



MEDIÇÕES DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

REDES 5G EM ENSAIOS TÉCNICOS

ANACOM

01-03-2021

LISTA DE ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

AAS Active Antenna Systems

ANACOM Autoridade Nacional de Comunicações

ARN Autoridade Reguladora Nacional

CEM Campos Eletromagnéticos

DGS Direção-Geral de Saúde

ECC Electronic Communications Committee

FTP File Transfer Protocol

ICNIRP International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection

MIMO Multiple Input Multiple Output

NR New Radio

NSA Non-Stand Alone

OMS Organização Mundial da Saúde

SCET Serviços de Comunicações Eletrónicas Terrestres

TDD Time Division Duplex

UE União Europeia

4G Quarta geração móvel

5G Quinta geração móvel

i

ÍNDICE

SUMÁRIO EXECUTIVO	1
1. INTRODUÇÃO	3
2. A ATIVIDADE DA ANACOM NA AVALIAÇÃO DE CEM	3
3. ENSAIOS TÉCNICOS 5G EM PORTUGAL	5
4. AVALIAÇÃO DE CEM EM REDES 5G	9
4.1. PROCEDIMENTOS	10
4.2. CONFIGURAÇÃO DOS TESTES	11
4.3 RESULTADOS OBTIDOS	12
4.3.1. MEDIÇÕES DE VARRIMENTO DE FAIXAS DE FREQUÊNCIAS	12
4.3.2. INVESTIGAÇÃO DETALHADA	14
4.3.3. OUTRAS MEDIÇÕES (VALORES DE PICO NOS 3,6 GHz)	16
4.3.4. CÁLCULO DAS CONDIÇÕES EXTREMAS DA REDE	16
5. CONCLUSÕES	18
ANEXO	20

SUMÁRIO EXECUTIVO

A Autoridade Nacional de Comunicações (ANACOM) é responsável, nomeadamente, por assegurar a gestão eficiente do espectro radioelétrico e a sua supervisão. Neste âmbito, a ANACOM fiscaliza o cumprimento dos níveis de referência dos Campos Eletromagnéticos (CEM) provenientes de estações de radiocomunicações, para garantir a proteção da população em geral à exposição de CEM.

No seguimento das autorizações emitidas pela ANACOM para a realização de ensaios técnicos da quinta geração móvel (5G) em Portugal, e no âmbito do CEM, a ANACOM decidiu efetuar medições aos níveis dos CEM provenientes de redes 5G.

Através da <u>Portaria n.º 1421/2004</u>, <u>de 23 de novembro</u>, Portugal adotou a Recomendação do Conselho, relativa à limitação da exposição da população aos CEM (0 Hz – 300 GHz), com base nos limites definidos pelo *International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection* (ICNIRP), que servem de referência aos resultados das medições CEM efetuadas pela ANACOM.

Os resultados de CEM apurados durante o período 2000 – 2020, que não incluiu redes 5G, apontam para valores consistentemente seguros de pelo menos 50 vezes inferiores aos níveis de referência.

O objetivo deste estudo é avaliar o impacto do 5G, em termos de exposição da população em geral a CEM, e apresentar o resultado das medições efetuadas entre junho e outubro 2020 nas proximidades de estações a realizar testes-piloto 5G na faixa 3,4-3,8 GHz (3,6 GHz), que foram autorizados pela ANACOM, no âmbito das suas competências. As medições CEM foram efetuadas em cinco localizações (de ora em diante referidas como "pontos"), nas imediações de quatro redes 5G distintas. As principais conclusões são as seguintes:

- As redes 5G estavam a funcionar de acordo com os requisitos expectáveis, nomeadamente na faixa dos 3,6 GHz;
- Em termos globais, os valores medidos estão mais de 50 vezes abaixo dos níveis de referência recomendados;
- A contribuição das redes 5G em teste, na faixa dos 3,6 GHz, para os níveis da exposição total, no momento da realização deste trabalho foi muito pouco significativa quando comparada com as redes móveis para Serviços de Comunicações Eletrónicas Terrestres (SCET) já em operação.

Saliente-se que para as redes 5G ainda não estão definidos procedimentos de medição de CEM a nível nacional e internacional. Este trabalho, baseado fundamentalmente nos procedimentos atuais, inclui,

todavia, novas formas de abordagem, nomeadamente, a avaliação de CEM utilizando o método de extrapolação proposto pela Narda, o fabricante de instrumentos de medição.

No âmbito do normal cumprimento das suas atribuições, e com vista a ações futuras sobre estas matérias de CEM, a ANACOM:

- Continuará a acompanhar e a contribuir para os desenvolvimentos internacionais relativamente a métodos e procedimentos de medições de CEM incluindo redes 5G, nomeadamente as atualizações à Recomendação ECC (02)04 sobre "measuring non-ionising electromagnetic radiation (9 kHz-300 GHz), amended 6 February 2007"; e
- Prosseguirá no terreno com as atividades de medição, no que diz respeito à exposição da população em geral aos CEM, após a implementação das novas redes para fornecer serviços ao público em geral, tendo em consideração o tráfego real cursado.

1. INTRODUÇÃO

A ANACOM é a Autoridade Reguladora Nacional (ARN) responsável por assegurar a gestão eficiente do espectro radioelétrico, envolvendo a planificação, a atribuição dos recursos espectrais, a sua supervisão e a coordenação entre as radiocomunicações civis, militares e paramilitares.

A ANACOM cria condições para o desenvolvimento de novas aplicações e serviços, contribuindo para o desenvolvimento socio-económico do país, nomeadamente autorizando a realização de ensaios técnicos previamente à introdução de determinada tecnologia no mercado Português.

No âmbito das atividades de supervisão, a ANACOM fiscaliza o cumprimento da regulamentação aplicável e, em particular, o cumprimento dos níveis de referência dos CEM provenientes de estações de radiocomunicações, atividade importante para garantir a proteção da população em geral à exposição de CEM.

No seguimento das autorizações emitidas pela ANACOM para a realização de ensaios técnicos 5G em Portugal, e no âmbito do CEM, a ANACOM decidiu efetuar medições aos níveis dos CEM provenientes de redes 5G, para as quais ainda não estão definidos procedimentos de medição de CEM a nível nacional e internacional.

Na secção 2, apresenta-se o enquadramento da atividade da ANACOM em termos de avaliações de CEM. Na secção 3, é efetuada uma descrição dos ensaios técnicos 5G autorizados em Portugal. Na secção 4, são identificados os procedimentos e configurações utilizados nas medições de CEM bem como apresentados e analisados os resultados obtidos. Na secção 5, constam as principais conclusões. Por fim, em Anexo são apresentados os resultados detalhados das medições CEM efetuadas.

