JOSÉ PEDRO BORREGO
FÁBIO PINTO DA SILVA
SÉRGIO ANTUNES

A MONITORIZAÇÃO E CONTROLO DO ESPECTRO NA ANACOM

O espectro radioelétrico

O espectro radioelétrico é um recurso público, natural e escasso, que importa preservar, pois ele é o garante de um conjunto de serviços vitais — essenciais ao dia-a-dia de um país moderno, eficiente e produtivo e à constante melhoria dos indicadores de qualidade de vida dos seus cidadãos — que não se esgotam nas tradicionais comunicações eletrónicas e na radiodifusão. Tratando-se de um ativo estratégico e de um importante desígnio de soberania, dele dependem dispositivos e sistemas militares e de defesa, de segurança pública, de emergência, de salvaguarda da vida humana, onde se inclui a radionavegação, a radiodeterminação e as comunicações marítimas e aeronáuticas. Mas a utilização do espectro é também fundamental na radioastronomia, na exploração espacial, numa multiplicidade de aplicações científicas, industriais, no apoio a processos produtivos, na medicina, na conceção e implementação de um mundo futurista, interconectado, onde os veículos comunicam entre si e com o ambiente ao seu redor, onde dominam os sensores e a monitorização, ubíqua e perene, das cidades, dos espaços residenciais e de trabalho, mas também das pessoas. Podemos pensar na Internet das coisas, no 5G, e numa mais ampla transformação digital de toda a sociedade, que é indissociável do espectro que a tornará possível.

Sem que nos apercebamos, estamos constantemente a utilizá-lo. Ao ouvirmos rádio no carro, ao pressionarmos o botão do comando para destrancar as portas, ao seguir as indicações do GPS para chegarmos ao nosso destino, ao passar nas portagens automáticas sem ter que parar, quando falamos ao telemóvel, quando trocamos mensagens de texto, quando navegamos na Internet. Todos estes gestos, que fazem parte da nossa rotina diária, estão por nós assimilados de forma intuitiva e natural. Porém, só são possíveis graças aos recursos espectrais que têm de estar disponíveis, bem preservados e livres de interferências. Mas há todo um trabalho por detrás destes processos que tem de ser assegurado. É aqui que entra a gestão do espectro.

As bases da gestão do espectro

Se o espectro disponível não é utilizado, ou sendo utilizado, é-o de forma incorreta, incorremos num claro desperdício de recursos. Um espectro desordenado ou sujeito a interferências, à semelhança de um rio poluído, não tem qualquer valor ou utilidade.

É, por isso, de capital importância zelar por uma gestão criteriosa e eficiente do espectro radioelétrico. Isto, para garantir uma utilização racional, equitativa e livre de interferências. Esta tarefa é tanto mais desafiante quanto mais veloz é a evolução tecnológica.

O congestionamento generalizado deste importante recurso deve-se, em parte, ao surgimento de novos sistemas e serviços de radiocomunicações, cada vez mais omnipresentes, diversificados e em maior número, mas também mais complexos e exigentes do ponto de vista técnico, que tornam a gestão de frequências cada vez mais complexa. As técnicas e os modelos de partilha que tiram especial partido das características dos sistemas digitais e do processamento digital de sinais têm conhecido importantes desenvolvimentos, que permitem conferir aos sistemas rádio uma maior robustez, resiliência e imunidade face a cenários de interferência mais adversos. Estes avanços são absolutamente fundamentais para o progresso tecnológico e traduzem-se em importantes ganhos de eficiência e otimização de um recurso partilhado.

A par destas tendências, verifica-se que os serviços de radiocomunicações têm vindo a subir no espectro, fazendo uso de frequências mais elevadas, em particular na região das designadas ondas milimétricas. Do ponto de vista da engenharia, esta evolução implica a superação de algumas dificuldades que ainda persistem, nomeadamente, a conceção de dispositivos e equipamentos mais eficientes e com desempenhos que possam vir a ser considerados aceitáveis ao nível das potências de emissão. Por outro lado, quanto mais se sobe na frequência, mais se confinam as áreas de cobertura, passando a dominar as ligações rádio em linha de vista. Ora, do ponto de vista da monitorização e controlo destas emissões, levanta-se um enorme desafio para as autoridades reguladoras, que não pode ser descurado e que importa endereçar, num futuro próximo, de modo a perspetivar soluções tecnológicas de supervisão fiáveis, exequíveis, geograficamente abrangentes e com uma elevada densidade.

Apesar das alterações de paradigma subjacentes às tendências aqui esboçadas, importa dar continuidade a todo o trabalho de acomodação e de compatibilização de novos serviços de radiocomunicações no espectro disponível, garantindo, concomitantemente, que todos esses serviços operam sem que existam interferências prejudiciais, passíveis de os comprometer.

À gestão do espectro cabe, por isso, garantir uma utilização efetiva e eficiente das frequências, evitar a existência de interferências nocivas ou prejudiciais, prevenir a utilização indevida ou não autorizada de frequências. O atingimento destes desígnios deverá fundamentar-se em critérios objetivos, transparentes, não discriminatórios e de proporcionalidade, com o fim em vista de poder entregar à sociedade e aos cidadãos o máximo benefício e o mais elevado valor — não necessariamente financeiro — que se conseguir retirar de uma utilização eficiente deste valioso bem que é o espectro radioelétrico.

Como tendência universalizada, que encontra inspiração nos modelos preconizados pela União Internacional de Telecomunicações (UIT) [1], a gestão do espectro assenta em três pilares fundamentais: (i) o planeamento, (ii) a consignação e o licenciamento e (iii) a monitorização e controlo do espectro, complementados por um outro: (iv) o laboratório. Todas estas áreas encontram esteio numa base muito forte de engenharia, a que se junta o suporte administrativo e computacional (que inclui todas as bases de dados de licenciamento e monitorização, ferramentas de planeamento e simulação, etc.).

De modo a definir melhor as fronteiras que delimitam cada uma destas áreas, descreveremos, sucintamente, as atribuições que lhes estão cometidas.

(i) Planeamento do espectro

Esta área antecipa as tendências futuras do mercado e dos utilizadores, quanto à necessidade de disponibilizar espectro para as aplicações desejadas ou perspetivadas, tendo em conta os avanços tecnológicos e as políticas de regulação, mas também ponderando custos e benefícios à luz do contexto social, económico e político. Para alcançar decisões fundamentadas, são realizados estudos de engenharia do espectro, incluindo estudos de compatibilidade e de previsão de cobertura, que têm por base as características técnicas, não só dos sistemas a introduzir, mas também dos já existentes, com que terão de coexistir. Com estes dados, é possível definir condições de partilha e regras de utilização a serem observadas, pelos diversos serviços, nas respetivas faixas de frequências.

