, os serviços poderão ter uma **atribuição primária** ou **secundária**. Consequentemente, o seu estatuto confere-lhes mais ou menos direitos, de tal forma que uma **estação** de um **serviço secundário**:

- Não pode causar interferência prejudicial a estações de um serviço primário com frequências já consignadas ou que venham a ser consignadas posteriormente;
- Não pode reclamar proteção de interferência prejudicial de estações de um serviço primário com frequências já consignadas ou que venham a ser consignadas posteriormente;
- Pode reclamar proteção de interferência prejudicial de estações do mesmo serviço (secundário) ou de outro(s) serviço(s) também com o mesmo estatuto, desde que lhe tenha sido consignada a frequência em data anterior.

O processo de atribuição de espectro radioelétrico desenvolve-se por entre um vasto e abrangente conjunto de questões e procedimentos que importa ponderar, nomeadamente, o estudo dos requisitos técnicos com vista a avaliar a compatibilidade entre serviços existentes e/ou planeados, tendo em conta os avanços tecnológicos.

2.1.1 CONCEITO LSA

A utilização cada vez mais intensiva do espectro, pelos diversos sectores da sociedade, torna mais difícil, ou mesmo impossível, a identificação de faixas de frequências para uso exclusivo. Como consequência, a política do espectro e a estratégia a adotar terão forçosamente que considerar abordagens baseadas na utilização partilhada do espectro. De facto, tal como mencionado no parecer do Grupo de Políticas do Espectro Radioelétrico (RSPG), no documento RSPG13-538, o *Licensed Shared Access* (LSA) poderá contribuir para a criação de novas oportunidades de partilha de espectro, no âmbito da atribuição de direitos de utilização de frequências, salvaguardando-se, ao mesmo tempo, as utilizações existentes (que não podem ser alteradas).

O objetivo primordial do LSA consiste em viabilizar a atribuição de direitos de utilização de frequências numa base de partilha, permitindo aos detentores dos direitos a possibilidade de disponibilizarem serviços de comunicações eletrónicas com garantias de uma dada qualidade de serviço (QoS). Contudo, é necessário assegurar o cumprimento de certos requisitos de flexibilidade, de modo a que os detentores de direito de utilização de frequências (DUF), incumbentes (que já se encontrem a utilizar o espectro) e novos operadores, não vejam goradas as possibilidades e expectativas de desenvolver as suas redes e/ou tecnologias.

A título de exemplo, e considerando que a operação de um dado incumbente se encontra confinada a uma determinada área geográfica, é legítimo assumir que, por imperativos de otimização de um recurso escasso como é o espectro radioelétrico, possam existir mecanismos alternativos que viabilizem o acesso a esse mesmo espectro, por parte de operadores detentores de direitos de utilização (no âmbito do LSA), noutras zonas geográficas não conflituantes, em que essa porção de espectro está subaproveitada. Nesta linha de raciocínio, uma outra possibilidade seria a partilha do espectro no domínio do tempo.

O RSPG definiu o LSA como "*A regulatory approach aiming to facilitate the introduction of radiocommunication systems operated by a limited number of licensees under an individual licensing regime in a frequency band already assigned or expected to be assigned to one or more incumbent users. Under the LSA framework, the additional users are allowed to use the spectrum (or part of the spectrum) in accordance with sharing rules included in their rights of use of spectrum, thereby allowing all the authorized users, including incumbents, to provide a certain QoS*".

Âmbito do LSA:

- LSA é uma ferramenta complementar de gestão do espectro que assenta num *"regime de licenciamento individual"*;
- LSA facilita a introdução de novos utilizadores, numa faixa de frequências, mantendo os serviços incumbentes na faixa;
- LSA visa garantir um certo nível de garantia, em termos de acesso ao espectro e proteção contra interferências prejudiciais, quer para o operador histórico(s), quer para os licenciados LSA, permitindo-lhes assim fornecer uma qualidade de serviço previsível;
- LSA **exclui** conceitos como *"acesso oportunista ao espectro"*, *"utilização secundária"* ou *"serviço secundário"* em que o requerente não tem proteção do(s) utilizador(es) principal(ais);
- Licenciados LSA e incumbentes operam aplicações diferentes e estão sujeitos a diferentes restrições regulamentares. Ambos deverão ter acesso individual exclusivo a uma porção do espectro num determinado local e tempo;
- O primeiro caso de uso prático do LSA será o de proporcionar o acesso ao espectro adicional para serviços de banda larga móvel (MFCN – *Mobile/Fixed Communications Networks*).

Quadro de partilha:

A implementação do LSA baseia-se no conceito de um "quadro de partilha" que está sob a responsabilidade da Administração. O seu desenvolvimento requer o envolvimento de todas as partes interessadas.

O "quadro de partilha" pode ser entendido como um conjunto de regras ou condições de partilha que irá materializar a mudança, se houver, nos direitos de utilização do espectro do(s) operador(es) histórico(s) e definir o espectro, com condições técnicas e operacionais correspondentes, que pode ser disponibilizado para uso alternativo, à luz do conceito de LSA.