2. A ATIVIDADE DA ANACOM NA AVALIAÇÃO DE CEM

O Conselho da União Europeia (UE) elaborou a Recomendação do Conselho n.º 1999/519/CE, de 12 de julho, relativa à limitação da exposição da população aos CEM (0 Hz - 300 GHz), com base nos limites definidos pelo ICNIRP, a qual foi incluída no âmbito do quadro das atividades de saúde pública,

através de uma Decisão do Parlamento Europeu e do Conselho¹. Portugal, através da <u>Portaria n.º</u> <u>1421/2004, de 23 de novembro</u>, adotou a Recomendação do Conselho. A verificação do cumprimento dos níveis de referência fixados nesta Portaria é uma das atividades que constituem a vertente fiscalizadora da ANACOM.

De acordo com a Direção-Geral de Saúde (DGS)², entidade que assume a liderança em questões de saúde pública em Portugal, os níveis de referência para os limites de exposição de CEM devem estar em conformidade com as Diretrizes do ICNIRP que é, formalmente, reconhecido pela Organização Mundial da Saúde (OMS).

A Figura 1 ilustra os limites de exposição aos CEM adotados por Portugal (frequência (MHz) e por campo elétrico (E(V/m))).

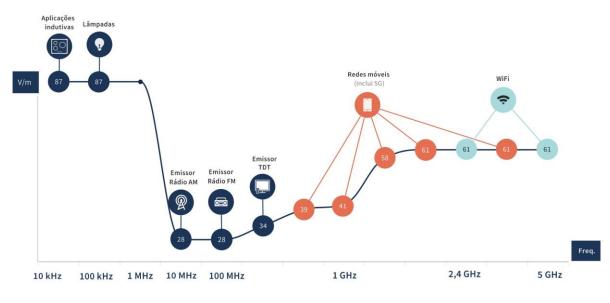


Figura 1: Limites de exposição aos CEM

Fonte: ANACOM

Desde o ano 2000 e até ao final do ano de 2020 foram recebidas na ANACOM 2007 solicitações relacionadas com radiações não-ionizantes, para análise de situações concretas, que implicaram a realização de **milhares de medições**, em diversos locais do território nacional. As medições efetuadas abrangeram faixas de frequências que incluem redes móveis e outros serviços de radiocomunicações.

¹ O ICNIRP atualizou as suas diretrizes em 2020 mas a nível da União Europeia a Recomendação ainda não foi atualizada.

 $^{^2 \,} Mais \, informação \, disponível \, em \, \underline{https://www.dgs.pt/paginas-de-sistema/saude-de-a-a-z/radiacoes-nao-ionizantes.aspx} \, a \, \underline{https://www.dgs.pt/paginas-de-sistema/saude-de-a-a-z/radiacoes-nao-ionizantes.aspx} \, \underline{https://www.dgs.pt/paginas-de-sistema/saude-de-a-a-z/radiacoes-nao-ionizantes-nao-io$

Os resultados apurados durante as últimas duas décadas apontam para valores consistentemente seguros: pelo menos **50 vezes inferiores aos níveis de referência** de densidade de potência fixados na Portaria n.º 1421/2004, de 23 de novembro.

No universo das solicitações analisadas apenas se verificaram 66 situações (aproximadamente 3% no total das situações analisadas) que não garantiam um patamar 50 vezes inferior sendo, contudo, em todas elas, garantido o cumprimento dos níveis de referência. Todas as conclusões das ações realizadas foram levadas ao conhecimento das entidades em causa.

Na Figura 2, estão discriminadas as análises concluídas pela ANACOM desde o ano 2000. É possível verificar que os 66 casos se concentraram no início da década de 2000.



Figura 2: Evolução do número de solicitações recebidas na ANACOM, 2000 a 2020

Fonte: ANACOM

3. ENSAIOS TÉCNICOS 5G EM PORTUGAL

Desde 2017, a ANACOM tem vindo a autorizar a utilização temporária de espectro radioelétrico para a **realização de ensaios técnicos 5G em Portugal**, em conformidade com o n.º 3 do artigo 5º do Decreto-Lei n.º 151-A/2000, de 20 de julho, na sua redação em vigor.

Esta Autoridade considera que os ensaios e estudos técnicos sobre o 5G se revestem de grande interesse e benefício público pois permitem que investigadores, fabricantes e operadores de comunicações eletrónicas desenvolvam um processo de aprendizagem sobre as várias funcionalidades e capacidades, bem como afiram os seus modelos teóricos antes de se avançar para a implementação em grande escala das futuras redes com a consequente disponibilização de serviços aos utilizadores.

A faixa de frequência dos 3,6 GHz (3,4-3,8 GHz) é importante para a implementação de redes 5G, tendo até à data sido utilizada para os diversos ensaios técnicos com vista a testar as suas funcionalidades.

O mapa da Figura 3 ilustra a distribuição por concelho das estações que se encontravam ativas à data de 1 de julho de 2020 na faixa dos 3,6 GHz, para fins de estudo, no território português.

Figura 3: Número de estações 5G em ensaios técnicos em Portugal, por concelho

Concelho	Número de estações
Almada	1
Aveiro	4
Faro	1
Funchal - Madeira	1
Lisboa	15
Matosinhos	11
Odivelas	1
Oeiras	3
Ponta Delgada - Açores	1
Porto	6
	1

Fonte: ANACOM (Referência: 01.07.2020)

Adicionalmente, na Figura 4 ilustram-se os concelhos onde foram autorizados ensaios técnicos 5G pela ANACOM (data de referência 15 de dezembro de 2020).

Concelhos onde foram autorizados ensaios técnicos 15.dez.2020

Figura 4: Concelhos onde foram autorizados ensaios técnicos 5G

Fonte: ANACOM (Referência: 15.12.2020)

Considera-se que os ensaios técnicos autorizados por esta Autoridade têm especial relevância pois permitem que os operadores, de forma atempada e em contextos diversificados, possam testar as funcionalidades e aplicações que esta nova geração móvel permitirá oferecer, nomeadamente:

- Tecnologia NR (New Radio);
- Modo de acesso TDD (Time Division Duplex);
- Diferentes padrões de tramas TDD;
- Larguras de banda até 100 MHz;
- Active Antenna Systems (AAS) (ex. 64T64R);
- Multiple Input Multiple Output (MIMO);
- Beamforming;
- Novas soluções de handover.