Desta compartimentação criteriosa de serviços por todo o espectro, resulta um instrumento de referência, norteador de todas as utilizações em curso no nosso país, designado por Quadro Nacional de Atribuição de Frequências (QNAF)[1].

(ii) Consignação e o licenciamento

A atribuição de frequências e a emissão de licenças radioelétricas constituem funções centrais da gestão do espectro e envolvem a análise, tanto técnica como legal dos pedidos dos utilizadores. Com base nas características técnicas apresentadas nos projetos de licenciamento, são realizados estudos de engenharia do espectro que ditarão, ou não, a sua viabilidade e posterior consignação de frequências para as utilizações pretendidas. Este processo culmina no ato administrativo de emissão da licença radioelétrica respetiva. Neste trabalho, são fundamentais as bases de dados de frequências e todas as ferramentas de análise e planeamento, que permitem prever, para as condições técnicas consideradas, coberturas, potencial de interferência, constrangimentos, entre outros aspetos relevantes.

(iii) Monitorização e controlo do espectro

Para que haja um controlo global, efetivo e integrado da utilização das frequências, tendo em conta os fins a que se destinam — que começaram por ser projetados pelo planeamento e depois alvo de licenciamento — é necessário que se implementem e se agilizem, na prática, procedimentos e mecanismos de verificação adequados. Este papel fiscalizador cabe à monitorização e controlo do espectro (MCE). Esta área vem, assim, completar o ciclo iniciado pelas outras áreas da gestão do espectro.

(iv) Laboratório

O Laboratório de Ensaios e Calibrações tem como funções nucleares avaliar a conformidade dos equipamentos, cujo funcionamento poderá ter impacto significativo na utilização do espectro, tendo por base o quadro normativo harmonizado, aplicável e em vigor, e o controlo metrológico de equipamentos. Ao nível laboratorial, são verificados os requisitos essenciais de compatibilidade eletromagnética, a conformidade das interfaces

1 https://www.anacom.pt/.

rádio de equipamentos de radiocomunicações e é feita a calibração de equipamentos de medição, incluindo os que são usados na fiscalização do espectro, para os quais é essencial preservar o rigor e a certeza das suas medições, de modo a garantir a sua validade legal.

Para que as políticas de espectro possam ser devidamente implementadas e possam produzir os efeitos desejados, todas estas áreas basilares, acima descritas, terão de se articular na perfeição, segundo uma perspetiva integradora e coerente, que possa resultar num processo sólido, estruturado e unificado, designado, em sentido lato, por gestão do espectro.

Neste artigo, devotaremos particular atenção à monitorização e controlo do espectro na ANACOM, visitando as suas atribuições, a forma como se encontra organizada, os meios e infraestruturas tecnológicas utilizadas, assim como as atividades operacionais e principais trabalhos realizados.

Atribuições da monitorização e controlo do espectro

As grandes linhas de atribuições da MCE englobam [2]: (*a*) a monitorização, em permanência, de emissões radioelétricas, com o objetivo de verificar a conformidade das frequências atribuídas e demais características técnicas associadas, tendo por base planos de monitorização e rotinas definidas para o efeito; (*b*) a deteção e identificação de sinais interferentes, sejam eles oriundos de território nacional, ou de proveniência internacional, podendo, nesse caso, recorrer a protocolos de cooperação internacional estabelecidos com congéneres estrangeiras; a resolução de problemas de interferências radioelétricas; (*c*) a deteção, identificação e eliminação de utilizações de espectro não autorizadas; (*d*) a realização de vistorias a redes e estações de radiocomunicações, com caráter preventivo, ou na sequência de reclamações; (*e*) estudos diversos, designadamente,

FIGURA 1 — Atribuições da monitorização e controlo do espectro
Fonte: ANACOM

de cobertura, de interferência, de ocupação espectral, ou de qualidade de serviço e desempenho de redes e serviços de radiocomunicações, que poderão ser de extrema utilidade para outras áreas da ANACOM e da gestão do espectro em particular, nomeadamente, para o planeamento e serviços de licenciamento, como forma de aferir, com dados reais, os estudos de engenharia de espectro já realizados ou ainda em curso, e (*f*) a avaliação da exposição de pessoas a radiações eletromagnéticas (figura 1).

Todo o suporte operacional por detrás das atividades aqui elencadas assenta em meios humanos altamente especializados e numa infraestrutura tecnológica avançada, de que fazem parte os centros de monitorização e controlo do espectro (CMCE), a rede de estações remotas fixas de monitorização espalhadas pelo país, e todos os meios móveis instalados em viaturas técnicas, que, em conjunto, ajudam a expandir as capacidades de monitorização dos centros e a alargar a sua abrangência geográfica, consoante as necessidades.

Equipas operacionais

A ANACOM dispõe de quatro CMCE (figura 2). Em Barcarena, no Porto, no Funchal e em Ponta Delgada, que operam em regime integrado e asseguram, em continuidade, a monitorização do espectro em Portugal, vinte e quatro horas por dia, em todos os dias do ano.

FIGURA 2 — Centros de monitorização e controlo do espectro da ANACOM em Portugal
Fonte: ANACOM

Nos centros, as equipas operacionais subdividem-se em dois grandes grupos: (*i*) as equipas de monitorização (EM) e (*ii*) o núcleo de intervenção (NI). Às primeiras, compete-lhes assegurar, em regime de turnos, a monitorização em

permanência do espectro radioelétrico, de modo a garantir a inexistência de interferências prejudiciais que possam impactar negativamente no normal funcionamento de redes e serviços de radiocomunicações, assumindo especial acuidade, neste âmbito, interferências, intencionais ou involuntárias, capazes de colocar em perigo a vida humana. Importa, por isso, nestas circunstâncias, ter uma capacidade instalada e responsiva para identificar, localizar e neutralizar, com carácter prioritário, fontes interferentes capazes de inibir frequências de emergência e segurança. Neste contexto, são particularmente sensíveis as redes nacionais terrestres de emergência e segurança, como a operada pelo SIRESP, as redes e estações do serviço móvel aeronáutico, e de radionavegação e radiodeterminação aeronáutica e marítima. As EM desenvolvem o seu trabalho nos centros de monitorização, mas, em caso de necessidade, poderão ser acionadas para missões no exterior.