2.1.2 LSA NA FAIXA 2,3 – 2,4 GHZ

O primeiro caso de utilização prática do LSA será o de proporcionar acesso a espectro adicional para serviços de banda larga móvel (MFCN). Neste âmbito, a CEPT desenvolveu condições harmonizadas para a utilização da faixa 2300-2400 MHz para MFCN, de acordo com a Decisão

ECC (14)02, *"Harmonised technical and regulatory conditions for the use of the band 2300-2400 MHz for Mobile/Fixed Communications Networks (MFCN)*", aprovada a 27 de junho de 2014, cuja canalização harmonizada está ilustrada na Figura 1.

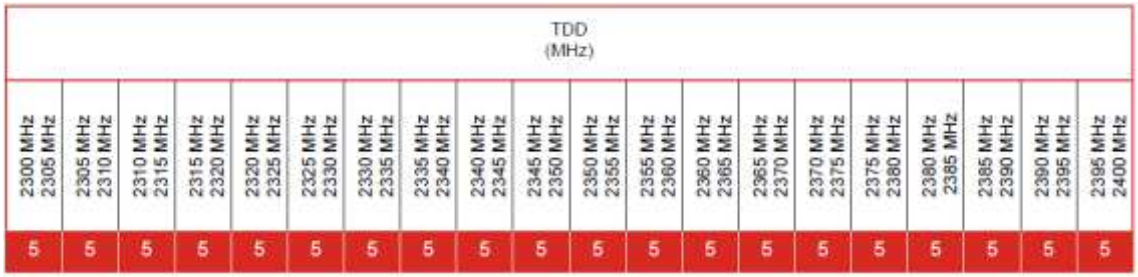

Figura 1 – Canalização harmonizada para a faixa 2300 – 2400 MHz

Fonte: Decisão ECC (14)02[1]

Esta canalização é baseada em 20 blocos de 5 MHz, estando em aberto a possibilidade do operador agregar vários blocos de 5 MHz de modo a obter um novo canal. **A técnica de acesso a utilizar nesta faixa será do tipo *Time Division Duplex* (TDD)**.

O ECC Report 205, "*Licensed Shared Access (LSA)*", aprovado em fevereiro de 2014, detalha como é que o LSA pode ser implementado no caso da aplicação de banda larga móvel/MFCN, em particular na faixa dos 2,3-2,4 GHz, e discorre sobre as implicações dos requisitos a serem incluídos numa medida de harmonização CEPT. A este respeito, serão de relevar os seguintes aspetos acerca do conceito de LSA:

- As administrações nacionais decidem que aplicações existentes devem ser consideradas como utilizações incumbentes, dentro do quadro de partilha, e mantidas a longo prazo. Tal decisão deve ser tomada em consonância com os objetivos da política nacional, tendo em conta as obrigações internacionais e a legislação comunitária no caso dos Estados-Membros da UE;
- Os utilizadores LSA licenciados necessitam de certas garantias relativamente ao acesso ao espectro, para que encontrem incentivos e segurança para os seus investimentos em redes e equipamentos. O nível adequado dessas garantias deve ser determinado numa base nacional, considerando os requisitos dos utilizadores e os condicionalismos de partilha;

[1] Disponível em http://www.erodocdb.dk/doks/doccategoryECC.aspx?doccatid=1

- Torna-se por isso necessário conduzir, a nível nacional, um processo de revisão e negociação, com vista a estabelecer um "quadro de partilha" eficaz, que pode variar significativamente de país para país. Tal esforço, exige o envolvimento de todas as partes interessadas e deve considerar, não só as necessidades de espectro do(s) incumbente(s), mas também a procura de utilizações alternativas.

A Figura 2 ilustra o conceito de “quadro de partilha”, conforme definido no contexto de LSA.

Neste exemplo, a disponibilidade do espectro baseia-se na separação/diferenciação geográfica. Na área marcada verde, o "quadro de partilha" define a disponibilidade de espectro para os utilizadores LSA. Deve notar-se que, em LSA, a partilha pode ser efetuada em três dimensões: no ***tempo***, na ***frequência*** e no ***espaço*** (área geográfica). O “quadro de partilha” pode também contemplar necessidades futuras de um incumbente, conforme ilustrado pelas estações representadas a cinza.

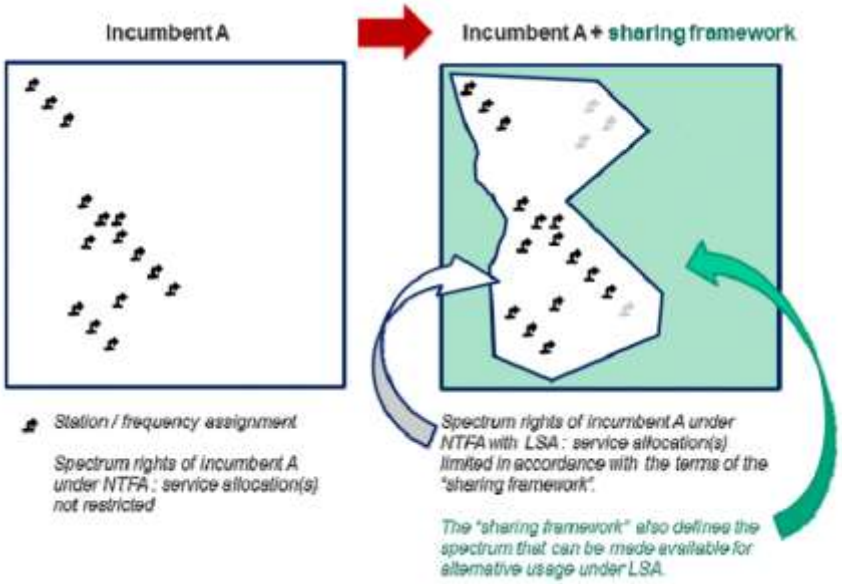

Figura 2 – Quadro de partilha

Fonte: ECC Report 205[2]