De momento, as redes 5G funcionam em modo não-autónomo (*non-standalone* – NSA), ou seja, dependem das redes 4G – sem 4G não é possível 5G na configuração NSA.

As redes que foram avaliadas, embora semelhantes, apresentam **diferentes modos de implementação** de acordo com o fabricante/operador, nomeadamente quanto à largura de banda usada, configurações de antena com formação de feixes direcionados (*beamforming*), de sinal-piloto assim como funcionalidades que permitem a agregação de portadoras 4G e 5G, maximizando as velocidades de transferência de dados.

Nas redes 5G, de momento a implementação de formação de feixes (*beamforming*) gera apenas feixes estáticos, ou seja, os feixes estão fixos numa determinada direção. Isto cria um novo desafio nas redes 5G através da definição de mecanismos que permitam a transição (*handover*) entre feixes por parte do utilizador – na prática o feixe não segue o utilizador.

Entre a autorização de ensaios pela ANACOM e os finais de 2020, a experimentação com as tecnologias do 5G e com as faixas de frequências mais aptas à sua implementação, permitiu um conjunto de passos concretos e também alcançar um conjunto de progressos significativos. O friso cronológico patente na Figura 5 aponta alguns dos **principais desenvolvimentos** relacionados com o 5G em Portugal. Entre estes marcos, vários deles publicitados na comunicação social, estão os seguintes:

- outubro de 2017: primeiros testes 5G em Portugal;
- março 2018: Consulta pública sobre a disponibilização de espectro na faixa de frequências dos 700 MHz e noutras faixas relevantes: 450 MHz, 900 MHz, 1500 MHz, 1800 MHz, 2,1 GHz, 2,6 GHz, 3,6 GHz e 26 GHz³;
- novembro de 2018: demonstração de realidade aumentada com 5G durante Web Summit;
- dezembro de 2018: primeira ligação 5G por smartphone;
- março de 2019: instalação primeira antena 5G;
- maio de 2019: demonstração das potencialidades do 5G, nomeadamente no que respeita a veículos autónomos durante o *Portugal Smart Cities Summit*;
- maio de 2019: primeira ligação 5G em roaming entre operador português e operador espanhol;
- junho de 2019: transmissões televisivas em direto suportadas na tecnologia 5G;
- junho de 2019: demonstração na praia de Matosinhos da utilização de 5G em drones para ação de salvamento na praia;
- agosto de 2019: chamada 5G Holográfica durante o festival Paredes de Coura (latência inferior 10 ms);
- setembro de 2019: equipas de socorro utilizam 5G para suportar a sua atuação em simulacro de acidente;
- novembro de 2019: videochamada 5G na abertura do Web Summit;
- dezembro de 2019: ligação com dispositivo de realidade aumentada para demonstração do
 5G aplicado à saúde;

8

³ Disponível em https://www.anacom.pt/render.jsp?categoryld=406535.

- fevereiro de 2020: ANACOM aprovou o projeto de regulamento do leilão para a atribuição de direitos de utilização de frequências (DUF) nas faixas dos 700 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 2,1 GHz, 2,6 GHz e 3,6 GHz⁴;
- junho de 2020: ANACOM publica o Guia "Redes móveis e saúde factos, dados e desafios"5;
- dezembro de 2020: início do leilão para "5G" em Portugal.

Figura 5: Cronograma dos principais momentos relacionados com o progresso do 5G em Portugal



Fonte: ANACOM

4. AVALIAÇÃO DE CEM EM REDES 5G

O objetivo deste estudo é avaliar o impacto do 5G em termos de exposição da população em geral a CEM, e apresentar o resultado dos testes efetuados entre junho e outubro 2020 nas proximidades de estações a realizar testes piloto 5G na faixa 3,4-3,8 GHz (3,6 GHz).

Este trabalho, baseado fundamentalmente nos procedimentos atuais, inclui, todavia, novas formas de abordagem, nomeadamente, a avaliação de CEM utilizando o método de extrapolação proposto pela Narda (ver secção 4.3.4 do presente relatório). Note-se que os dados não se reportam a um contexto operacional, isto é, as redes de teste 5G, no momento em que foram efetuadas as medições, não se encontravam disponíveis para utilização pública.

⁴ Disponível em https://anacom.pt/render.jsp?contentId=1502266.

⁵ Disponível em https://www.anacom.pt/render.jsp?contentId=1540981.

De forma a avaliar os efeitos do 5G na exposição total, as medições de teste foram efetuadas nas seguintes condições:

- a) Ausência de tráfego;
- b) Tráfego gerado por terminais portáteis;
- c) Tráfego gerado pela rede.

4.1. PROCEDIMENTOS

A metodologia utilizada para efetuar esta verificação tem por base os critérios definidos no regulamento n.º 86/2007 (este documento descreve o método de medição que deve ser utilizado para avaliar a radiação eletromagnética face aos níveis de referência de exposição dos seres humanos a CEM (9 kHz - 300 GHz)), que contempla três casos de verificação:

- Caso 1 Perspetiva geral;
- Caso 2 Varrimento de faixas de frequências;
- Caso 3 Investigação detalhada (extrapolação para máximos teóricos).

O caso da **perspetiva geral** deve ser aplicado quando se pretende conhecer o nível global da radiação não-ionizante, em determinado local. Este caso não é aplicável caso seja necessário conhecer especificamente os níveis de radiações não-ionizantes por frequência (ou faixa de frequências).

O caso de **varrimento de faixas de frequências** deve ser aplicado sempre que for requerido discriminar por faixas de frequências os níveis de radiação não-ionizante.

O caso da **investigação detalhada** deve ser aplicado sempre que seja necessário avaliar uma emissão em particular, ou seja, em que é necessário investigar uma emissão de forma independente relativamente às restantes emissões que chegam ao mesmo local.

O procedimento, de acordo com o <u>regulamento n.º 86/2007</u>, baseia-se na aplicação dos três casos de verificação acima referidos, cujo grau de complexidade e rigor aumenta gradualmente.

Neste trabalho, para aferição dos valores de referência do ICNIRP (fixados na <u>Portaria n.º 1421/2004</u>, <u>de 23 de novembro)</u> foram usados os procedimentos de varrimento faixa de frequências (caso 2) e de investigação detalhada (caso 3).