Numa lógica de complementaridade, as equipas do NI estão mais vocacionadas para o serviço operacional de campo, embora com propósitos coincidentes aos já anteriormente referenciados. As estas cabe-lhes analisar e solucionar, no terreno, problemas de interferências radioelétricas, em resposta a solicitações e a reclamações dos utilizadores do espectro afetados. Mas, para além do caráter puramente reativo inerente à debelação de interferências prejudiciais, existem outras tarefas de índole mais preventiva, como as vistorias a redes e estações de radiocomunicações, na sequência da sua entrada em funcionamento, ou após alterações efetuadas ao projeto técnico inicial, para confirmar se os parâmetros técnicos definidos, em sede de licenciamento, se encontram a ser cumpridos, e que os demais requisitos de funcionamento, sobretudo os que decorrem da aplicação do disposto no Regulamento das Radiocomunicações [3] e nas recomendações da União Internacional de Telecomunicações (UIT), são devidamente observados (figura 3).

FIGURA 3 — Volumes que constituem o Regulamento de Radiocomunicações da UIT-R
Fonte: www.itu.int

Esta verificação prévia permite antecipar potenciais problemas e contribuir para que as respetivas medidas de mitigação possam ser preventivamente implementadas. As equipas da MCE realizam também estudos diversos de engenharia do espectro, como estudos de cobertura, de ocupação espectral, de interferência e verificação de relações de proteção e, num âmbito mais abrangente e em colaboração com outras áreas, nomeadamente, com a direção de fiscalização, estudos de qualidade de serviço das redes móveis. São, além disso, realizadas avaliações da exposição da população a radiações não ionizantes devido a campos eletromagnéticos.

As tarefas aqui apresentadas são, necessariamente, suportadas por infraestruturas e sistemas de medição adequados e fiáveis, grande parte dos quais estão integrados nos CMCE, distribuindo-se os restantes pelos meios móveis e pela rede de estações remotas.

Infraestruturas tecnológicas

Os CMCE são infraestruturas fixas, genericamente compostas pelo parque de antenas de receção para as diversas faixas de frequências, por uma sala de controlo e pelos equipamentos de medição e sistemas de informação dedicados às funções de controlo das emissões radioelétricas.

O centro de Barcarena (figura 4), o maior e mais antigo em atividade no nosso país, expande-se por uma área implantação de mais de 18 hectares e dispõe de um parque considerável de antenas passivas de receção em onda curta[2] (figura 5).

2 Onda curta ou onda decamétrica, também designada por HF (do inglês: *high frequency*) ou SW (também do inglês: *short wave*), refere-se à faixa de frequências entre os 3000 kHz e os 30 000 kHz.

FIGURA 4 — Edifício da ANACOM em Barcarena onde está instalado o CMCE
Fonte: ANACOM

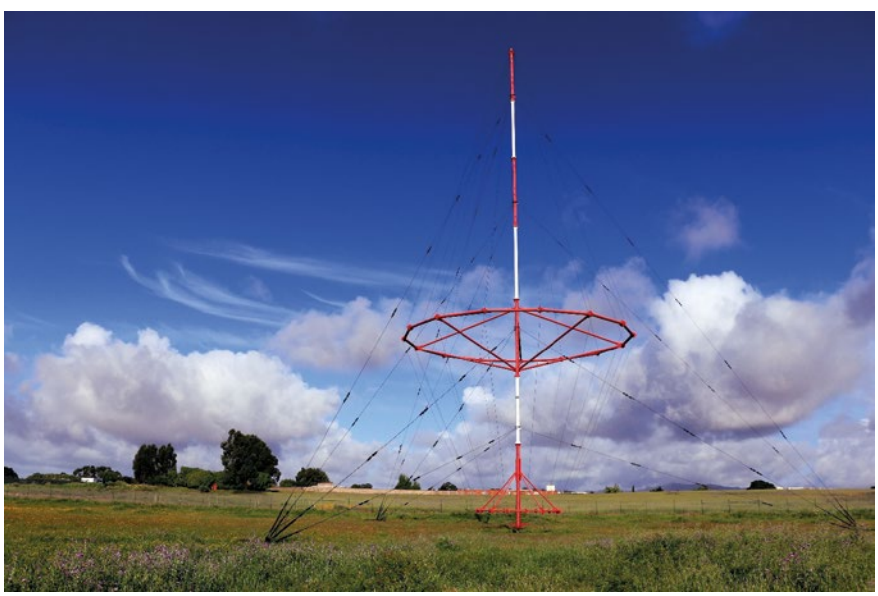
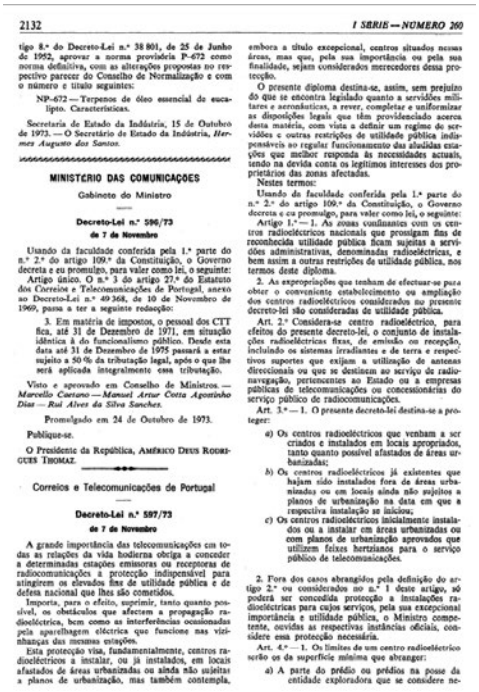


FIGURA 5 — Antena vertical de faixa larga (duplo cone), de onda curta, do parque de antenas de Barcarena
Fonte: ANACOM

Conciliando características singulares, este centro está dotado de uma excecional capacidade para captar, em conjunto com os recetores ali instalados, emissões radioelétricas em onda curta, provenientes das mais longínquas latitudes e longitudes do globo terrestre (incluindo-se uma parte considerável dos continentes europeu e americano, Norte de África e Médio Oriente), em condições de muito baixo ruído eletromagnético e com níveis de sensibilidade muito reduzidos, propícios à discriminação de sinais distantes e com muito baixa energia.

Estas características privilegiadas para a deteção de emissões radioelétricas são fruto da sua localização, numa paisagem eminentemente rural, mais recatada



2132 I SÉRIE — NÚMERO 260

tigo 8.º do Decreto-Lei n.º 38 801, de 25 de Junho de 1952, aprovar a norma provisória P-672 como norma definitiva, com as alterações propostas no respectivo parecer do Conselho de Normalização e com o número e título seguintes:

NP-672 — Terpenos de óleo essencial de eucalipto. Características.

