

# Sistemas de Comunicações Móveis

# GSM / UMTS / LTE

## Aferição da Qualidade de Serviço

Avaliação da qualidade dos Serviços de Voz, Dados e Cobertura  
Radioelétrica GSM, UMTS e LTE, nos principais Aglomerados  
Urbanos e Eixos Rodoviários de Portugal Continental.



## **NOTA PRÉVIA**

A ANACOM NÃO SE RESPONSABILIZA POR QUALQUER ANÁLISE, ESTUDO OU COMENTÁRIO FEITO A PARTIR DOS RESULTADOS CONSTANTES DESTE RELATÓRIO.



## SIGLAS E ACRÓNIMOS

|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>APN</b>        | <i>Access Point Name</i> – Nome do Ponto de Acesso.                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>CoDec</b>      | Codificador/Descodificador.                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>CPICH RSCP</b> | <i>Common Pilot Channel, Received Signal Code Power</i> – Nível de sinal radioelétrico recebido por um terminal móvel (UMTS).                                                                                                                                         |
| <b>CS</b>         | <i>Circuit Switched</i> – Comutação de Circuitos.                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>EPS</b>        | <i>Evolved Packet System</i> – Sistema otimizado de comutação de pacotes das redes 4G, resultante da evolução dos sistemas 3G/UMTS, caracterizado por débitos de dados elevados, baixa latência e por permitir múltiplas tecnologias na rede radioelétrica de acesso. |
| <b>ETSI</b>       | <i>European Telecommunications Standards Institute</i> – Instituto Europeu de Normas de Telecomunicações.                                                                                                                                                             |
| <b>FTP</b>        | <i>File Transfer Protocol</i> – Protocolo FTP.                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>GSM</b>        | <i>Global System for Mobile communications</i> – Sistema de Comunicações Móveis de segunda geração (2G).                                                                                                                                                              |
| <b>HTTP</b>       | <i>Hyper Text Transfer Protocol</i> – Protocolo HTTP.                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>ITU</b>        | <i>International Telecommunications Union</i> – União Internacional de Telecomunicações.                                                                                                                                                                              |
| <b>kbps</b>       | Milhares de <i>bit</i> por segundo.                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>LTE</b>        | <i>Long Term Evolution</i> – Sistema de Comunicações Móveis de quarta geração (4G).                                                                                                                                                                                   |
| <b>MMS</b>        | <i>Multimedia Messaging Service</i> – Serviço de Mensagens Multimédia.                                                                                                                                                                                                |
| <b>MMSC</b>       | <i>Multimedia Messaging Service Centre</i> – Centro de Mensagens Multimédia.                                                                                                                                                                                          |
| <b>MOS</b>        | <i>Mean Opinion Score</i> – Índice de qualidade que quantifica o esforço necessário para se perceber uma comunicação do tipo extremo-a-extremo. Apresenta como limites os valores 0 (zero), quando não há comunicação, e 5 (cinco), quando a comunicação é perfeita.  |
| <b>ms</b>         | <i>Millissegundo</i> – milésima parte do segundo.                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>PDP</b>        | <i>Packet Data Protocol</i> – Protocolo PDP.                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>POLQA</b>      | <i>Perceptual Objective Listening Quality Assessment</i> – Algoritmo utilizado na análise da qualidade áudio de uma comunicação de voz (Recomendado pela ITU: <i>ITU-T Recommendation P.863 (01/2011)</i> ).                                                          |
| <b>PS</b>         | <i>Packet Switched</i> – Comutação de pacotes.                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>RDIS</b>       | <i>Rede Digital com Integração de Serviços</i> – Tecnologia utilizada na rede fixa de acesso.                                                                                                                                                                         |
| <b>RF</b>         | Rádio Frequência.                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>RSRP</b>       | <i>Reference Signal Received Power</i> – Nível de sinal radioelétrico recebido por um terminal móvel (LTE).                                                                                                                                                           |
| <b>RxLev</b>      | <i>Received signal level</i> – Nível de sinal radioelétrico recebido por um terminal móvel (GSM).                                                                                                                                                                     |
| <b>s</b>          | <i>Segundo</i> – unidade de tempo.                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Scanner RF</b> | Equipamento de medida que permite recolher níveis de sinal radioelétrico para cada canal de uma banda de frequência.                                                                                                                                                  |
| <b>SIM</b>        | <i>Subscriber Identity Module</i> – Cartão SIM.                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>SMS</b>        | <i>Short Message Service</i> – Serviço de Mensagens Curtas.                                                                                                                                                                                                           |
| <b>SMSC</b>       | <i>Short Message Service Centre</i> – Centro de Mensagens Curtas.                                                                                                                                                                                                     |
| <b>SQuad-LQ</b>   | <i>SwissQual's speech quality algorithm for Listening Quality</i> – Algoritmo desenvolvido pela <i>SwissQual</i> para análise da qualidade áudio de uma comunicação.                                                                                                  |
| <b>TCP/IP</b>     | <i>Transmission Control Protocol / Internet Protocol</i> – Protocolo TCP/IP.                                                                                                                                                                                          |
| <b>UMTS</b>       | <i>Universal Mobile Telecommunications System</i> – Sistema de Comunicações Móveis de terceira geração (3G).                                                                                                                                                          |
| <b>USIM</b>       | <i>UMTS Subscriber Identity Module</i> – Cartão USIM.                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>VQuad</b>      | <i>Objective Model for Video Quality Assessment</i> – Algoritmo utilizado na análise da qualidade vídeo de uma comunicação (desenvolvido pela <i>SwissQual</i> ).                                                                                                     |
| <b>WCDMA</b>      | <i>Wideband Code Division Multiple Access</i> – Tecnologia utilizada na componente radioelétrica dos sistemas de comunicações UMTS.                                                                                                                                   |