Dadas as especificidades das redes 5G (para as quais ainda não estão definidos procedimentos de medição de CEM a nível nacional e internacional), e ao facto de não se encontrarem ainda em exploração, foram efetuadas as seguintes abordagens de avaliação:

- Extrapolação de exposição máxima a partir do canal de sinalização;
- Registo de valores de pico no canal em situação de tráfego.

4.2. CONFIGURAÇÃO DOS TESTES

Os testes foram efetuados com os analisadores seletivos Narda SRM-3006, com sonda de campo elétrico dos 420 MHz aos 6 GHz, e Narda SRM-3000, com sonda de campo elétrico dos 75 MHz aos 3 GHz, conforme ilustrado na Figura 6.

As medições de campo elétrico foram realizadas em locais exteriores (designados no presente relatório como "pontos") de fácil acesso à população em geral, com a sonda posicionada à altura de 1,5 metros e durante períodos de 6 minutos, em diferentes pontos relativamente à estação 5G, conforme ilustrado na Figura 7. Os pontos foram previamente escolhidos de forma a avaliar a situação de pior caso (maior exposição a CEM).



Figura 6: Narda (SRM-3000 e SRM-3006) e sondas

Fonte: ANACOM

Figura 7: Um dos pontos avaliados



Fonte: ANACOM

4.3 RESULTADOS OBTIDOS

com os limites de exposição.

Os resultados, nos 5 pontos onde foram efetuadas medições, são apresentados em termos do quociente de exposição total⁶. Os detalhes das medições CEM efetuadas podem ser consultados em **Anexo**.

4.3.1. MEDIÇÕES DE VARRIMENTO DE FAIXAS DE FREQUÊNCIAS

Os valores do quociente de exposição total, dos 75 MHz aos 6 GHz, resultantes das medições efetuadas, relativos aos valores médios obtidos para o intervalo de amostragem de 6 minutos podem ser visualizados na Figura 8. Note-se que para efeito de representação gráfica, utiliza-se escala logarítmica para possibilitar a compactação da visualização de valores muito díspares.⁷

⁶ O quociente de exposição total é a soma de todos os quocientes de exposição individuais na faixa de frequência medida, num único local. O cálculo deste valor a partir dos quocientes de exposição individuais deverá estar definido em conjunto

⁷ Uma escala aritmética permitiria ter uma noção mais realista da dificuldade de alcançar os valores mais elevados, mas teria severas limitações como dispositivo de comunicação de dados.

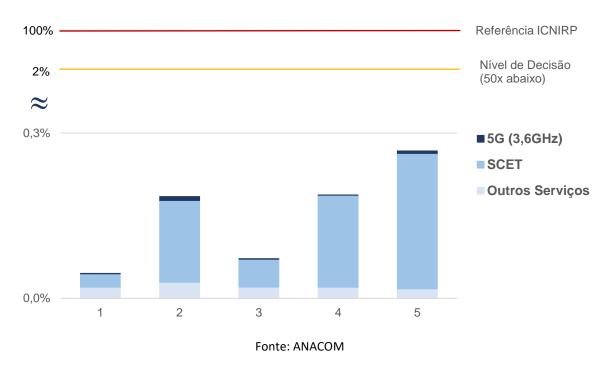


Figura 8: Quociente de exposição total dos 75 MHz aos 6 GHz, por ponto

Conforme se observa na Figura anterior, nos 5 locais medidos os níveis da exposição total são inferiores a 2% (isto é, mais de **50 vezes abaixo** do nível de referência).

De igual modo, a contribuição das redes 5G em teste, na faixa dos 3,6 GHz, foi **muito pouco significativa quando comparada com as redes móveis já em operação** SCET.

Na pior situação (ponto 5), o quociente de exposição total obtido, foi de 0,27% que corresponde a uma Densidade de Potência 370 vezes inferior ao valor de referência.

Na Figura 9, é apresentado o quociente de exposição total sem e com 5G, na faixa de frequências dos 75 MHz aos 6 GHz. Como é possível verificar o contributo do 5G é pouco significativo.

Referência ICNIRP
Nível de Decisão (50x abaixo)

Sem 5G
■ Com 5G

Fonte: ANACOM

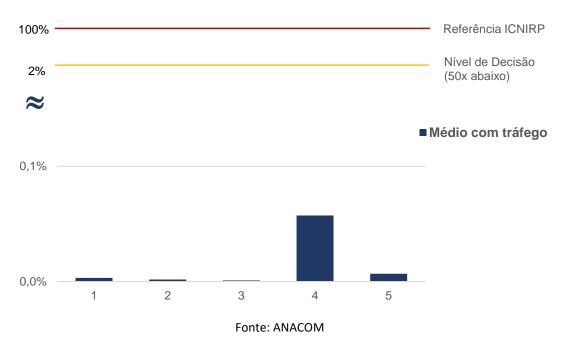
Figura 9: Quociente de exposição total sem e com 5G, por ponto

De notar que nas Figuras anteriores, a linha vermelha refere-se ao limiar em termos de radiação eletromagnética, de acordo com os referenciais do ICNIRP, de forma a proteger a exposição da população à radiação, e a linha amarela representa um limiar de segurança que visa verificar se os valores medidos se encontram num patamar 50 vezes inferiores aos limiares recomendados pelo ICNIRP.

4.3.2. INVESTIGAÇÃO DETALHADA

Na Figura 10, podem ser consultados os resultados das medições efetuadas, dos valores médios obtidos para o intervalo de amostragem de 6 minutos. Os resultados, nos 5 pontos onde foram efetuadas medições, são apresentados em termos do quociente de exposição na faixa dos 3,6 GHz para cada um dos canais medidos, que considerou larguras de banda de 60 MHz ou 100 MHz (ilustrado na Figura 11).

Figura 10: Quociente de exposição total dos 3,6 GHz (3400 – 3800 MHz), por ponto



Conforme se observa na Figura anterior, nos 5 pontos medidos os níveis da exposição na faixa dos 3,6 GHz (3400 – 3800 MHz) das redes 5G em teste, está mais de 50 vezes abaixo dos níveis de referência recomendados.

Figura 11: Emissão 5G com 100 MHz de largura de banda

Fonte: ANACOM

4.3.3. OUTRAS MEDIÇÕES (VALORES DE PICO NOS 3,6 GHz)

Para a aplicação da recomendação do ICNIRP, é importante considerar que os limites estabelecidos se referem aos valores médios para um intervalo de amostragem de 6 minutos.