Em rigor, o "quadro de partilha" aborda as **condições de acesso ao espectro LSA** permitindo a **proteção dos serviços dos operadores históricos (incumbentes)**. A este respeito de notar

[2] Disponível em http://www.erodocdb.dk/doks/doccategoryECC.aspx?doccatid=4

que na Decisão ECC (14)02 é referido que, nos países da CEPT, a faixa 2300 – 2400 MHz é atualmente utilizada (pode variar de país para país) pelos seguintes serviços/sistemas:

- Telemetria (quer terrestre, quer aeronáutica);
- Utilização governamental (por exemplo, UAS (*Unmanned Aircraft Systems*));
- Aplicações PMSE (*Programme Making and Special Events*) – ligações video SAP/SAB;
- Amador, como um serviço secundário.

Assim, os requisitos a definir para o acesso ao espectro, através do LSA, terão necessariamente de ser adaptados à realidade de cada país, tendo em conta as utilizações incumbentes.

2.1.3 Serviços Incumbentes em Portugal na Faixa 2,3 – 2,4 GHz

No caso específico de Portugal, os serviços incumbentes, na faixa 2,3 – 2,4 GHz, consistem em aplicações *Services Ancillary to Programme making / Services Ancillary to Broadcasting* (SAP/SAB). Neste âmbito, estão atualmente atribuídas 3 licenças nas faixas **2300-2330 MHz**, **2330-2360 MHz** e **2360-2390 MHz**, aos operadores ***RTP – Rádio e Televisão de Portugal***, ***TVI – Televisão Independente*** e ***SIC – Sociedade independente de Comunicações***, respetivamente, que podem utilizar o espectro que lhes está consignado, a qualquer hora e em qualquer local, dentro do território nacional, sem ter de prestar qualquer tipo de informação à ANACOM, conforme previsto nas respetivas licenças.

2.1.4 Arquiteturas e Blocos Funcionais de Implementações LSA

Numa implementação LSA, destacam-se os seguintes blocos funcionais:

- **Repositório LSA**: destina-se a fornecer informação sobre a disponibilidade de espectro e as respetivas condições associadas, podendo esta informação estar sujeita a alterações ao longo do tempo. O repositório LSA pode ser gerido pela Administração, pelo incumbente, ou ser delegado em terceiros;

- **Controlador LSA**: efetua a gestão do acesso ao espectro disponibilizado ao licenciado LSA, com base em regras de partilha e informações, sobre as utilizações do operador histórico, disponibilizadas pelo repositório LSA. Além disso, o controlador LSA acede a informações sobre o espectro, a partir do repositório LSA, através de ligações e

comunicações seguras e confiáveis. O controlador LSA pode interagir com um ou vários repositórios LSA, assim como, com uma ou várias redes LSA licenciadas.

Na Figura 3, ilustra-se, genericamente, uma possível implementação de LSA com o repositório e controlador LSA, e respetivas interligações, conforme acima descrito.

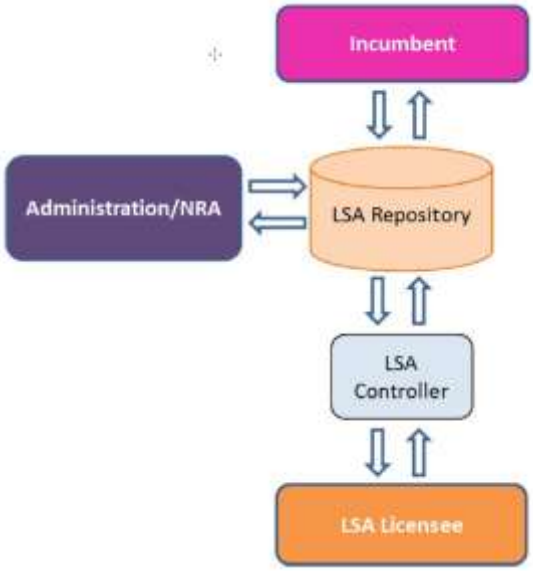

Figura 3 – Blocos funcionais LSA

Fonte: ECC Report 205[3]

O repositório LSA contém, fundamentalmente, todas as informações relevantes sobre o espectro LSA que deve ser protegido, assim como o nível de proteção que deve ser proporcionado ao(s) operador(es) histórico(s).

As questões de coordenação transfronteiriça, ainda que não equacionadas no presente estudo, terão de ser tidas na devida conta numa implementação real do conceito LSA. A este respeito, de notar que a CEPT desenvolveu a Recomendação ECC (14)04, aprovada a 30 de maio de 2014, "*Cross-border coordination for mobile/fixed communications networks (MFCN) and between MFCN and other systems in the frequency band 2300-2400 MHz*".