## Índice

|          |                                                        |           |
|----------|--------------------------------------------------------|-----------|
| <b>I</b> | <b>Sumário Executivo .....</b>                         | <b>9</b>  |
| I.I      | Enquadramento Geral .....                              | 9         |
| I.II     | Principais Resultados e Conclusões .....               | 15        |
| <b>1</b> | <b>Aferição da Qualidade de Serviço .....</b>          | <b>25</b> |
| 1.1      | Objetivo .....                                         | 25        |
| 1.2      | Qualidade de Serviço na Perspetiva do Utilizador ..... | 25        |
| 1.3      | Cenário Genérico de Teste .....                        | 26        |
| 1.4      | Serviços Analisados .....                              | 27        |
| <b>2</b> | <b>Metodologia .....</b>                               | <b>29</b> |
| 2.1      | Aspetos Fundamentais .....                             | 29        |
| 2.2      | Principais Indicadores de QoS .....                    | 29        |
| 2.2.1    | Independentes do Serviço .....                         | 30        |
| 2.2.2    | Serviço de Voz .....                                   | 31        |
| 2.2.3    | Serviços de Dados .....                                | 33        |
| 2.3      | Perfis de Medida .....                                 | 34        |
| 2.3.1    | Aspetos Gerais .....                                   | 35        |
| 2.3.2    | Cobertura Radioelétrica .....                          | 35        |
| 2.3.3    | Serviço de Voz .....                                   | 35        |
| 2.3.4    | Serviços de Dados .....                                | 36        |
| 2.4      | Sistema de Teste/Medida e Pós-Processamento .....      | 39        |
| <b>3</b> | <b>Amostra do Estudo .....</b>                         | <b>41</b> |
| 3.1      | Locais Analisados .....                                | 41        |
| 3.2      | Dimensão da Amostra .....                              | 43        |
| 3.3      | Condições de Recolha de Dados .....                    | 43        |
| <b>4</b> | <b>Resultados Agregados .....</b>                      | <b>44</b> |
| 4.1      | Aglomerados Urbanos .....                              | 44        |
| 4.1.1    | Serviço de Voz .....                                   | 44        |
| 4.1.2    | Transferência de Ficheiros (FTP) .....                 | 46        |
| 4.1.3    | Navegação na Internet (HTTP web browsing) .....        | 48        |
| 4.1.4    | Latência de Transmissão de Dados .....                 | 49        |
| 4.1.5    | Cobertura Radioelétrica .....                          | 50        |
| 4.2      | Eixos Rodoviários .....                                | 53        |
| 4.2.1    | Serviço de Voz .....                                   | 53        |
| 4.2.2    | Transferência de Ficheiros (FTP) .....                 | 55        |
| 4.2.3    | Navegação na Internet (HTTP web browsing) .....        | 57        |
| 4.2.4    | Latência de Transmissão de Dados .....                 | 58        |
| 4.2.5    | Cobertura Radioelétrica .....                          | 59        |
| 4.3      | Global .....                                           | 62        |
| 4.3.1    | Serviço de Voz .....                                   | 62        |
| 4.3.2    | Transferência de Ficheiros (FTP) .....                 | 64        |
| 4.3.3    | Navegação na Internet (HTTP web browsing) .....        | 66        |
| 4.3.4    | Latência de Transmissão de Dados .....                 | 67        |
| 4.3.5    | Cobertura Radioelétrica .....                          | 68        |

**Apêndice – Resultados individuais, por aglomerado urbano e eixo rodoviário.**



## I SUMÁRIO EXECUTIVO

### I.1 ENQUADRAMENTO GERAL

A Autoridade Nacional de Comunicações (ANACOM) realizou, de 30 de setembro a 3 de dezembro de 2014, uma avaliação da qualidade dos serviços de voz, dados e cobertura radioelétrica das redes GSM, UMTS e LTE, disponibilizados pelos operadores MEO – Serviços de Comunicações e Multimédia, S.A. (MEO), NOS Comunicações, S.A. (NOS) e VODAFONE PORTUGAL – Comunicações Pessoais, S.A. (Vodafone) nos principais aglomerados urbanos e eixos rodoviários de Portugal continental.

Este estudo assenta na realização de testes de campo, com viaturas em movimento e com antenas exteriores, com recurso a um sistema automático de medida, refletindo os vários aspetos que afetam a qualidade dos serviços (medições extremo-a-extremo). As medições foram efetuadas em simultâneo, nos mesmos locais e com as mesmas parametrizações para os três operadores.

Os estudos que visam apreender a perceção de qualidade sentida por um utilizador, como o presente, são denominados *Estudos de Qualidade de Serviço na Perspetiva do Utilizador (QoE – Quality of Experience)*, pretendendo averiguar a experiência do utilizador em termos de, por exemplo, acessibilidade, retenção e integridade do serviço. Em contraposição, as análises de *Desempenho da Rede ou Qualidade de Serviço* visam avaliar a capacidade de uma rede ou parte dela para fornecer um serviço com um determinado grau de qualidade. Englobam as funcionalidades, mecanismos e procedimentos implementados pela rede celular e pelo equipamento terminal, que asseguram o fornecimento da qualidade de serviço negociada entre o equipamento terminal e a infraestrutura central da rede.

No entanto, não significa isto que os resultados dos *Estudos de Qualidade de Serviço na Perspetiva do Utilizador (QoE – Quality of Experience)* representem a qualidade sentida por um utilizador médio ou pela maioria dos utilizadores, pois aqueles dependem sempre das condições em que foram realizados; assim, por exemplo, no caso deste Estudo, reconhece-se que os serviços de dados não são maioritariamente acedidos em ambiente exterior, utilizando um computador portátil ligado à rede através de uma placa de dados e com uma antena exterior (como sucedeu nos testes realizados). Logo, embora tratando-se de um *Estudo de Qualidade de Serviço na Perspetiva do Utilizador*, a presente análise pode não refletir, em especial no tocante aos serviços de dados e à respetiva cobertura, a perceção da maioria dos utilizadores.