Secretaria de Estado da Indústria, 15 de Outubro de 1973. — O Secretário de Estado da Indústria, *Hermes Augusto dos Santos.*

MINISTÉRIO DAS COMUNICAÇÕES

Gabinete do Ministro

Decreto-Lei n.º 596/73

de 7 de Novembro

Usando da faculdade conferida pela 1.ª parte do n.º 2.º do artigo 109.º da Constituição, o Governo decreta e eu promulgo, para valer como lei, o seguinte:

Artigo único. O n.º 3 do artigo 27.º do Estatuto dos Correios e Telecomunicações de Portugal, anexo ao Decreto-Lei n.º 49 368, de 10 de Novembro de 1969, passa a ter a seguinte redacção:

3. Em matéria de impostos, o pessoal dos CTT fica, até 31 de Dezembro de 1971, em situação idêntica à do funcionalismo público. Desde esta data até 31 de Dezembro de 1975 passará a estar sujeito a 50 % da tributação legal, após o que lhe será aplicada integralmente essa tributação.

Visto e aprovado em Conselho de Ministros. — *Marcello Caetano — Manuel Artur Cotta Agostinho Dias — Rui Alves da Silva Sanches.*

Promulgado em 24 de Outubro de 1973.

Publique-se.

O Presidente da República, AMÉRICO DEUS RODRIGUES THOMAZ.

Correios e Telecomunicações de Portugal

Decreto-Lei n.º 597/73

de 7 de Novembro

A grande importância das telecomunicações em todas as relações da vida hodierna obriga a conceder a determinadas estações emissoras ou receptoras de radiocomunicações à protecção indispensável para atingirem os elevados fins de utilidade pública e de defesa nacional que lhes são cometidos.

Importa, para o efeito, suprimir, tanto quanto possível, os obstáculos que afectem a propagação radioeléctrica, bem como as interferências ocasionadas pela aparelhagem eléctrica que funcione nas vizinhanças das mesmas estações.

Esta protecção visa, fundamentalmente, centros radioeléctricos a instalar, ou já instalados, em locais afastados de áreas urbanizadas ou ainda não sujeitas a planos de urbanização, mas também contempla, embora a título excepcional, centros situados nessas áreas, mas que, pela sua importância ou pela sua finalidade, sejam considerados merecedores dessa protecção.

O presente diploma destina-se, assim, sem prejuízo do que se encontra legislado quanto a servidões militares e aeronáuticas, a rever, completar e uniformizar as disposições legais que têm providenciado acerca desta matéria, com vista a definir um regime de servidões e outras restrições de utilidade pública indispensáveis ao regular funcionamento das aludidas estações que melhor responda às necessidades actuais, tendo na devida conta os legítimos interesses dos proprietários das zonas afectadas.

Nestes termos:

Usando da faculdade conferida pela 1.ª parte do n.º 2.º do artigo 109.º da Constituição, o Governo decreta e eu promulgo, para valer como lei, o seguinte:

Artigo 1.º — 1. As zonas confinantes com os centros radioeléctricos nacionais que prossigam fins de reconhecida utilidade pública ficam sujeitas a servidões administrativas, denominadas radioeléctricas, e bem assim a outras restrições de utilidade pública, nos termos deste diploma.

2. As expropriações que tenham de efectuar-se para obter o conveniente estabelecimento ou ampliação dos centros radioeléctricos considerados no presente decreto-lei são consideradas de utilidade pública.

Art. 2.º Considera-se centro radioeléctrico, para efeitos do presente decreto-lei, o conjunto de instalações radioeléctricas fixas, de emissão ou recepção, incluindo os sistemas irradiantes e de terra e respectivos suportes que exijam a utilização de antenas direccionais ou que se destinem ao serviço de radionavegação, pertencentes ao Estado ou a empresas públicas de telecomunicações ou concessionárias do serviço público de radiocomunicações.

Art. 3.º — 1. O presente decreto-lei destina-se a proteger:

a) Os centros radioeléctricos que venham a ser criados e instalados em locais apropriados, tanto quanto possível afastados de áreas urbanizadas;

b) Os centros radioeléctricos já existentes que hajam sido instalados fora de áreas urbanizadas ou em locais ainda não sujeitos a planos de urbanização na data em que a respectiva instalação se iniciou;

c) Os centros radioeléctricos inicialmente instalados ou a instalar em áreas urbanizadas ou com planos de urbanização aprovados que utilizem feixes hertzianos para o serviço público de telecomunicações.

2. Fora dos casos abrangidos pela definição do artigo 2.º ou considerados no n.º 1 deste artigo, só poderá ser concedida protecção a instalações radioeléctricas para cujos serviços, pela sua excepcional importância e utilidade pública, o Ministro competente, ouvidas as respectivas instâncias oficiais, considere essa protecção necessária.

Art. 4.º — 1. Os limites de um centro radioeléctrico serão os da superfície mínima que abranger:

a) A parte do prédio ou prédios na posse da entidade exploradora que se considere ne-

FIGURA 6 — Decreto-Lei n.º 597/73, de 7 de novembro, que estabelece as servidões radioelétricas em vigor [4]

e afastada das indesejadas fontes de ruído que resultam da atividade quotidiana do Homem, presentes em maior abundância nas grandes urbes. Para reforço desta proteção, o centro dispõe de uma servidão radioelétrica (Figura 6) em seu redor, que restringe ou, pelo menos, modera a expansão urbanística, constituindo-se como instrumento de preservação de condições de receção livres de obstruções, criando, de alguma forma, um ambiente mais controlado, necessário ao seu bom funcionamento. [4]

O centro de Barcarena dispõe, além disso, de uma importante infraestrutura fixa de radiogoniometria[3] para onda longa[4], onda média[5] e onda curta[6], única no país, mas com uma musculada capacidade de deteção e localização de emissões radioelétricas nestas faixas, numa extensa área que abrange o Atlântico Norte, o Norte da Europa, o Norte de África e parte do Médio Oriente.

As emissões em onda longa, onda média e onda curta tiveram um papel muito preponderante, no passado, na radiodifusão sonora, nas comunicações marítimas e aeronáuticas e na distribuição de sinais de controlo e de sincronismo (sinais horários), propagando-se a longas distâncias. Porém, nos dias de hoje, e com o advento da era digital, muitos destes sistemas têm vindo a cair em desuso e têm sido gradualmente substituídos pelas comunicações por satélite, pelos sistemas de navegação modernos, como o GPS ou o Galileo, e ainda por outras rádio-ajudas à navegação marítima e aeronáutica. Ainda assim, e principalmente as comunicações via rádio em onda curta continuam a desempenhar um papel de relevo no controlo e segurança das rotas aéreas e marítimas da atualidade, quer como opção primária, quer como alternativa de recurso e redundância na ausência de cobertura ou perante a falha de outros sistemas.