[3] Disponível em http://www.erodocdb.dk/doks/doccategoryECC.aspx?doccatid=4

2.1.5 NORMAS ETSI E 3GPP

O ECC Report 205 identifica, na perspetiva da CEPT, quais as interfaces que vão necessitar de normalização, nomeadamente:

- Interface entre o **repositório LSA** e o **controlador LSA**;
- Interface entre a **Administração** (ARN) e o **repositório LSA**;
- Interface entre o **incumbente** e o **repositório LSA** (o incumbente deve fornecer as informações sobre o espectro – frequências, locais e ocasiões – que deve ser protegido, conjuntamente com o nível de proteção requerido);
- Interface entre o **controlador LSA** e o **licenciado LSA**;
- Interface entre **repositórios LSA diferentes**.

O ETSI publicou as seguintes normas para LSA:

- ETSI TR 103 113 V1.1.1 (2013-07): *Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); system Reference document (SRDoc); Mobile broadband services in the 2 300 MHz – 2 400 MHz frequency band under Licensed Shared Access regime*;
- ETSI TS 103 154 V1.1.1 (2014-10): *Reconfigurable Radio Systems (RRS); System requirements for operation of Mobile Broadband Systems in the 2 300 MHz - 2 400 MHz band under Licensed Shared Access (LSA)*;
- ETSI TS 103 235 V1.1.1 (2015-10): *Reconfigurable Radio Systems (RRS); System architecture and high level procedures for operation of Licensed Shared Access (LSA) in the 2 300 MHz - 2 400 MHz band*;

De momento, o ETSI está a desenvolver a norma ETSI TS 103 379, "*Information elements and protocols for the interface between LSA Controller (LC) and LSA Repository (LR) for operation of Licensed Shared Access (LSA) in the 2300 MHz-2400 MHz band*".

O 3GPP finalizou a norma 3GPP TR 32.855, System Reference Document on "*Study on OAM support for Licensed Shared Access*" e está ainda a desenvolver as seguintes:

- 3GPP TS 28.301, "*Telecommunication management; LSA controller (LC) Integration Reference Point (IRP); Requirements*";

- 3GPP TS 28.302, "*Telecommunication management; LSA controller (LC) Integration Reference Point (IRP); Information Service (IS)*";
- 3GPP TS 28.303, "*Telecommunication management; LSA controller (LC) Integration Reference Point (IRP); Solution Set (SS)*".

2.1.6 PROJETOS PILOTO LSA EM CURSO

Estão em curso, em Itália, França e Finlândia, testes piloto que visam avaliar a viabilidade de implementação do LSA, num cenário real, no contexto e em face das singularidades de cada um desses países. A Holanda está também prestes a avançar com um projeto piloto semelhante aos anteriores.

Fica, por isso, bem patente que o estudo aprofundado e aplicado de abordagens baseadas em LSA está a atrair a atenção dos reguladores europeus.

Neste âmbito, decorreu em Itália, a 23 de setembro de 2016, um *workshop* para apresentação de resultados entretanto coligidos a partir do piloto instalado em Roma, destacando-se, como particularidade desta implementação, o facto do controlador LSA estar alojado na Finlândia e o repositório LSA em França. Estas infraestruturas LSA, de acesso remoto, complementam a rede de acesso concebida para testes, que é constituída por estações de base LTE TDD, a operar nos 2,3 – 2,4 GHz, instaladas no edifício sede do regulador italiano.

De relevar que este projeto piloto tem como preocupação central a proteção do Serviço Fixo Ponto-a-Ponto, através da implementação de áreas de exclusão ou de restrição, e também a proteção de PMSE e Telemetria, através da introdução de áreas de proteção, conforme conceptualmente se ilustram nas Figuras 4 e 5, respetivamente.

Esta implementação LSA segue o conceito apresentado anteriormente no presente documento.

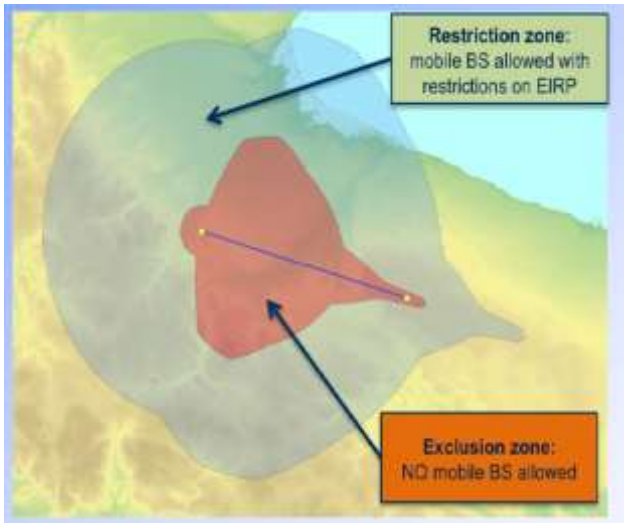

Figura 4 – Proteção do serviço fixo

Fonte: *LSA workshop Rome 23rd September 2016*[4]