A *Qualidade de Serviço na Perspetiva do Utilizador* é normalmente expressa em termos de sensações humanas, do tipo “Excelente”, “Boa”, “Aceitável”, “Pobre” e “Má”, enquanto o *Desempenho da Rede* é um conceito puramente técnico medido, expresso e entendido numa ótica de rede ou dos seus elementos, apresentando pouco significado para o utilizador.

Para avaliar o serviço de voz, foram verificadas as capacidades de estabelecimento e terminação de chamadas, bem como a perceptibilidade da comunicação.

Na avaliação do serviço de dados, foram objeto de análise as capacidades de transferência de ficheiros (*FTP upload/download*), de navegação na Internet (*HTTP web browsing*) e também a latência de transmissão (*ping*).

Para avaliação da cobertura das redes, foram efetuadas medições dos níveis de sinal radioelétrico recebidos pelos equipamentos terminais móveis (*downlink*), em cada uma das tecnologias utilizadas pelos operadores.

Foram analisados os principais indicadores de qualidade, para os serviços objeto de estudo:

1. **Cobertura Radioelétrica** – disponibilidade das redes radioelétricas GSM, UMTS e LTE;
2. **Acessibilidade do Serviço de Voz** – probabilidade de sucesso no estabelecimento de chamadas;
3. **Tempo de Estabelecimento de Chamadas de Voz** – período de tempo que a rede demora a estabelecer a comunicação, após o envio correto do pedido (número de telefone de destino);
4. **Taxa de Terminação de Chamadas de Voz** – probabilidade de uma chamada, depois de estabelecida com sucesso, se manter ativa durante um período de tempo, terminando de forma normal, ou seja, de acordo com a vontade do utilizador;
5. **Qualidade Áudio de Chamada de Voz** – perceptibilidade da conversação durante uma chamada;
6. **Taxa de Terminação de Sessões de Utilização do Serviço de Dados** – probabilidade de uma sessão de utilização do serviço – *transferência de ficheiros* ou *navegação na Internet* – ser estabelecida e decorrer com sucesso, ou seja, manter-se ativa durante a totalidade do período predefinido para transferência de ficheiros ou permitir a transferência da totalidade da página *web*;
7. **Velocidade de Transferência de Dados** – quantifica a velocidade média de transferência de dados durante uma sessão de *transferência de ficheiros*;
8. **Duração de Transferência da Página web** – quantifica o tempo médio necessário para a transferência da página *web* de referência;

9. **Latência de Transmissão de Dados** – quantifica o tempo necessário para que um pacote de informação viaje desde o equipamento de utilizador até ao Servidor de Conteúdos ou *vice-versa*.

Os trabalhos de campo decorreram em dias úteis e durante as horas normais de trabalho, de 30 de setembro a 3 de dezembro de 2014. Foram efetuadas 12.887 chamadas de teste, 53.183 sessões de utilização de serviços de dados e 7.091.279 medições de sinal radioelétrico, o que corresponde a mais de 219 horas de medições ao longo de aproximadamente 10.350 quilómetros.

Face à taxa de penetração destes serviços, à diversidade de equipamentos terminais utilizados e à própria subjetividade inerente a cada utente, torna-se impossível a reprodução rigorosa das condições de interação de cada consumidor com as redes. A concretização deste tipo de estudos só é possível à custa de compromissos e aproximações, dentro de limites que permitem que os resultados obtidos possam ser encarados como um indicador fiável do comportamento global dos sistemas de comunicações móveis. A transposição ou extrapolação dos resultados obtidos para situações específicas requer alguma prudência, sob risco de, se tal não for feito, se chegar a conclusões que distorcem a realidade em causa.

As opções técnicas e metodológicas adotadas influenciaram diretamente os resultados obtidos e devem ser tidas em consideração na análise desses resultados. São especialmente relevantes as seguintes opções:

- A realização de testes foi suportada exclusivamente numa solução técnica (*hardware* e *software*), processando-se de forma totalmente automática, permitindo o estabelecimento homogéneo das condições de aferição para os três operadores e a eliminação de subjetividade inerente ao utilizador humano;
- Foram utilizados equipamentos terminais *Nokia C7* e *Huawei E392*;
- Os testes foram realizados com viaturas em movimento e com antenas exteriores;
- A duração da fase de conversação das chamadas de voz foi de 120 segundos;
- Os testes de voz e de dados foram realizados com seleção automática de infraestruturas GSM, UMTS e LTE;
- Os *Servidores*, utilizados nos testes aos serviços de dados, encontravam-se alojados em Portugal, num *datacenter* na FCT (Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P.);

- Nos testes de dados foram utilizados conteúdos estáveis, ou seja, páginas *web* e ficheiros que não apresentavam variações quantitativas ou qualitativas ao longo do tempo;
- Os testes de Transferência de Ficheiros (*FTP upload/download*) foram realizados de acordo com o conceito de tempo fixo de transferência de dados, ou seja, foi realizada a transferência de dados durante um período de tempo predefinido em vez da transferência integral de ficheiros de dimensão fixa;
- Os indicadores de cobertura radioelétrica, em particular a cobertura radioelétrica UMTS e LTE, não tiveram em consideração a carga das redes (número de utilizadores em simultâneo e tipo de serviços utilizados);
- Os indicadores de cobertura radioelétrica GSM, UMTS e LTE apresentados neste estudo resultam da análise dos canais radioelétricos indicados pelos operadores em momento anterior ao da realização do estudo. Por omissão da Vodafone, alguns dos canais LTE deste operador não foram analisados. Estes canais apresentavam uma utilização localizada – Zambujeira do Mar, Guarda, Bragança, Évora e Coimbra –, segundo afirma este operador, tendo esta omissão um impacto direto no indicador de cobertura radioelétrica LTE da Vodafone nos aglomerados urbanos de Portugal continental e no significado estatístico daquele indicador;
- Em algumas zonas do território português, especialmente junto à fronteira com Espanha, o desempenho das redes LTE dos operadores portugueses foi afetado pela TDT espanhola durante o período de realização dos testes. Com o desligamento dos emissores espanhóis, ocorrido no início de 2015, é expectável que ocorra uma melhoria de desempenho das redes LTE portuguesas nesses locais;
- O cenário genérico de teste adotado pela ANACOM neste estudo corresponde a uma utilização dos serviços de comunicações que é a mais favorável para a potência de sinal na receção no terminal móvel, por não serem consideradas as perdas de sinal por penetração em ambientes interiores e por serem utilizados equipamentos terminais móveis com antenas exteriores. Esta situação, não sendo muito significativa quanto ao *Serviço de Voz*, tem impacto relevante na *Cobertura Radioelétrica* e nos *Serviços de Dados*, por conduzir a desempenhos mais elevados do que os que se obteriam em ambientes interiores;
- O facto de terem sido utilizados servidores dedicados exclusivamente à realização destes testes, que, no contexto do estudo efetuado, não têm limitações de capacidade de processamento e