O exercício teórico de considerar como valor médio (o valor que deve ser comparado com os limites do ICNIRP) o valor máximo instantâneo obtido, dando a perceção de "**pior caso**", evidenciam que mesmo nessas condições os limites são cumpridos.

Apresenta-se na Figura 12 o resultado do quociente na faixa dos 3,6 GHz para cada um dos canais medidos, que considerou larguras de banda de 60 MHz ou 100 MHz.

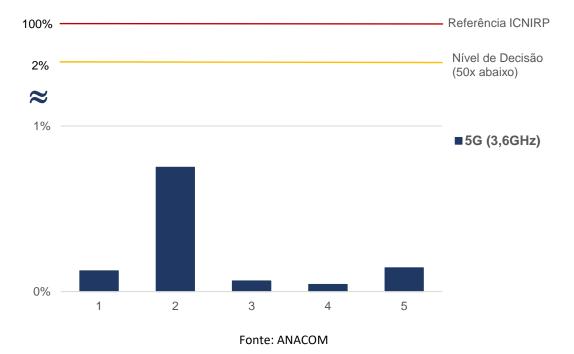


Figura 12: Quociente de exposição nos 3,6 GHz (valores de pico), por ponto

4.3.4. CÁLCULO DAS CONDIÇÕES EXTREMAS DA REDE

A rede em condições extremas pressupõe que se encontra a ser utilizada constantemente em condições de máxima potência com todas as portadoras incluídas.

Para se concretizar a análise da rede em condições extremas, mediu-se o bloco de sinalização 5G (com largura de banda de 8 MHz), em concreto os valores de pico nele registados, enquanto se gerava tráfego 5G em pelo menos 50% do tempo da medição.

Em duas redes 5G analisadas, o bloco de sinalização é fixo na frequência e na largura de banda que ocupa, enquanto nas duas outras redes 5G é variável na frequência. Tal deve-se à opção que o fabricante implementou nos equipamentos que desenvolveu.

Através do "método da extrapolação" infere-se o nível máximo teórico de exposição, ficando-se assim com a perceção dos CEM que se obtêm na situação de emissão de **potência máxima** na rede 5G.

O método de extrapolação utilizado foi o proposto pela Narda⁸, que só é aplicável a redes 5G com bloco de sinalização fixo. Na Figura 13, são apresentados os resultados que se obtêm.

Esta abordagem, assim como a que se descreveu em 4.3.3., é uma forma de estimar a situação de "pior caso", sendo que as redes, não sendo desenhadas para trabalharem nesse limite (por razões até de proteção e durabilidade de todos os seus equipamentos constituintes) raramente se encontrarão a ser utilizadas nestes cenários. É um exercício teórico (no sentido em que terá pouca ligação à realidade do dia-a-dia) que só se justificará em situações muito específicas.

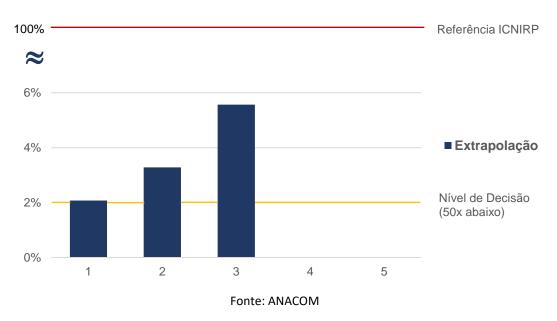


Figura 13: Quociente de exposição extrapolado, por ponto

⁸ Disponível em https://journals.lww.com/health-physics/fulltext/2019/11000/on the assessment of human exposure to.7.aspx.

Da análise da Figura anterior, verifica-se que em 2 dos pontos, de acordo com a extrapolação efetuada, não sendo garantido um patamar 50 vezes inferior é, contudo, assegurado, o cumprimento dos níveis de referência a uma distância muito significativa.

5. CONCLUSÕES

No seguimento das autorizações emitidas pela ANACOM para a realização de ensaios técnicos 5G em Portugal, e no âmbito do CEM, a ANACOM realizou medições aos níveis dos CEM provenientes de redes 5G.

O objetivo deste estudo foi avaliar o impacto do 5G em termos de exposição da população em geral a CEM, e apresentar o resultado das medições efetuadas entre junho e outubro 2020 nas proximidades de estações a realizar testes piloto 5G na faixa dos 3,6 GHz.

As medições CEM foram efetuadas em 5 localizações, nas imediações de quatro redes 5G distintas. As principais conclusões são as seguintes:

- As redes 5G estavam a funcionar de acordo com os requisitos expectáveis, nomeadamente na faixa dos 3,6 GHz;
- Em termos globais os valores medidos estão mais de 50 vezes abaixo dos níveis de referência recomendados;
- A contribuição das redes 5G em teste, na faixa dos 3,6 GHz, para os níveis da exposição total, no momento da realização deste trabalho foi muito pouco significativa quando comparada com as redes móveis SCET já em operação.

Saliente-se que para as redes 5G ainda não estão definidos procedimentos de medição de CEM a nível nacional e internacional. Este trabalho, baseado fundamentalmente nos procedimentos atuais, inclui, todavia, novas formas de abordagem, nomeadamente, a avaliação de CEM utilizando o método de extrapolação proposto pela Narda.

No âmbito do normal cumprimento das suas atribuições, e com vista a ações futuras sobre estas matérias de CEM, a ANACOM:

 Continuará a acompanhar e a contribuir para os desenvolvimentos internacionais relativamente a métodos e procedimentos de medições de CEM incluindo redes 5G,

- nomeadamente as atualizações à Recomendação ECC (02)04 sobre "measuring non-ionising electromagnetic radiation (9 kHz-300 GHz), amended 6 February 2007"; e
- Prosseguirá no terreno com as atividades de medição, no que diz respeito à exposição da população em geral aos CEM, após a implementação das novas redes para fornecer serviços ao público em geral, tendo em consideração o tráfego real cursado.

ANEXO

Operador 1 - Ponto 1: Medições efetuadas em via pública a cerca de 100 metros da estação 5G

Avaliação exposição 75 MHz - 6000 MHz



De acordo com o procedimento em vigor, em termos de densidade de potência (valores médios durante 6 minutos) o quociente de exposição total é de 0,05% (2217 vezes abaixo dos valores de referência aplicáveis).