Neste contexto específico, as comunicações aeronáuticas em onda curta afiguram-se como cruciais no controlo do tráfego aéreo que se processa sobre todo o Atlântico Norte — uma grande parte dele dentro da *Flight Information Region* (FIR) de Portugal —, sob o controlo da Estação de Comunicações Oceânica de Santa Maria[7], nos Açores. É por isso deveras importante ter uma capacidade instalada que permita responder, em curto espaço de tempo, a solicitações que exijam a resolução de problemas de interferências prejudiciais que afetem estes serviços de radiocomunicações, absolutamente críticos para a segurança e salvaguarda da vida humana. Para que estas e outras frequências, nas faixas em questão, permaneçam livres de interferências e em condições de utilização, este radiogoniómetro fixo é tido como uma infraestrutura estratégica e indispensável ao cumprimento desta missão fulcral do país, e da MCE da ANACOM.

Portugal, através da ANACOM, integra, ao abrigo da Resolução ITU-R 23-2 [6] — documento oficial, elaborado pela Assembleia Geral de Radiocomunicações da UIT, e revisto pela última vez em 2012 —, o Sistema de Monitorização Internacional, sendo um dos doze países[8] ao nível mundial que se disponibilizou para receber técnicos de outras administrações. De igual modo, assumiu o compromisso de prosseguir o desenvolvimento das suas infraestruturas de monitorização, de

3 Do grego *gonía*, «ângulo» + *métron*, «medida» +-*ia*, significa medida de ângulos. *in* Dicionário infopédia da Língua Portuguesa [em linha]. Porto: Porto Editora, 2003-2019. [consult. 2019-06-18 15:19:33]. Disponível na Internet: https://www.infopedia.pt/.

4 Faixa de frequências de 30 kHz a 300 kHz.

5 Faixa de frequências de 300 kHz a 3 MHz.

6 Faixa de frequências de 3 MHz a 30 MHz. A propagação em onda curta tira partido da reflexão na ionosfera e permite cobrir extensas regiões e atingir pontos da superfície terrestre situados a milhares de quilómetros de distância, a partir de um único centro emissor.

7 No Atlântico Norte, juntamente com a Estação Aeronáutica de Santa Maria, operam ainda as de Nova Iorque, Gander, Shanwick,

forma a contribuir para o uso eficiente do espectro radioelétrico e para a rápida eliminação de interferências prejudiciais, disponibilizando-as no âmbito da monitorização internacional e participando na troca de informações relevantes. Como tal, o nosso país está inscrito na Lista de Estações de Monitorização Internacional (Lista VIII).

A figura 7 ilustra o radiogoniómetro fixo de onda longa, onda média e onda curta, que recorre a algoritmos de processamento baseados no princípio de interferometria correlativa para determinar o azimute de uma fonte de emissão. Apesar de ser a única infraestrutura deste género no país, e de estar instalado em Barcarena, ele pode ser acedido a partir de qualquer um dos outros CMCE da ANACOM. Na figura, é ainda possível observar o tipo de antenas utilizadas, o *hardware* de controlo, a forma como está instalado e a disposição do agregado circular de antenas.

No âmbito da cooperação internacional entre reguladores europeus existe, uma frequente troca de informações relativamente às diretivas obtidas em cada um dos centros de monitorização internacionais, nos diferentes países, de modo a concretizar operações de triangulação que visam intercetar a origem das emissões que se pretendem circunscrever e localizar. Refira-se que uma ferramenta central, usada para este efeito — um *chat* de conversação que corre numa plataforma *web* —, foi desenvolvida pela ANACOM no âmbito dos trabalhos do grupo PT22, que se dedica aos temas da MCE, no seio da Conferência Europeia das Administrações de Correios e Telecomunicações (CEPT). Esta plataforma de comunicação é, atualmente, utilizada por seis países: Portugal, Espanha, França, Reino Unido, Alemanha e Áustria, dado serem dos poucos que dispõem de uma

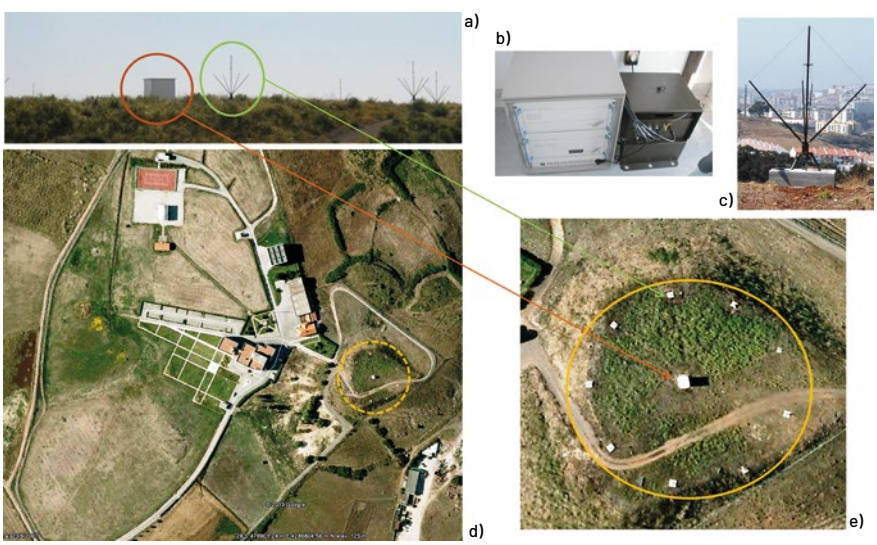


FIGURA 7 — Radiogoniómetro fixo para onda longa, onda média e onda curta, instalado em Barcarena. a) Pormenor do contentor central que aloja o *hardware* de processamento e das antenas de radiogoniometria instaladas no topo do Alto do Paimão. b) *Hardware* instalado no interior do contentor central, que contempla o distribuidor de antenas, a unidade de processamento de sinais, e o módulo de comunicações com a sala de controlo do Centro. c) Pormenor de uma das antenas do agregado circular. d) Localização do agregado de antenas, constituído por nove elementos, dispostos em círculo (dentro da área a tracejado). e) Perspetiva aérea ampliada das antenas de radiogoniometria e contentor central
Fonte: ANACOM

Islândia e Bodo, todas elas estrategicamente instaladas para garantir uma cobertura, total e permanente, das redes radiotelefónicas, em toda esta vasta área oceânica, assegurando-se, dessa forma, as comunicações aeronáuticas com todas as aeronaves em rota, entre a Europa e as Américas (Central e do Norte). Esta estações têm como principais missões: receber e transmitir mensagens entre as aeronaves, em voo ou prestes a descolar, e os serviços de controlo de tráfego aéreo, busca e salvamento, operações de voo das companhias de aviação, meteorológicos e os organismos militares; coordenar, com outras estações aeronáuticas, as medidas apropriadas em caso de falha de comunicações e assegurar, quando for caso disso, os procedimentos de emergência; instruir, em coordenação com outras estações aeronáuticas, as aeronaves sobre as frequências em uso, e proporcionar uma eficaz transferência de comunicações entre ar e terra. [5]

8 Alemanha, Austrália, Canadá, China, Estados Unidos da América, França, Israel, Itália, Japão, Portugal, Reino Unido e República da Coreia.

infraestrutura civil como esta. Outros países europeus terão sistemas semelhantes, mas de cariz militar.