armazenamento de informação, disponibilidade e largura de banda de acesso pode ter influído positivamente nos resultados da velocidade de transmissão de dados (em confronto com os que poderiam ser obtidos por um utilizador comum no acesso a servidores convencionais). Acresce que os servidores usados, que funcionam nos mesmos moldes dos servidores disponíveis na Internet, são identificados através dos respetivos endereços IP e não através dos seus FQDN (*Fully Qualified Domain Name*), evitando que possíveis problemas de resolução de DNS (*Domain Name System*) e estratégias de *caching*, utilizadas pelo sistema operativo, pudessem afetar negativamente as medições;

- Os resultados do estudo refletem apenas o comportamento das redes nos locais e momentos em que foram efetuadas as medições;
- Os operadores estão em permanente melhoramento das suas redes. As intervenções técnicas necessárias a esses melhoramentos podem provocar, na área geográfica de intervenção, degradações momentâneas do serviço.



## I.II PRINCIPAIS RESULTADOS E CONCLUSÕES

Os sistemas de comunicações móveis apresentam bons níveis de cobertura radioelétrica GSM e UMTS e bom desempenho do serviço de voz, nos principais aglomerados urbanos e eixos rodoviários de Portugal continental.

Os serviços de dados e a cobertura radioelétrica LTE apresentam desempenhos diferenciados conforme o tipo de local analisado. Nos aglomerados urbanos, observam-se bons níveis de desempenho dos serviços de dados e boa cobertura radioelétrica LTE. Nos eixos rodoviários, os sistemas de comunicações móveis apresentam fraca cobertura LTE e níveis de desempenho dos serviços de dados ainda aceitáveis, embora significativamente inferiores aos registados nos aglomerados urbanos.

### Cobertura Radioelétrica GSM, UMTS e LTE

Os sistemas de comunicações móveis estudados apresentam bons níveis de *Cobertura Radioelétrica GSM* e de *Cobertura Radioelétrica UMTS*, tanto nos aglomerados urbanos como nos eixos rodoviários, não se observando diferenças significativas entre os operadores (*Figura 1* e *Figura 2*).

As redes LTE apresentam boa *Cobertura Radioelétrica* nas zonas urbanas, em particular no caso dos operadores MEO e NOS, com níveis de 97,9% de *Boa Cobertura Radioelétrica* (*Figura 1*). Nos eixos rodoviários, a *Cobertura Radioelétrica LTE* apresenta níveis significativamente inferiores, observando-se áreas geográficas consideráveis com cobertura deficiente ou inexistente (*Figura 2* e *Secção 4.3.5.7*). Nestes eixos rodoviários, os melhores níveis de *Boa Cobertura Radioelétrica* foram registados pelos operadores NOS e Vodafone, com 74,3% e 74,1%, respetivamente, das medições realizadas neste patamar. No entanto, agregando os níveis de cobertura *boa* e *aceitável*, os melhores desempenhos são registados pelos operadores MEO e NOS, com níveis de 86,4% e 85,0%, respetivamente, enquanto a Vodafone regista 83,7%.

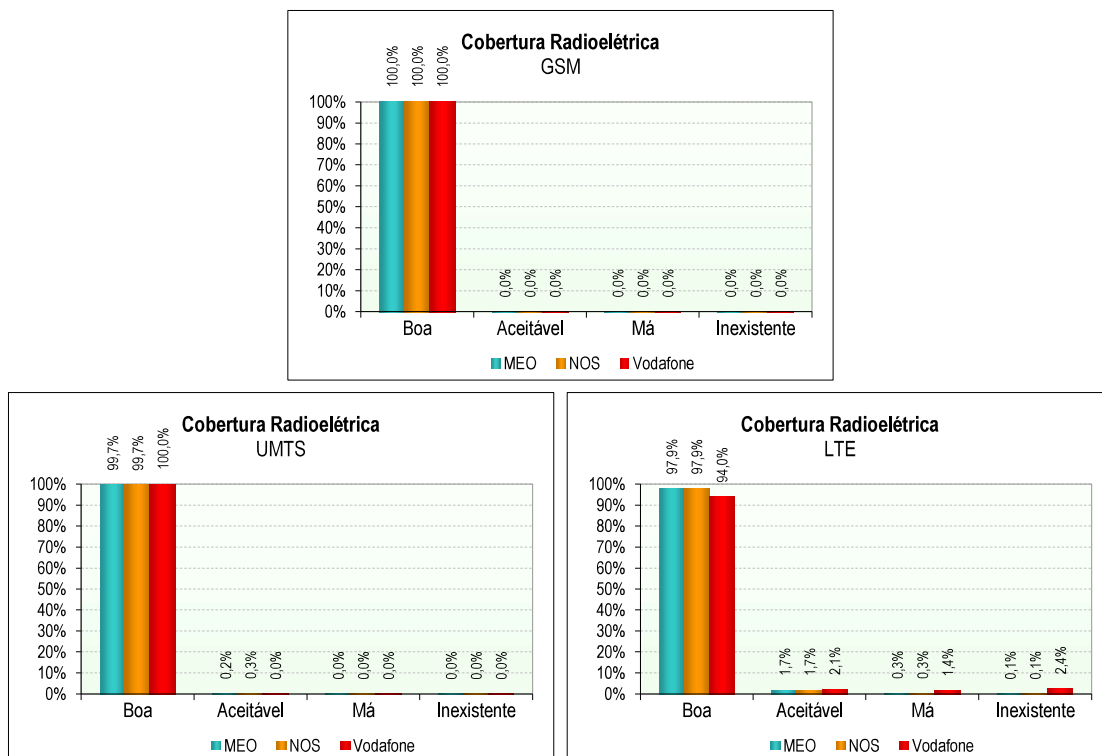


Figura 1 – Indicador *Cobertura Radioelétrica*, nos Aglomerados Urbanos de Portugal Continental.