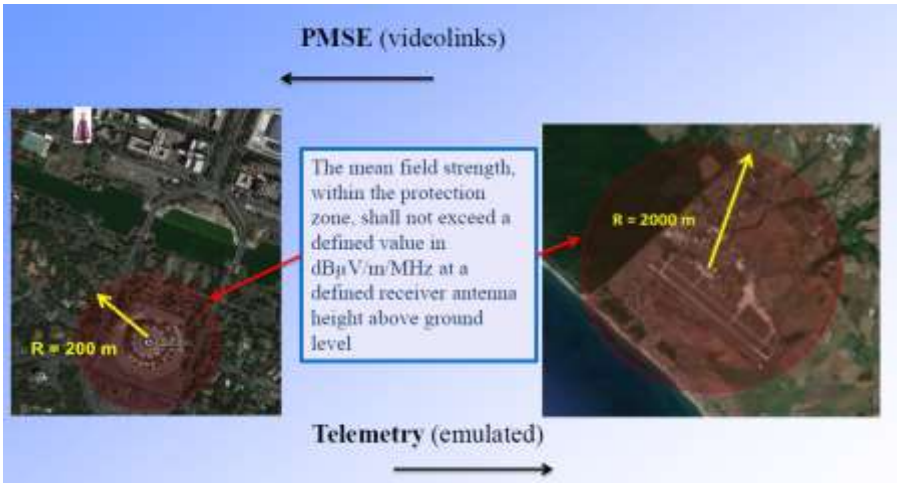

Figura 5 – Proteção de PMSE e Telemetria

Fonte: *LSA workshop Rome 23rd September 2016*

[4] Disponível em http://www.sviluppoeconomico.gov.it/index.php/en/news/2033594-licensed-shared-access-lsa-pilot

A introdução de mecanismos de proteção pretende garantir que o sistema móvel LTE LSA se desliga ou passa a emitir, em áreas específicas, uma potência que não interfira os incumbentes, quando estes estão a operar nessas áreas em particular.

No caso concreto de Portugal, dado que os incumbentes, na faixa 2,3 – 2,4 GHz, dispõem, ao abrigo das respetivas licenças, de prerrogativas para utilizar o espectro, a qualquer hora e em qualquer local do território nacional, sem necessidade de informar o regulador, levantam-se desafios tecnológicos adicionais, ao nível da identificação e deteção (no espaço e no tempo) de utilizações de espectro, por parte dos incumbentes. Tal peculiaridade, por si só, obriga desde logo a considerar, no nosso piloto LSA, requisitos específicos que não se encontram previstos, nem contemplados, no projeto LSA italiano, uma vez que, aí é previamente conhecida a localização do PMSE.

Além disso, as particularidades, encontradas em cada um dos países, variam ao longo do espaço europeu. A este respeito e conforme já referido no presente documento, a Decisão ECC (14)02 identifica, nos vários países da Europa, as utilizações de espectro concentradas na faixa 2,3 – 2,4 GHz, que abrangem os seguintes serviços: telemetria (quer terrestre, quer aeronáutica), sistemas de utilização governamental (ex.: UAS – *Unmanned Aircraft Systems*), PMSE e Serviço de Amador como serviço secundário.

Por outro lado, a Recomendação ECC (15)04, aprovada a 3 de julho de 2015, "*Guidance for the implementation of a sharing framework between MFCN and PMSE within 2300-2400 MHz*", faz notar, atentas as características das licenças PMSE em Portugal, que estas não servem, na totalidade, para proteger os serviços PMSE incumbentes a operar no nosso país.

Numa perspetiva complementar, o **projeto finlandês** investiga técnicas alternativas, com recurso a dispositivos de comunicações móveis (tipicamente, *smartphones*), para que um utilizador PMSE possa indicar a sua posição, de modo a poder utilizar o espectro sem sofrer interferências de um licenciado LSA, conforme ilustrado sumariamente na Figura 6.

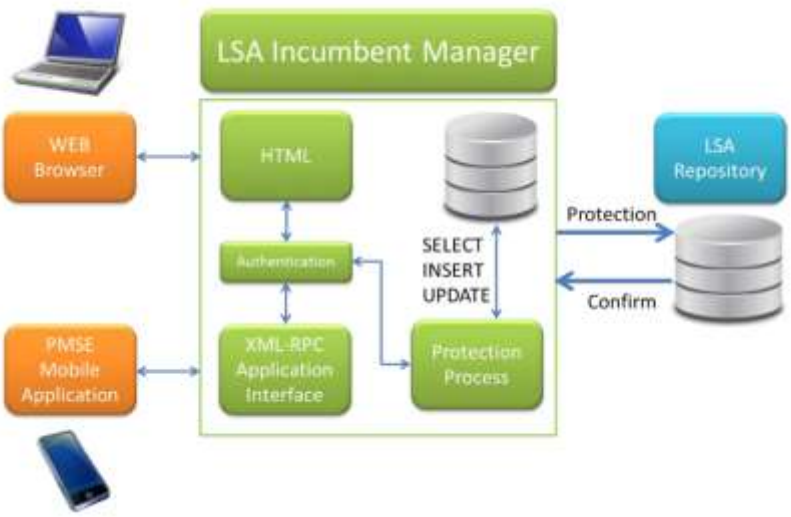

Figura 5 – Proteção de PMSE (projeto finlandês)

Fonte: CEPT Report 56[5]

A par do que se verifica na Europa, relativamente à introdução de formas alternativas de partilha de espectro (baseadas no conceito de LSA), também os Estados Unidos da América acompanham a mesma tendência, com a introdução de um modelo semelhante, denominado *"Citizen Broadband Radio Sharing"* (CBRS), impulsionado pelo regulador, a FCC.