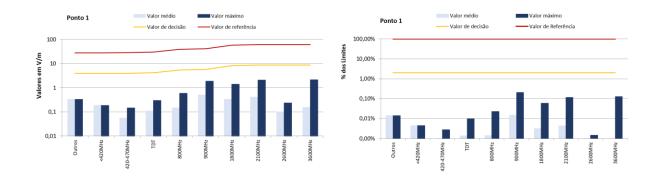
Valores médios (6 minutos)

Faixas										
Outros	<420MHz	420-470MHz	TDT	800MHz	900MHz	1800MHz	2100MHz	2600MHz	3600MHz	TOTAL
Valores (V/m)										
0,332	0,187	0,055	0,110	0,146	0,501	0,328	0,402	0,101	0,152	0,857
				Contrib	uição					
15,0%	4,8%	0,4%	1,6%	2,9%	34,2%	14,6%	22,0%	1,4%	3,1%	100,0%
Quociente exposição										
0,0141%	0,0045%	0,0004%	0,0013%	0,0014%	0,0150%	0,0032%	0,0043%	0,0003%	0,0006%	0,05%

Se considerados os valores máximos, em termos de densidade de potência o quociente de exposição total é de 0,56% (179 vezes abaixo dos valores de referência aplicáveis).

Valores máximos (para intervalo de 6 minutos, com testes 5G aleatórios no tempo)

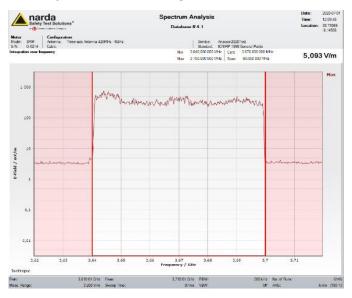
valores maximos (para intervalo de o minutos, com testes se areatorios no tempo)										
Faixas										
Outros	<420MHz	420-470MHz	TDT	800MHz	900MHz	1800MHz	2100MHz	2600MHz	3600MHz	TOTAL
Valores (V/m)										
0,332	0,187	0,147	0,296	0,581	1,850	1,404	2,066	0,234	2,162	3,871
				Contrib	uição					
0,7%	0,2%	0,1%	0,6%	2,3%	22,8%	13,2%	28,5%	0,4%	31,2%	100,0%
Quociente exposição										
0,014%	0,004%	0,003%	0,010%	0,023%	0,205%	0,058%	0,115%	0,001%	0,126%	0,56%



Da análise destas Figuras é possível concluir que todas as emissões estão abaixo do valor de decisão (que é definido 50 vezes abaixo do valor de referência).

Análise detalhada sinal 5G

Valor máximo obtido em situação de teste de tráfego:



Valor de Campo para o canal 5G:

	\	10	Valor médio		
Ponto 1	Só sinalização Tráfego		Máximo Extrapolado (*)	6 minutos	
V/m	1,015	5,09	8,78	0,34 ⁽²⁾	
Quociente de Exposição (%)	0,03	0,7	2,07	0,003	

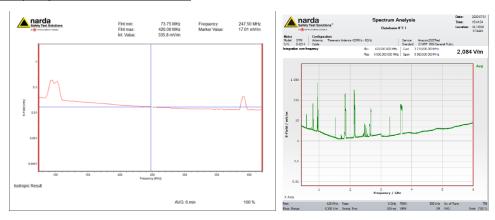
^(*) valor obtido através da fórmula de cálculo proposta pela Narda com base no nível do "piloto".

 $^{^{(2)}}$ Valor obtido com testes Speedtest em cerca de 60% do tempo.

De notar que o valor utilizado para a extrapolação ainda está em discussão, e o valor utilizado pode estar sobrevalorizado. Acresce a este facto que a metodologia para medir campos eletromagnéticos provenientes de rede 5G ainda está em fase de definição.

Operador 1 - Ponto 2: Terraço de edifício a cerca de 230 metros da estação, havendo estações de outros operadores na proximidade

Avaliação exposição 75 MHz - 6000 MHz



De acordo com o procedimento em vigor, em termos de densidade de potência o quociente de exposição total é de 0,19% (537 vezes abaixo dos valores de referência aplicáveis).

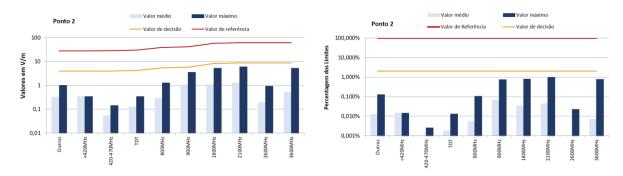
Valores médios (6 minutos)

valores medios (o minutos)										
Faixas										
Outros	<420MHz	420-470MHz	TDT	800MHz	900MHz	1800MHz	2100MHz	2600MHz	3600MHz	TOTAL
Valores (V/m)										
0,315	0,336	0,053	0,125	0,280	1,046	1,066	1,272	0,190	0,511	2,111
				Contrib	ouição					
2,2%	2,5%	0,1%	0,4%	1,8%	24,6%	25,5%	36,3%	0,8%	5,9%	100,0%
Quociente exposição										
0,0127%	0,0144%	0,0004%	0,0018%	0,0052%	0,0654%	0,0334%	0,0435%	0,0010%	0,0070%	0,18%

Se considerados os valores máximos, em termos de densidade de potência o quociente de exposição total é de 3,52% (28 vezes abaixo dos valores de referência aplicáveis).

Valores máximos (para intervalo de 6 minutos, com testes 5G aleatórios no tempo)

				Faix	as					TOTAL
Outros	<420MHz	420-470MHz	TDT	800MHz	900MHz	1800MHz	2100MHz	2600MHz	3600MHz	IOIAL
Valores (V/m)										
0,999	0,336	0,141	0,339	1,245	3,522	5,186	5,962	0,908	5,285	10,315
				Contrib	uição					
0,9%	0,1%	0,0%	0,1%	1,5%	11,7%	25,3%	33,4%	0,8%	26,3%	100,0%
Quociente exposição										
0,127%	0,014%	0,003%	0,013%	0,104%	0,742%	0,790%	0,955%	0,022%	0,751%	3,52%



Da análise destas Figuras é possível concluir que todas as emissões estão abaixo do valor de decisão (que é definido 50 vezes abaixo do valor de referência).