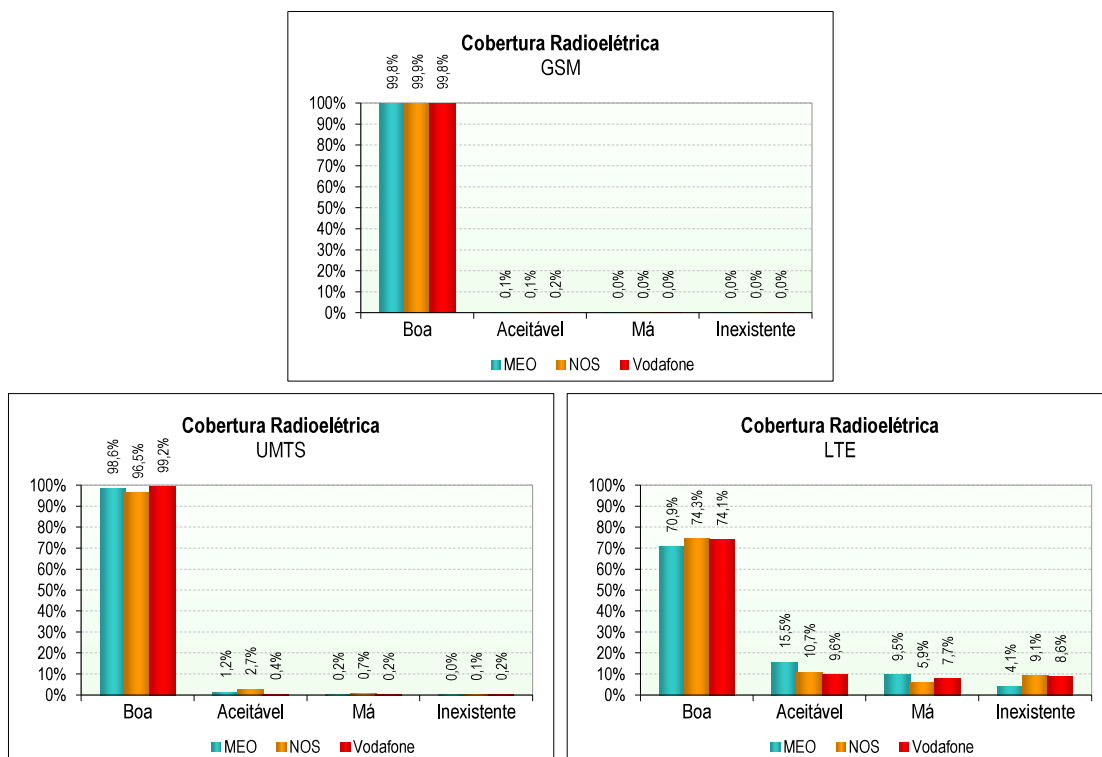


Figura 2 – Indicador *Cobertura Radioelétrica*, nos Eixos Rodoviários de Portugal Continental.

## Serviço de Voz

O serviço de voz apresenta bons resultados em todos os indicadores analisados, não se observando diferenças significativas de desempenho entre operadores. Embora sem grande expressão, o desempenho deste serviço é, de um modo geral, melhor nas zonas urbanas do que nos eixos rodoviários (Figura 3, Figura 4, Figura 5, Figura 6, Figura 7 e Figura 8).

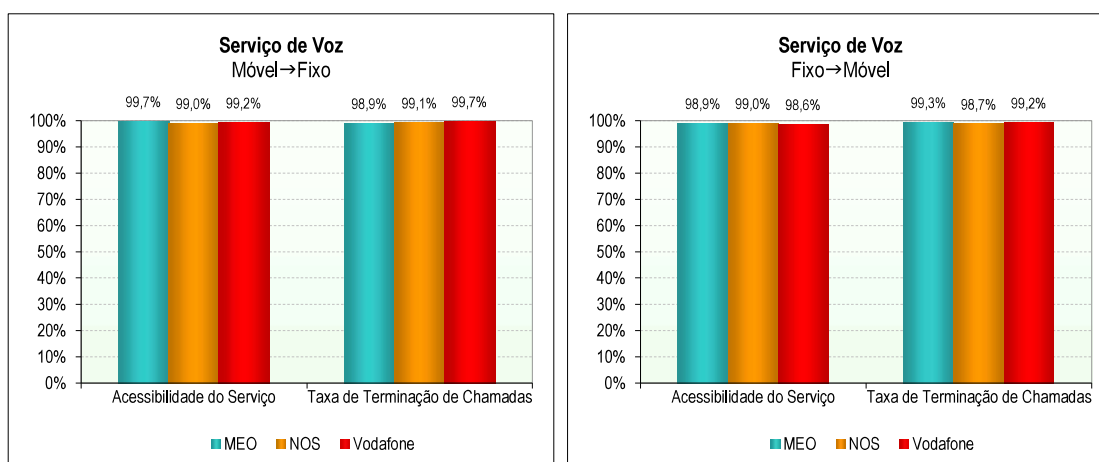


Figura 3 – Indicadores *Acessibilidade de Serviço* e *Taxa de Terminação de Chamadas*, nos Aglomerados Urbanos de Portugal Continental.