2.2 Propósito e Justificação do Estudo

Em face do contexto proporcionado pelo enquadramento acabado de expor, são várias as razões que impelem a materialização do estudo em epígrafe, de entre as quais se destacam os seguintes argumentos:

- Vários países já avançaram, ou vão avançar no curto prazo, com pilotos LSA, de modo a adquirirem, com antecedência a devida, experiência e massa crítica, fundamentais para a introdução de um novo paradigma de partilha e gestão do espectro, ainda não introduzido no mercado;

[5] Disponível em http://www.erodocdb.dk/doks/doccategory.aspx?doccatid=16

- Existe a necessidade de definir condições específicas e/ou restrições aplicáveis e adequadas à realidade de Portugal;

- Existem aspetos tecnológicos, subjacentes à implementação do conceito de LSA em Portugal que, pelo que nos é dado a conhecer, não estão contemplados em nenhum dos projetos piloto em curso na Europa, e que carecem de ser devidamente investigados e desenvolvidos de raiz;

- Não avançando com este piloto, corre-se o sério risco de, no futuro, se poder vir a adotar uma abordagem LSA baseada – ou em soluções, ou num conjunto de premissas e restrições genéricas – que poderão não ser favoráveis nem estar adaptadas ao ambiente regulatório nacional;

- Por fim, e ao abrigo dos seus Estatutos, publicados no Decreto-Lei n.º 39/2015, de 16 de março, a ANACOM tem como atribuições *"assegurar a realização de estudos na área das comunicações"* e *"colaborar com outras entidades públicas e privadas na promoção da investigação científica aplicada às comunicações"*, pelo que, o estudo proposto neste documento encontra nestes princípios um enquadramento devidamente aclimatado.

Acresce a tudo isto que a Comissão Europeia tem vindo a demonstrar elevado interesse em acompanhar e tomar conhecimento dos progressos e resultados de projetos, neste âmbito, a realizar nos Estados Membros.

3 OBJETIVOS DO ESTUDO

Os objetivos principais deste estudo consistem em explorar e adquirir, a partir de uma sólida base experimental, conhecimento acerca das tecnologias e das inter-relações entre os diversos intervenientes nos processos associados à implementação do modelo LSA de partilha de espectro, onde se incluem os mecanismos de controlo e gestão das utilizações de espectro perspetivadas, com aplicação prática à realidade portuguesa.

3.1 RESULTADOS A CRIAR E METAS A ATINGIR

Tendo em vista a prossecução dos objetivos genéricos traçados, importa delinear uma abordagem metodológica dirigida e adequada.

Com esse intuito, no âmbito dos trabalhos de I&D, e de implementação de um projeto piloto LSA em Portugal, deverão ser, para o efeito, contempladas as seguintes linhas de ação:

- Identificação de **operadores** incumbentes, com licenças de utilização do espectro na faixa dos 2,3 – 2,4 GHz;
- Identificação de **aplicações**, **sistemas** e **equipamentos** passíveis de serem utilizados na faixa dos 2,3 – 2,4 GHz;
- Estudos de propagação e de planeamento e engenharia do espectro para **determinação de zonas de proteção** (simulação e análise de condições de partilha, dimensionamento do balanço de potências: *link budget*, previsões de propagação com base em modelos estatísticos, etc.);
- Estudo e desenvolvimento de **técnicas de mitigação de interferência** e **otimização das áreas de proteção** (de modo a permitir o relaxamento das restrições, e assim reduzir as áreas de exclusão);
- Conceção de um **ambiente de testes** (*test-bed*) capaz de reproduzir, num cenário real, as condições de utilização do espectro, na faixa dos 2,3 – 2,4 GHz, subjacentes à realidade regulatória nacional:
    - Desenvolvimento de uma **solução de *hardware* inovadora** que possibilite, de forma automática, a geolocalização e deteção dos sistemas licenciados incumbentes que pretendam utilizar o espectro radioelétrico (conforme previsto nos seus títulos habilitantes), e que comunique a sua intenção, sem a ação humana, ao controlador de LSA, que gere as redes dos operadores móveis que partilham a mesma faixa de frequências e a mesma área de utilização. Esta solução visa permitir a operação de sistemas incumbentes sem que ocorram interferências (ou com níveis aceitáveis de interferência, devidamente acordados entre as partes);
    - Desenvolvimento e interligação de uma solução de **base de dados**, que permita, entre outros aspetos, que o controlador LSA tenha conhecimento do(s) setor(es)

a desligar ou diminuir a potência de emissão tendo em conta a utilização de ligações vídeo SAP/SAB na sua área de cobertura;

- Realização de **testes** em ambiente de simulação de condições reais, nomeadamente, a utilização de ligações vídeo SAP/SAB sem que ocorram interferências (ou com níveis aceitáveis de interferência), na área de cobertura de uma rede móvel a operar nos 2,3 – 2,4 GHz.

Os testes, a levar a efeito, deverão focalizar-se na monitorização e análise de desempenho das soluções tecnológicas a desenvolver e a adotar, nomeadamente:

- Análise de interferência através de testes e medições;
- Avaliação dos níveis de exposição a radiações não-ionizantes (das soluções tecnológicas em análise);
- Testes de desempenho: QoS, cobertura interior e exterior, mobilidade e *handovers*, *drive tests*, *speed tests*, *evacuation time* (tempo de atuação sobre a rede de utilização primária LSA e de reação do sistema de controlo ao desligamento de estações de base interferidoras), etc.