A operação do radiogoniómetro é assegurada, localmente, a partir da posição de controlo apresentada na figura 8, ou remotamente, em cada um dos outros centros. Ainda nesta figura, é possível observar as interfaces de recolha de dados e de processamento de resultados que são, após combinados com a informação fornecida pelas congéneres europeias, projetados em mapas e cartografia digitais, obtendo-se, assim, a localização pretendida da fonte.

FIGURA 8 — Interfaces de utilizador do radiogoniómetro de onda longa, onda média e onda curta. a) Posição de controlo. b) Exemplo de localização de uma fonte de emissão radioelétrica, por triangulação. c) *Interface* gráfica do utilizador
Fonte: ANACOM

O centro de Barcarena dispõe também de um conjunto diversificado de antenas ativas (amplificadas), não só para as faixas de onda curta, mas também para VHF[9] e UHF[10], que permitem complementar o parque e a capacidade de monitorização instalada (figura 9).

FIGURA 9 — Parque de antenas ativas de receção, instaladas no centro de Barcarena para a monitorização e controlo do espectro radioelétrico, nas faixas de HF, VHF e UHF
Fonte: ANACOM

Na sala de controlo (figura 10), encontramos os bastidores que alojam o equipamento que gera e distribui, pelos recetores das várias posições de operação, o sinal padrão de referência, controlado atualmente por GPS, e que é utilizado para garantir o sincronismo e a precisão das medições, mantendo o erro de medição devidamente controlado. No mesmo espaço estão os controladores e distribuidores de antenas utilizados para a partilha do sinal recebido, por uma dada antena,

9 *Very high frequency* (faixa de frequências: 30 – 300 MHz)

10 *Ultra high frequency* (faixa de frequências: 300 MHz – 3 GHz)

pelas posições de operação que dele necessitem. Estes equipamentos já são digitais e acedíveis através da rede de dados, mas ainda são mantidas as matrizes de comutação e controlo manuais, como reserva, para efeitos de redundância e para ativação em caso de falha. Na sala de controlo estão ainda disponíveis os controladores de rotor e de polarização que permitem configurar, remotamente, as condições de receção de algumas antenas instaladas no topo do edifício.

As diferentes posições de operação do centro estão dotadas de recetores de monitorização de geração mais recentes, controláveis por *software* dedicado, a partir da rede de dados, de computadores e monitores a correr aplicações de monitorização — a maior parte delas desenvolvida por técnicos da MCE da ANACOM —, de controladores e descodificadores diversos, e são ainda mantidos os recetores mais antigos, que são usados para confirmação de resultados (redundância), em caso de dúvida.

FIGURA 10 — Sala de controlo do centro de Barcarena. a) Controlador e distribuidor de antenas. b) e c) Posições de monitorização. d) Pormenor de uma posição de monitorização
Fonte: ANACOM

Embora as instalações da ANACOM em Barcarena não tenham sido originalmente concebidas para a finalidade que têm tido ao longo das últimas décadas — o controlo do espectro — (figura 11), já se destinavam a servir as comunicações via rádio. A construção do edifício remonta ao início da década de 1930, em pleno Estado Novo, e servia o propósito de ali instalar o emissor (figura 12) da, já extinta, Emissora Nacional (EN), cujos estúdios funcionavam na Rua do Quelhas, em Lisboa.

Da autoria dos arquitetos Amílcar Pinto[11], Jorge Segurado e Adelino Nunes, o edifício destaca-se pela «[...] modernidade das linhas geométricas da fachada, no desenho dos volumes e da solução de conjunto [...]». [7]

É inegável a rutura estética total que os autores avocam neste projeto, que desagua numa conceção ousada do que havia de vir a ser o edifício do emissor de Barcarena da EN. Construído numa área florestal de Queluz de difícil acesso, o emissor permitiu dar um salto tecnológico extremamente avançado para a época, tornando-se numa infraestrutura comunicacional vital para o regime de então.

11 Amílcar Pinto, ao serviço do Ministério das Obras Públicas, teve um papel de relevo na Comissão para os Novos Edifícios dos Correios, Telégrafos e Telefones (CNE/CTT) e foi nessas circunstâncias que foi nomeado, em 1931, para a Comissão Administrativa para os Edifícios da Emissora Nacional. Juntamente com Adelino Nunes, projetaram, por todo o país, diversas estações dos CTT. [7]

FIGURA 11 — Instalações de Barcarena
Fonte: Instituto Geográfico e Cadastral, julho de 1963

FIGURA 12 — Emissora Nacional, emissor do Alto do Paimão, Barcarena
Fonte: Fotografia de F. S. Cordeiro, Arquivo Histórico da Fundação para as Comunicações, reproduzida a partir de [7]

Também no campo arquitetónico, os seus autores haviam de inovar, com avanços ao nível da utilização racional do betão, demonstrando claras preocupações quanto à habitabilidade e funcionalidade do edifício — bem patentes nas soluções de construção adotadas —, e ao introduzir uma arrojada configuração estética, de base geométrica, do desenho dos alçados e do telhado plano, que tendem a convergir com as tendências modernistas internacionais. [7]

Anos mais tarde, com a deslocalização do emissor da EN, as instalações de Barcarena haviam de dar lugar ao Centro de Fiscalização Radioelétrica da, então, Direção dos Serviços Radioelétricos (DSR) dos CTT, precursor do atual CMCE da ANACOM, estando ainda operacionais algumas infraestruturas herdadas dessa altura.

Os centros dos Açores, Madeira e Porto são mais recentes e estão inseridos em ambientes mais urbanos. Não dispõem de um parque de antenas passivas de onda curta com as dimensões das que existem em Barcarena, por restrições de espaço, mas estão dotados com outras soluções de monitorização que lhes permitem atingir uma capacidade equivalente, embora sacrificando um pouco o patamar de ruído e a sensibilidade na receção.