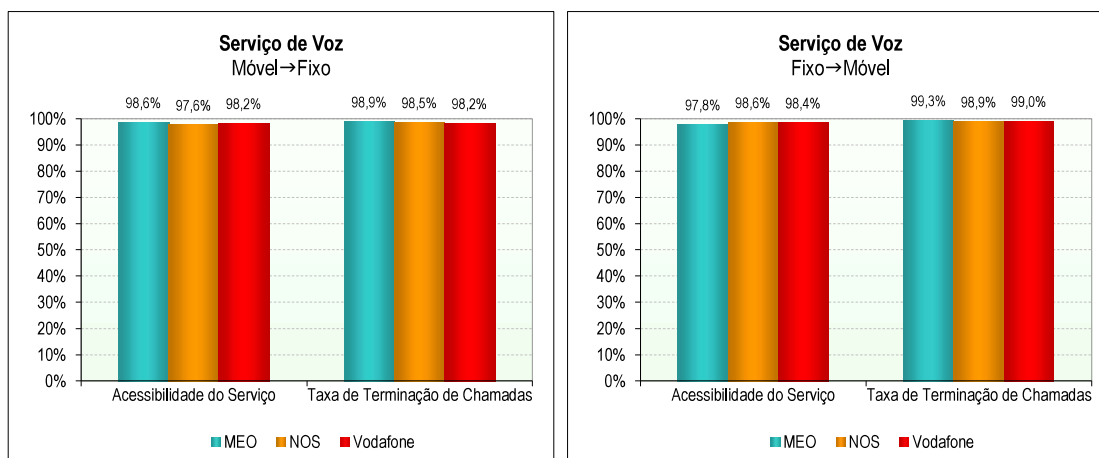


Figura 4 – Indicadores *Acessibilidade de Serviço* e *Taxa de Terminação de Chamadas*, nos Eixos Rodoviários de Portugal Continental.

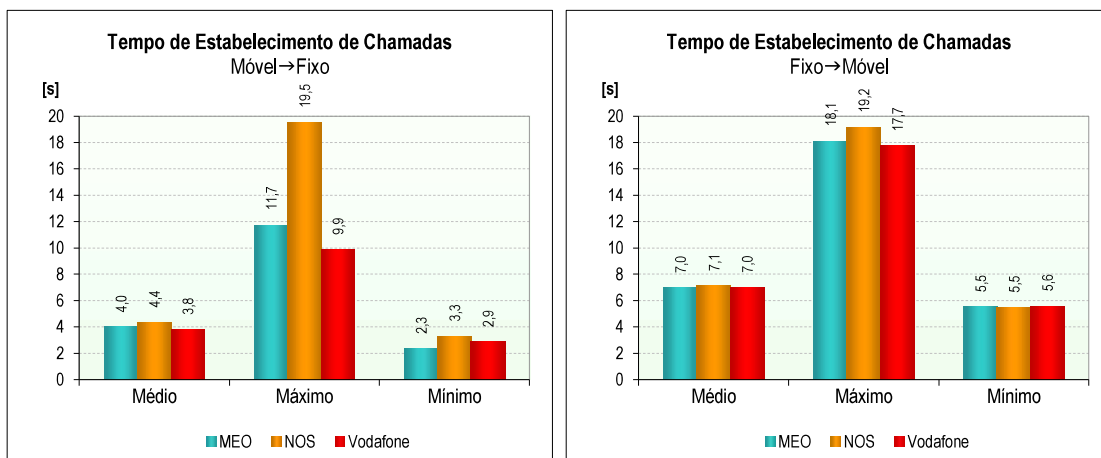


Figura 5 – Indicador *Tempo de Estabelecimento de Chamadas*, nos Aglomerados Urbanos de Portugal Continental.

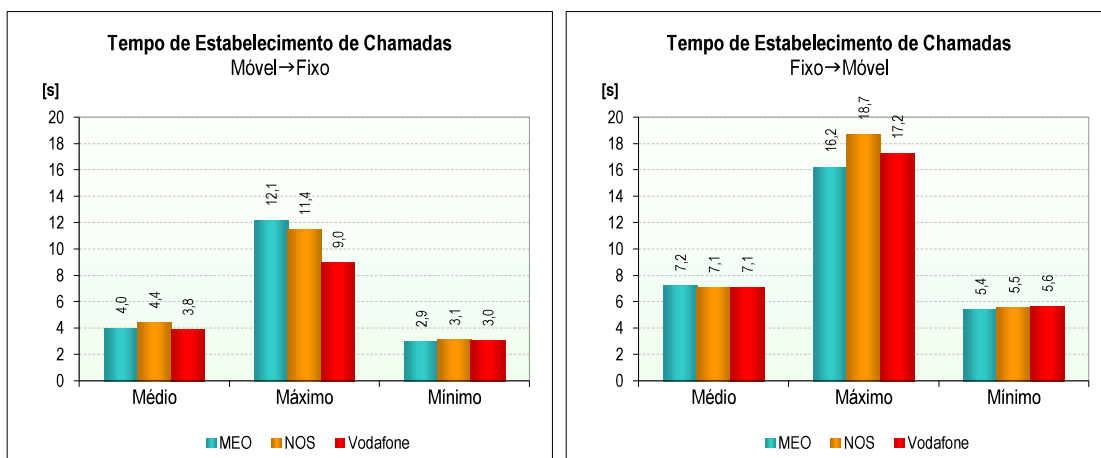


Figura 6 – Indicador *Tempo de Estabelecimento de Chamadas*, nos Eixos Rodoviários de Portugal Continental.