No final, deverá ser elaborado um **relatório** com as principais **conclusões** e **recomendações** para a implementação de uma solução LSA em Portugal.

4 IMPORTÂNCIA ESTRATÉGICA, VANTAGENS E BENEFÍCIOS DO PROJETO

Constituem fatores diferenciadores, relativamente a outros projetos em curso na UE, nomeadamente, a introdução das seguintes funcionalidades:

- Interação automática entre a “vítima”/incumbente e a base de dados LSA, através de um **dispositivo (hardware)** cujo funcionamento é transparente para os utilizadores;

- Introdução de mecanismos redundantes de proteção do incumbente através de técnicas de ***sensing* automático**;
- **Otimização**, através de *hardware* dedicado, a desenvolver no âmbito deste estudo, das **áreas de exclusão** e dos **tempos de utilização/partilha** de espectro;
- **Proteção de interferência reforçada**, não apenas através de estimativas/cálculos e ferramentas computacionais, mas com o *feedback* no terreno, através de medições a cada instante, pelos dispositivos de *sensing* a desenvolver;
- Desenvolvimento de **solução tecnológica minimamente intrusiva**, adaptada à realidade nacional, tendo em vista a minimização do impacto da entrada em funcionamento do modelo LSA de partilha de espectro, em Portugal;
- Aumento da resiliência das soluções já exploradas por outros países, e que são apenas suportadas por bases de dados.

De um modo geral, poderão ainda ser considerados como aspetos estratégicos:

- O envolvimento de parceiros provenientes da indústria (fabricantes) e provedores de serviços de comunicações (operadores) permitirá explorar sinergias e testar em cenários reais a integração e interoperabilidade de tecnologias, soluções e dispositivos/equipamentos de vários fabricantes;
- Contribuição para a capacitação da indústria portuguesa com conhecimento e espírito crítico para propor soluções de partilha de espectro, assim como para acompanhar de perto o estado da arte, ao nível internacional.
- Validação da solução tecnológica desenvolvida em Portugal, em cenários reais passiveis de demonstração internacional.

5 PRINCIPAIS STAKEHOLDERS

Atendendo aos objetivos traçados, identificam-se como parceiros estratégicos:

- A **Autoridade Reguladora Nacional**, a ANACOM;

- Os **utilizadores de espectro incumbentes** (no caso em apreço, os operadores de radiodifusão televisiva) que detêm licenças para a faixa dos 2,3 – 2,4 GHz;
- Os **operadores de comunicações móveis** a operar no mercado nacional;
- Os **fabricantes de equipamentos** utilizados nas redes de comunicações móveis, devendo, se possível, privilegiar a inclusão de um parceiro que disponha de soluções tecnológicas de bases de dados específicas para LSA;
- As **universidades e institutos de investigação científica** portugueses.

6 ABORDAGENS DE IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO

As singularidades inerentes à realidade portuguesa, no que concerne à utilização do espectro na faixa dos 2,3 – 2,4 GHz, constituem fatores de relevo a ter em conta no desenho e conceção de um cenário de testes específico e adequado. De modo a contemplar todas essas peculiaridades, foi desenvolvido o modelo conceptual de referência, apresentado na Figura 6, para o estudo do conceito LSA, que servirá de base à abordagem tecnológica a implementar na prática em Portugal.

De salientar que, num cenário de comunicações como o ilustrado, uma forte limitação a ter em conta é precisamente o nível de interferência que um utilizador LSA pode sobrepor ao sinal útil do operador PMSE incumbente. Assim, a interferência deverá estar reduzida ao máximo, de tal forma que o utilizador PMSE consiga estabelecer as comunicações, para as quais está autorizado, com uma relação sinal-ruído adequada.