Análise detalhada sinal 5G

Valor máximo obtido em situação de teste de tráfego:



Valor de Campo para o canal 5G:

	\	Valor máximo						
Ponto 2	Só sinalização Tráfego		Máximo Extrapolado (*)	- Valor médio 6 minutos				
V/m	1,487	4,12	11,1	<i>0,25</i> ⁽²⁾				
Quociente de Exposição (%)	0,06	0,46	3,28	0,002				

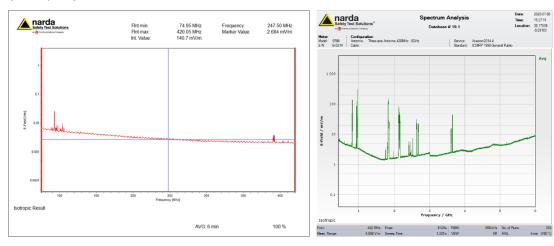
^(*) valor obtido através da fórmula de cálculo proposta pela Narda com base no nível do "piloto".

De notar que o valor utilizado para a extrapolação ainda está em discussão, e o valor utilizado pode estar sobrevalorizado. Acresce a este facto que a metodologia para medir campos eletromagnéticos provenientes de rede 5G ainda está em fase de definição.

 $^{^{(2)}}$ Valor obtido com testes speedtest em cerca de 60% do tempo.

Operador 2 - Ponto 3: Via pública a cerca de 80 metros da estação

Avaliação exposição 75 MHz - 6000 MHz



De acordo com o procedimento em vigor, em termos de densidade de potência o quociente de exposição total é de 0,07% (1393 vezes abaixo dos valores de referência aplicáveis).

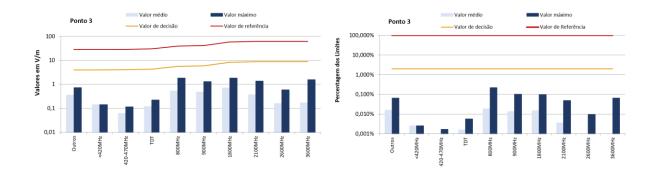
Valores médios (6 minutos)

Valores medios (o minutos)												
Faixas												
Outros	<420MHz	420-470MHz	TDT	800MHz	900MHz	1800MHz	2100MHz	2600MHz	3600MHz	TOTAL		
	Valores (V/m)											
0,353	0,14	0,060	0,118	0,523	0,475	0,705	0,364	0,158	0,168	1,159		
				Contri	buição							
9,3%	1,5%	0,3%	1,0%	20,4%	16,8%	37,0%	9,9%	1,9%	2,1%	100,0%		
Quociente exposição												
0,0159%	0,0025%	0,0005%	0,0016%	0,0183%	0,0135%	0,0146%	0,0036%	0,0007%	0,0008%	0,07%		

Se considerados os valores máximos, em termos de densidade de potência o quociente de exposição total é de 0,61% (163 vezes abaixo dos valores de referência aplicáveis).

Valores máximos (para intervalo de 6 minutos, com testes 5G aleatórios no tempo)

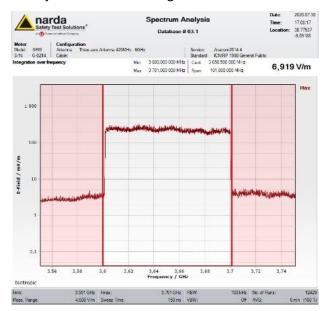
valores maximos (para intervalo de o minatos), com testes sa dicatorios no tempo)													
Faixas													
Outros	<420MHz	420-470MHz	TDT	800MHz	900MHz	1800MHz	2100MHz	2600MHz	3600MHz	TOTAL			
Valores (V/m)													
0,712	0,14	0,115	0,222	1,803	1,299	1,824	1,346	0,590	1,551	3,663			
				Contri	buição								
3,8%	0,1%	0,1%	0,4%	24,2%	12,6%	24,8%	13,5%	2,6%	17,9%	100,0%			
Quociente exposição													
0,065%	0,003%	0,002%	0,006%	0,218%	0,101%	0,098%	0,049%	0,009%	0,065%	0,61%			



Da análise destas Figuras é possível concluir que todas as emissões estão abaixo do valor de decisão (que é definido 50 vezes abaixo do valor de referência).

Análise detalhada sinal 5G

Valor máximo obtido em situação de teste de tráfego:



Valor de Campo para o canal 5G:

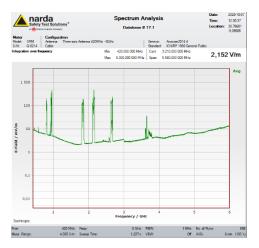
	\	Valor máximo						
Ponto 3	Só sinalização	Tráfego	Máximo Extrapolado (*)	Valor médio 6 minutos				
V/m	1,21	6,92	14,39	<i>0,18</i> ⁽²⁾				
Quociente de Exposição (%)	0,04	1,29	5,57	0,001				

^(*) valor obtido através da fórmula de cálculo proposta pela Narda com base no nível do "piloto".

⁽²⁾ Valor obtido com testes de conteúdos *Youtube* em cerca de 60% do tempo.

Operador 3 - Ponto 4: Via pública a cerca de 50 metros da estação

<u>Avaliação exposição 420 MHz – 6000 MHz (valor faixa 75 – 420 MHz cujos valores são residuais e</u> desprezáveis)



De acordo com o procedimento em vigor, em termos de densidade de potência o quociente de exposição total é de 0,19% (533 vezes abaixo dos valores de referência aplicáveis).

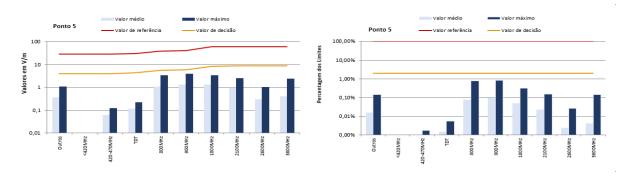
Valores médios (6 minutos)

				Faix	cas					TOTAL
Outros	<420MHz	420-470MHz	TDT	800MHz	900MHz	1800MHz	2100MHz	2600MHz	3600MHz	TOTAL
Valores (V/m)										
0,375	0	0,064	0,124	0,562	1,003	0,768	1,266	0,970	0,123	2,152
				Contrik	uição					
3,0%	0,0%	0,1%	0,3%	6,8%	21,7%	12,7%	34,6%	20,3%	0,3%	100,0%
Quociente exposição										
0,0179%	0,0000%	0,0005%	0,0017%	0,0211%	0,0601%	0,0173%	0,0431%	0,0253%	0,0004%	0,19%

Se considerados os valores máximos, em termos de densidade de potência o quociente de exposição total é de 2,4% (42 vezes abaixo dos valores de referência aplicáveis).