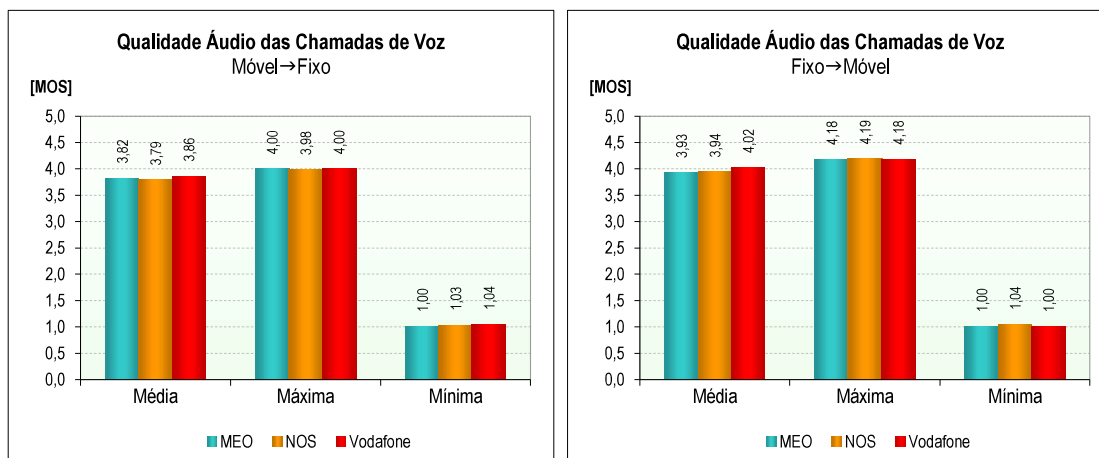


Figura 7 – Indicador *Qualidade Áudio das Chamadas*, nos Aglomerados Urbanos de Portugal Continental.

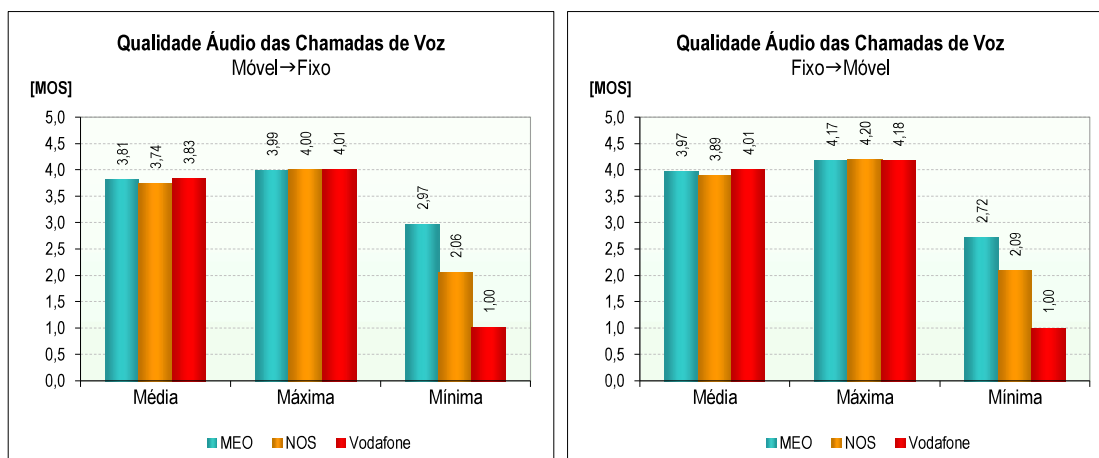


Figura 8 – Indicador *Qualidade Áudio das Chamadas*, nos Eixos Rodoviários de Portugal Continental.

## Serviço de Transferência de Ficheiros (FTP)

O serviço de Transferência de Ficheiros (FTP) apresenta desempenhos diferenciados em cada tipo de local analisado, sendo os resultados significativamente melhores nos aglomerados urbanos do que nos eixos rodoviários, para todos os operadores.

Nos aglomerados urbanos registam-se bons níveis de *Taxa de Terminação de Sessões de Transferência de Ficheiros* (Figura 9). O operador MEO regista os melhores desempenhos, com 99,4%, em *download*, e 99,3%, em *upload*, das sessões a serem estabelecidas com sucesso e a permitirem a transferência de ficheiros durante o período predefinido. Ainda neste indicador, os operadores Vodafone e NOS apresentam desempenhos muito próximos: a Vodafone apresenta taxas de 97,4% e 97,2%, respetivamente para *download* e *upload*, enquanto a NOS regista taxas de 97,1% e 97,0%, respetivamente para *download* e *upload*.

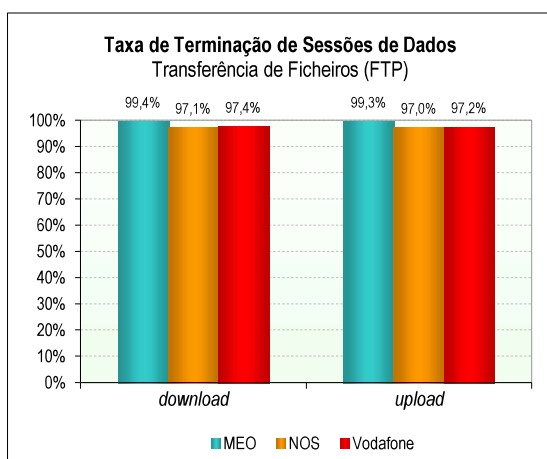


Figura 9 – Indicador *Taxa de Terminação de Sessões de Dados*, nos Aglomerados Urbanos de Portugal Continental.

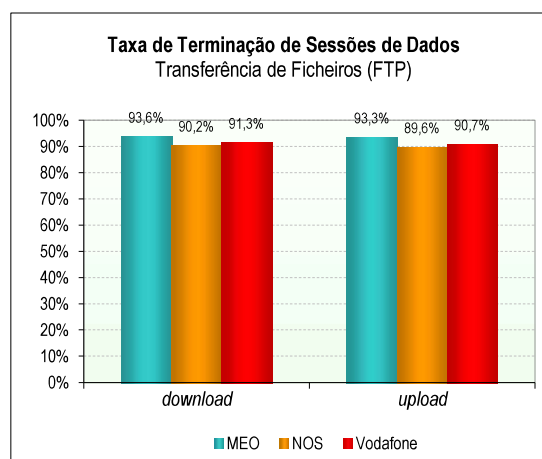


Figura 10 – Indicador *Taxa de Terminação de Sessões de Dados*, nos Eixos Rodoviários de Portugal Continental.