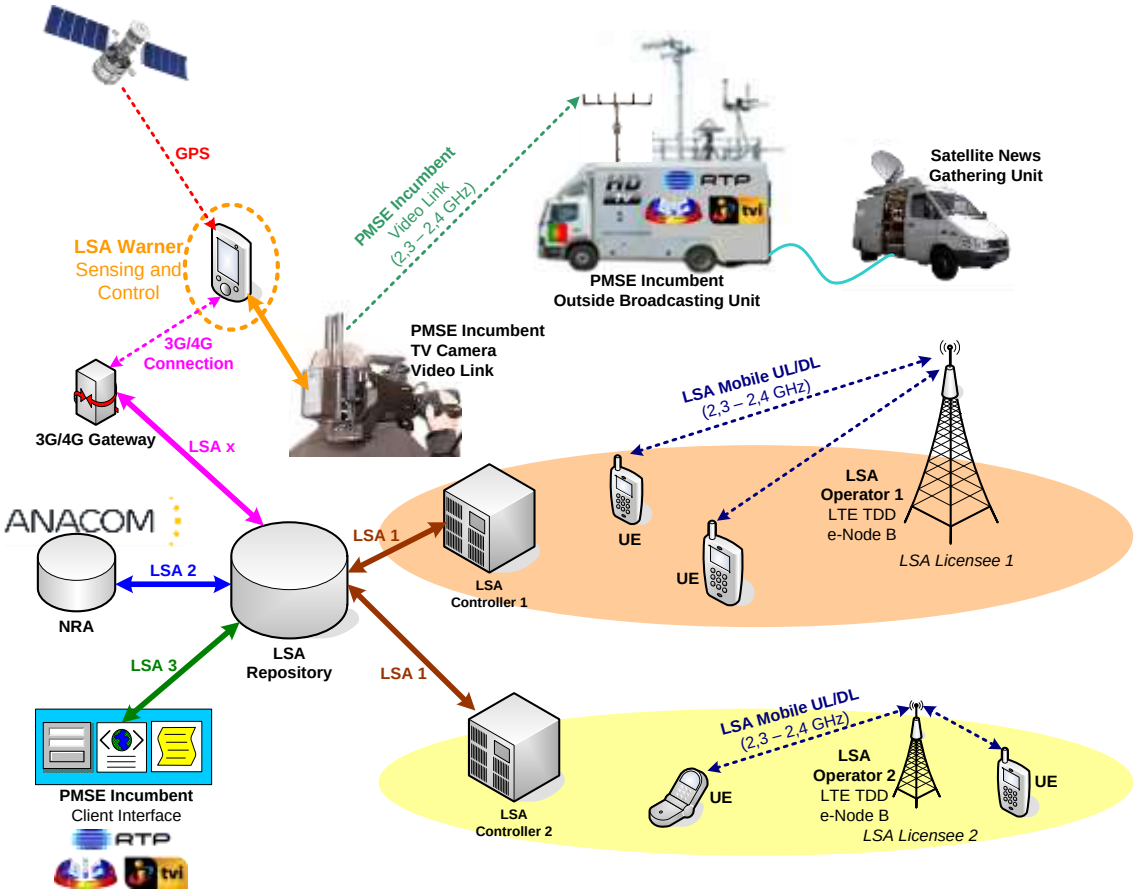

Figura 6 – Diagrama de Blocos da Arquitetura de Rede a Implementar em Portugal.

Nesse sentido e assumindo o controlo das comunicações de um operador móvel LSA, propõe-se neste projeto desenvolver uma solução tecnológica passível de reduzir/mitigar, ou até eliminar, todas as interferências perniciosas provenientes de qualquer estação de radiocomunicações do utilizador LSA, a emitir na faixa de frequências atribuída ao utilizador PMSE incumbente.

Com esse intuito, propõe-se, no âmbito da componente de I&D deste projeto, a adoção da seguinte estratégia:

a. Utilização de técnicas de georreferenciação nos dispositivos do utilizador PMSE que, numa base periódica, atualizarão a base de dados centralizada (*LSA Repository*) com a informação acerca da posição do PMSE, de modo a que, sempre que o primário esteja a utilizar o espectro, os operadores móveis LSA, num raio pré-determinado, deixarão de ter autorização para transmitir. Este raio será definido em função dos resultados

produzidos por modelos de propagação adequados que poderão ser aferidos por medições a efetuar no terreno;

b. Utilização de sensores espectrais que poderão desencadear alarmes, sempre que a potência num determinado canal do PMSE ultrapasse um determinado nível, obrigando dessa forma um operador LSA a desligar algumas das suas estações de radiocomunicações causadoras de interferências passíveis de inibir os serviços do PMSE.

Nesta vertente, serão desenvolvidos e produzidos, de raiz, protótipos – como prova de conceito – de dispositivos de georreferenciação e monitorização espectral (de acordo com a terminologia da figura anterior, estes dispositivos são designados por *LSA Warners*), assim como de uma infraestrutura de bases de dados a utilizar centralmente, a integrar, com garantias de interoperabilidade, na rede do operador LSA.

Como tal, utilizar-se-à uma combinação de soluções existentes para *"white spaces"*, com as devidas adaptações, que inclui *spectrum sensing* (monitorização de espectro) e georreferenciação espectral.

Em termos práticos, propõe-se que cada um dos utilizadores PMSE incumbentes associem aos seus emissores (*video links*) um sub-sistema (*LSA Warner*) que permita, automática e autonomamente, ao dispositivo PMSE que pretende utilizar o espectro que lhe está atribuído, georreferenciar-se e monitorizar o espectro de interesse. Essa informação será enviada para o *LSA Repository*, através de um canal de comunicação de baixo débito, podendo considerar-se, para o efeito, a utilização das próximas redes de *Narrowband IoT*, ou a reutilização de soluções já existentes no mercado, como sejam o GPRS, UMTS ou LTE.

O *LSA Repository* irá conter todas as coordenadas reportadas pelo *LSA Warner* e ainda os níveis de potência de potenciais utilizadores LSA nessas localizações. Para além disso, irá também fazer uso de modelos de propagação adequados, para delimitar áreas de interdição dos utilizadores LSA.

Finalmente, sempre que um operador LSA pretender utilizar o espectro partilhado com o PMSE incumbente terá de o solicitar ao *LSA Repository* através de um *LSA Controller*, que irá conceder, ou não, permissões de acesso ao espectro desejado.

Sempre que o *LSA Warner* detete que o espectro, numa área de interesse para o PMSE incumbente, está a ser utilizado, poderá informar o *LSA Repository* desse facto, e aí, o *LSA Repository* informará o *LSA Controller* para remover esse canal (e/ou adjacentes) da lista dos canais disponíveis.