Valores máximos (para intervalo de 6 minutos, com testes 5G aleatórios no tempo)

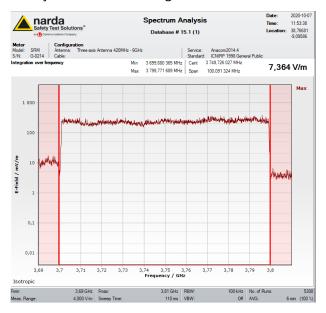
4										
Faixas									TOTAL	
Outros	<420MHz	420-470MHz	TDT	800MHz	900MHz	1800MHz	2100MHz	2600MHz	3600MHz	IOIAL
Valores (V/m)										
0,755	0	0,136	0,243	2,043	3,114	3,300	4,648	4,365	1,262	8,225
Contribuição										
0,8%	0,0%	0,0%	0,1%	6,2%	14,3%	16,1%	31,9%	28,2%	2,4%	100,0%
Quociente exposição										
0,073%	0,000%	0,002%	0,007%	0,279%	0,580%	0,320%	0,581%	0,512%	0,043%	2,40%



Da análise destas Figuras é possível concluir que todas as emissões estão abaixo do valor de decisão (que é definido 50 vezes abaixo do valor de referência).

Análise detalhada sinal 5G

Valor máximo obtido em situação de teste de tráfego:



Valor de Campo para o canal 5G:

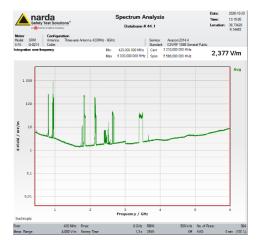
	\	Valor médio			
Ponto 4	Só sinalização Tráfego		Máximo Extrapolado (*)	6 minutos	
V/m	1,32	7,36	NA	1,46 ⁽²⁾	
Quociente de Exposição (%)	0,05	1,46	-	0,057	

^(*) valor obtido através da fórmula de cálculo proposta pela Narda com base no nível do "piloto".

Operador 4 - Ponto 5: Via pública a cerca de 200 metros da estação

⁽²⁾ Valor obtido com testes FTP/speedtest em cerca de 80% do tempo.

<u>Avaliação exposição 420 MHz – 6000 MHz (valor faixa 75 – 420 MHz cujos valores são residuais e desprezáveis)</u>



De acordo com o procedimento em vigor, em termos de densidade de potência o quociente de exposição total é de 0,27% (374 vezes abaixo dos valores de referência aplicáveis).

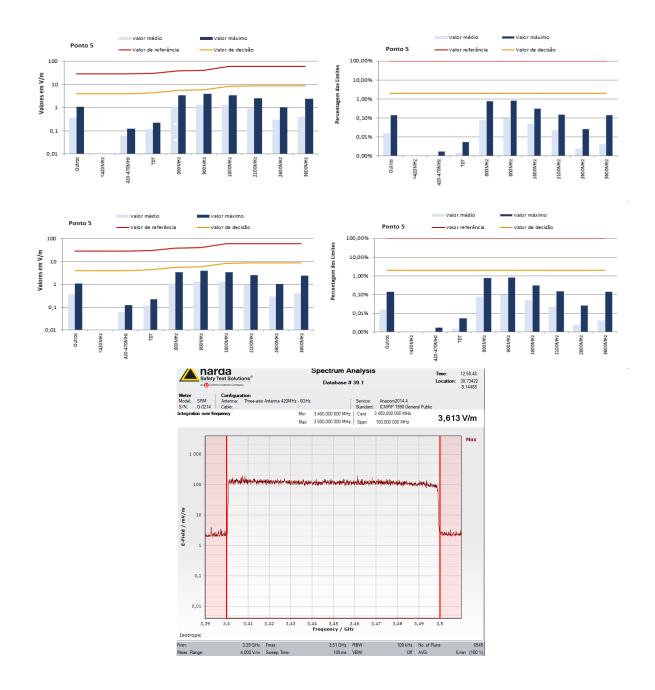
Valores médios (6 minutos)

Faixas									TOTAL	
Outros	<420MHz	420-470MHz	TDT	800MHz	900MHz	1800MHz	2100MHz	2600MHz	3600MHz	TOTAL
Valores (V/m)										
0,348	0	0,059	0,115	1,052	1,278	1,303	0,903	0,296	0,394	2,374
Contribuição										
2,1%	0,0%	0,1%	0,2%	19,6%	29,0%	30,1%	14,5%	1,6%	2,8%	100,0%
Quociente exposição										
0,0154%	0,0000%	0,0004%	0,0015%	0,0741%	0,0976%	0,0499%	0,0219%	0,0024%	0,0042%	0,27%

Se considerados os valores máximos, em termos de densidade de potência o quociente de exposição total é de 2,32% (43 vezes abaixo dos valores de referência aplicáveis).

Valores máximos (para intervalo de 6 minutos, com testes 5G aleatórios no tempo)

valores maximos (para intervalo de o minutos), com testes se dicatorios no tempo,										
Faixas									TOTAL	
Outros	<420MHz	420-470MHz	TDT	800MHz	900MHz	1800MHz	2100MHz	2600MHz	3600MHz	IOIAL
Valores (V/m)										
1,040	0	0,118	0,218	3,354	3,729	3,264	2,402	0,998	2,311	7,004
Contribuição										
2,2%	0,0%	0,0%	0,1%	22,9%	28,3%	21,7%	11,8%	2,0%	10,9%	100,0%
Quociente exposição										
0,138%	0,000%	0,002%	0,005%	0,753%	0,831%	0,313%	0,155%	0,027%	0,144%	2,37%



Valor de Campo para o canal 5G no **ponto 5**:

	,	Valor médio			
Ponto 5	Só sinalização Tráfego		Máximo Extrapolado (*)	6 minutos	
V/m	1,45	3,61	NA	0,5 ⁽²⁾	
Quociente de Exposição (%)	0,06	0,35	-	0,007	

^(*) valor obtido através da fórmula de cálculo proposta pela Narda com base no nível do "piloto".

⁽²⁾ Valor obtido com testes de carga em 70% do tempo.



Lisboa (Sede) Av. José Malhoa, 12 1099 - 017 Lisboa Portugal Tel: (+351) 217211000 Fax: (+351) 217211001

Atendimento ao Público 800206665 info@anacom.pt Açores Rua dos Valados, 18 - Reiva 9500 - 652 Ponta Delgada Portugal Tel: (+351) 296302040

Madeira Rua Vale das Neves, 19 9060 - 325 S. Gonçalo - Funchal Portugal Tel: (+351) 291790200