Apesar de bem equipados, os centros estão longe de conseguir uma cobertura plena do território nacional para os fins de monitorização do espectro radioelétrico. Com o intuito de expandir a capacidade de monitorização remota a partir dos centros da ANACOM, em meados da década de 1990, começou a ser desenvolvido o projeto do Sistema Nacional de Controlo Remoto do Espectro Radioelétrico (SINCRER).

Foram então instaladas 10 estações remotas fixas (figura 13): Barrete, Telégrafo, Santa Comba, Montemuro, Caramulo, Cabeço da Rainha, Serves, Caramelo, Serrinha e Nexe, que entraram em plena operação no final dos anos 90. No desenho da rede, houve o cuidado de colocar estações em locais próximos, ou com boas condições de monitorização, dos grandes aeroportos nacionais, de

modo a poder responder, com prontidão e com uma capacidade de análise adequada, a problemas nas radiocomunicações e rádio-ajudas aeronáuticas.

A figura 14 pretende ilustrar as estações remotas do SINCRER, cuja tipologia pode alternar entre a configuração com radiogoniometria, para VHF e UHF, e a que assenta em antenas diretivas rotativas[12]. Tipicamente, no local existe uma torre metálica com patamar suspenso no topo, onde, acima deste, se encontram as antenas de receção. Existe ainda uma construção em alvenaria que alberga os equipamentos de receção, sistemas de controlo e de energia, de alarmes e de comunicações de dados.

FIGURA 13 — Rede de estações remotas fixas de monitorização do espectro — SINCRER
Fonte: ANACOM

Nas posições de controlo e operação do SINCRER (figura 15) nos CMCE da ANACOM, é possível aceder remotamente e controlar todas as operações inerentes às medições que se pretendem realizar, utilizando as estações desejadas. Combinando os resultados obtidos por múltiplas estações remotas é possível, por triangulação, delimitar uma área provável de origem da emissão alvo de análise. Esta operação encontra-se também evidenciada na mesma figura, na imagem b).

FIGURA 14 — Estações remotas do SINCRER. a) Estação com radiogoniometria para VHF e UHF. b) Estação com antenas diretivas rotativas. c) *Hardware* no interior de uma estação do SINCRER

Todas as estações do SINCRER são acedíveis a partir de cada um dos centros e permitem a monitorização e o controlo do espectro à distância, numa vasta área do território continental. Porém, a cobertura do SINCRER está longe de ser plena. Nem isso seria economicamente viável. Para colmatar esta limitação, a solução mais racional passa por utilizar meios móveis, expandindo a capacidade de monitorização a locais não abrangidos pela cobertura das estações fixas. Estes equipamentos são deslocados na medida das necessidades, pelo tempo estritamente indispensável. Os meios ao dispor para este fim são as viaturas todo-o-terreno,

12 Para emissões contínuas e de proveniência fixa, é possível determinar a sua origem, procurando o respetivo máximo, ao longo de um varrimento de 360°, ainda que, sacrificando o tempo de obtenção do resultado.

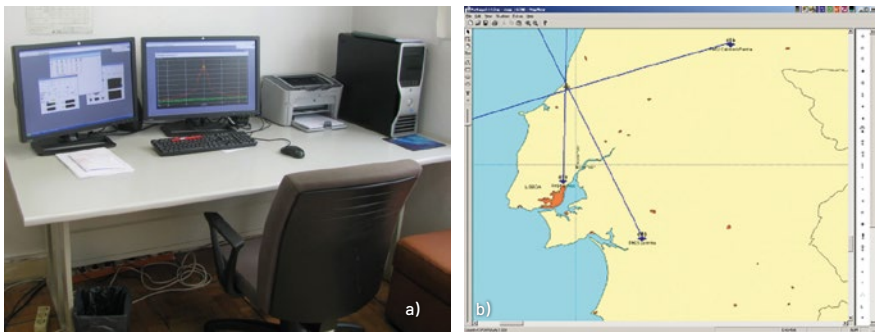


FIGURA 15 — Sala de operação do SINCRER em Barcarena. a) Posição de controlo e monitorização. b) Exemplo de localização de uma fonte de emissão radioelétrica, por triangulação, usando três estações remotas distintas

com radiogoniometria a bordo, e as estações móveis. Ao ser possível a sua integração com a infraestrutura do SINCRER, estes meios transportáveis passam a ser vistos como estações adicionais da rede, e as medições por eles obtidas passam a estar disponíveis no centro de controlo e operação, podendo também ser usadas, por exemplo, para triangulação com outras estações fixas e, até, para controlar, a partir do terreno, as próprias estações remotas. Esta integração, transparente do ponto de vista do utilizador, é possível graças aos sistemas de comunicações de dados instalados nas viaturas.

As estações móveis de monitorização (figura 16) são o equivalente a um pequeno centro, mas com as principais funcionalidades, e com a capacidade de se deslocarem para onde há necessidade de atuar.

Estes veículos dispõem de um mastro elevatório, hidráulico-pneumático, capaz de atingir uma altura de 12 m, no topo do qual poderão ser montadas as antenas de receção pretendidas, possuindo ainda um rotor de azimute e outro de polarização, controlados remotamente a partir do interior da viatura. Estes dispositivos permitem direcionar e orientar a antena, segundo dois eixos de rotação e, assim, otimizar a receção de acordo com as características do sinal a receber (direção de proveniência e polarização).

FIGURA 16 — Meios móveis de monitorização e controlo do espectro radioelétrico. a) Estação móvel de monitorização. b) Pormenor do mastro hidráulico-pneumático, de 12 m, em utilização na estação móvel
Fonte: ANACOM

Estas estações têm tido uma utilização muito intensiva na fiscalização de eventos temporários e de curta duração, nos estudos de cobertura da televisão digital terrestre (TDT), no controlo de emissões do serviço fixo (feixes hertzianos), na resolução de interferências diversas e na monitorização de emissões do serviço móvel aeronáutico.

No compartimento central do veículo, está instalada a posição de controlo do operador — imagem a) da figura 17 — e um bastidor com os equipamentos de medição, controlo, processamento e comunicações. No compartimento à retaguarda — imagem b) da mesma figura — existe uma área técnica mais reservada, onde se acondicionam as antenas e o material de apoio; o gerador (para utilizações autónomas mais prolongadas); as baterias (capazes de alimentar os equipamentos, de forma autónoma, por períodos relativamente mais curtos); o compressor (usado para elevar o mastro, de modo automático); assim como cablagens e ferramentas diversas.

Em complemento à capacidade introduzida pelas estações móveis existem ainda as viaturas de radiogoniometria para as faixas de VHF e UHF (figura 18). Estes veículos, descaracterizados, têm no tejadilho uma mala de transporte de bagagem, que foi alterada de modo a ocultar o agregado circular de antenas de radiogoniometria que, na maior parte das situações a investigar, se pretende que passe despercebido.

O radiogoniómetro de VHF e UHF, apesar de ser móvel e mais compacto, por razões que se prendem com o comprimento de onda associado às frequências em que opera, tem a mesma finalidade e princípio de funcionamento que se descreveram para o de onda curta, mas a uma escala mais reduzida. Até porque, as frequências de VHF e UHF não se propagam a tão grandes distâncias. No fundo, a sua utilização visa detetar e circunscrever a origem de uma dada emissão radioelétrica. Também este equipamento pode ser devidamente integrado com a rede SINCRER.

FIGURA 17 — Estação móvel de monitorização e controlo do espectro radioelétrico. a) Posição de controlo e monitorização no interior da estação móvel; b) Pormenor dos acessórios e sistemas de energia no compartimento traseiro da estação móvel.

FIGURA 18 —Viatura radiogoniómetro de VHF e UHF
Fonte: ANACOM

No compartimento traseiro do veículo (figura 19) encontram-se os recetores, o processador de radiogoniometria, um computador, os módulos de comunicações de dados, os sistemas de energia e a posição de controlo do operador (monitor e teclado), onde poderão ser visualizados, em tempo real, os dados obtidos, com a possibilidade de os projetar em cartografia digital.

Estas viaturas operacionais têm sido muito utilizadas na busca e localização de emissões ou de fontes perturbadoras, incluindo emissões ilegais de radiodifusão sonora, dispositivos de sinalização de radiofrequência de emergência, inibidores de comunicações (*e.g.*, *jammers*) e na deteção de interferidores diversos, passíveis de comprometer os serviços móveis: aeronáutico, marítimo e terrestre.

É inegável o salto tecnológico que a rede SINCRER veio, à época, introduzir na atividade da MCE desenvolvida em Portugal. Todavia, nos dias que correm, a sua capacidade, apesar de importante, já não é suficiente para garantir uma resposta ajustada ao contexto tecnológico atual. Tanto mais que, em alguns países da Europa, começam a ser comuns redes de monitorização do espectro baseadas em sensores. Esta opção, mais racional, flexível e económica, permite expandir e densificar uma rede com uma capilaridade mais fina, ou seja, com um elevado número de estações, capaz de atingir ganhos de cobertura, que minimizam a intervenção humana e a necessidade de deslocar equipas ao terreno com elevada regularidade.

Ao longo dos últimos anos, tem havido uma intensa atividade de desenvolvimento de sistemas de informação específicos para a monitorização do espectro com recurso a meios próprios da ANACOM, nomeadamente, pelos técnicos da MCE. São disso exemplo diversas aplicações de gestão e automatização de tarefas e rotinas (*Radiotask* e *Webtask*), com possibilidade de controlo de equipamentos através de *interfaces* virtuais, flexíveis e otimizadas às funções habitualmente executadas; módulos de controlo e automatização de procedimentos harmonizados de medição, assim como, algoritmos de processamento de dados e sinais (*e.g.*, no âmbito da TDT, radiodifusão sonora, etc.).

a) b) c)

FIGURA 19 — Viatura radiogoniómetro de VHF e UHF. a) *Hardware* de processamento, recetor, PC, *router*, módulo de alimentação, e módulo de comunicações para integração com a rede SINCRER; b) Posição de controlo; c) *Interface* de utilizador.
Fonte: ANACOM

Nota final

Com este artigo, pretendeu-se dar uma perspetiva abrangente da monitorização e controlo do espectro na ANACOM, enquanto área essencial da gestão do espectro. Ao longo do texto, percorreram-se diversos aspetos que vão desde a sua organização às atividades operacionais, passando pelas competências, atribuições e infraestruturas técnicas disponíveis. Houve o cuidado de ilustrar os conceitos, sempre que possível, com imagens reais que permitissem ao leitor adquirir uma maior familiaridade com a realidade descrita, sem que se exijam conhecimentos técnicos aprofundados. Todavia, o assunto é tão rico e tão amplo que não se esgota nestas linhas.

Ficou bem patente que a capacidade técnica da ANACOM, nesta área, atinge um patamar de excelência que é reconhecido pelos seus pares. Prova disso é a sua participação na rede internacional criada no âmbito da Resolução ITU-R 23-2. Ainda assim, muito haverá para fazer, tendo em conta os desafios tecnológicos, presentes e futuros, que não param de nos surpreender, a cada dia que passa.

A evolução é isto mesmo e a ANACOM terá que estar aberta a prosseguir uma investigação contínua e uma busca incessante por um cada vez maior conhecimento nestes domínios. A par disso, o acompanhamento exaustivo do sector será, assim, absolutamente vital, de modo a permitir a criação de massa crítica, com uma perspetiva atualizada e ambiciosa destes temas. Só assim, se conseguirá verdadeiramente inovar, criar valor e conceber novos paradigmas de monitorização do espectro, mais expeditos e otimizados, com uma visão de futuro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] International Telecommunications Union — Radiocommunicaton Bureau (ITU-R), *Handbook on National Spectrum Management*, Edition of 2015, ITU, Geneva, 2015.

[2] International Telecommunications Union — Radiocommunicaton Bureau (ITU-R), *Handbook on Spectrum Monitoring*, Edition of 2011, ITU, Geneva, 2011.

[3] International Telecommunications Union — Radiocommunicaton Bureau (ITU-R), *Radio Regulations*, Edition of 2016, ITU, Geneva, July 2016.

[4] Decreto-Lei n.º 597/73, de 7 de novembro, publicado no *Diário da República,* 1.ª série, n.º 260, de 7 de novembro.

[5] NAV Portugal, *Estação de Comunicações Oceânica da Santa Maria* [*online*, consult. 19 de junho de 2019 14:15:22], disponível na Internet: https://www.nav.pt/nav/servi%C3%A7os-de-navega%C3%A7%C3%A3o-a%C3%A9rea-1/infraestruturas-de-aeron%C3%A1utica/esta%C3%A7%C3%A3o-de-comunica%C3%A7%C3%B5es-oce%C3%A2nica.

[6] International Telecommunications Union — Radiocommunicaton Bureau (ITU-R), RESOLUTION ITU-R 23-2: *Extension of the International Monitoring System to a worldwide scale*, ITU, Geneva, 2012.

[7] José Raimundo Noras, *Amílcar Pinto: um arquitecto português do século XX*, dissertação de mestrado em História da Arte, Património e Turismo Cultural, especialização em História da Arte, vol. I, Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, 2011.