Nos mesmos locais, observam-se boas *Velocidades Médias de Transferência de Dados*, tanto em *download* como em *upload* (Figura 11). A MEO regista os melhores ritmos médios, com 27.387 kbps, em *download*, e 6.705 kbps, em *upload*. Também neste indicador, os operadores NOS e Vodafone apresentam desempenhos muito próximos: a NOS apresenta velocidades médias de transferência de dados de 22.710 kbps e 5.791 kbps, respetivamente para *download* e *upload*, enquanto a Vodafone regista 22.493 kbps e 5.813 kbps, respetivamente para *download* e *upload*.

Nos eixos rodoviários, os desempenhos dos operadores são significativamente inferiores aos observados nos territórios urbanos, embora ainda aceitáveis. O operador MEO apresenta as melhores *Taxas de*

*Terminação de Sessões de Transferência de Ficheiros (Figura 10)*, registando 93,6%, para *download*, e 93,3%, para *upload*, de sucesso no estabelecimento e manutenção de sessões de utilização do serviço de transferência de ficheiros. A Vodafone, para este indicador, apresenta taxas de sucesso de 91,3% e 90,7%, respetivamente para *download* e para *upload*, enquanto a NOS regista 90,2% e 89,6%, respetivamente para *download* e para *upload*.

Igualmente nos eixos rodoviários, mas agora no que toca a *Velocidade Média de Transferência de Dados* (Figura 12), o melhor desempenho em *download* foi registado pela MEO, com ritmos médios de transferência de dados de 13.986 kbps, seguindo-se a Vodafone, com 13.143 kbps, e por fim a NOS, com 10.981 kbps. Em *upload* de ficheiros, a Vodafone regista o melhor desempenho, com ritmo médio de transferência de dados de 4.314 kbps, seguida da MEO, com 4.084 kbps, e da NOS, com 3.771 kbps.

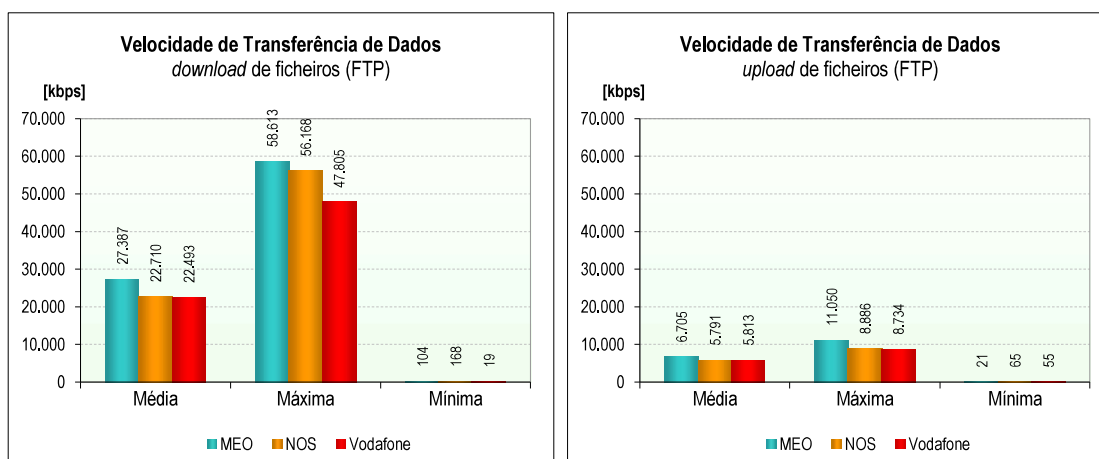


Figura 11 – Indicador *Velocidade de Transferência de Dados*, nos Aglomerados Urbanos de Portugal Continental.

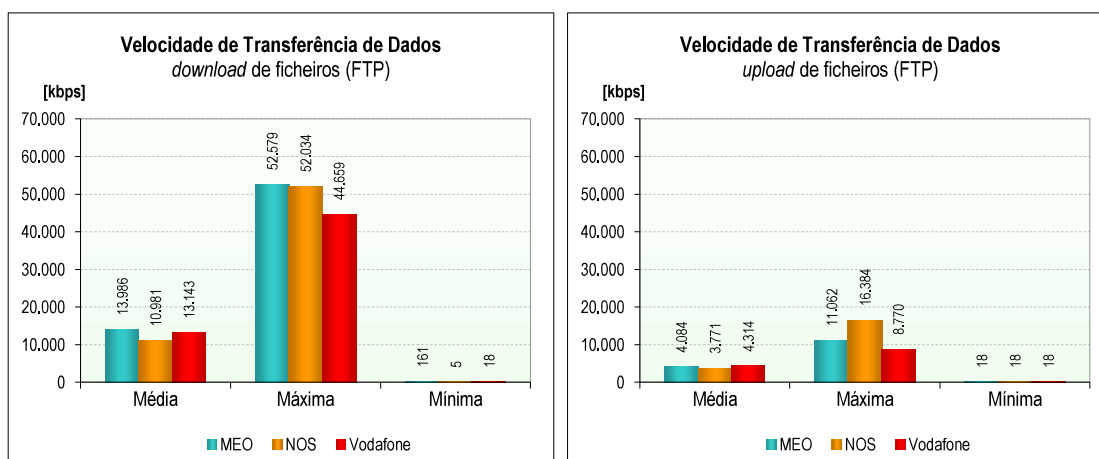


Figura 12 – Indicador *Velocidade de Transferência de Dados*, nos Eixos Rodoviários de Portugal Continental.

### Serviço de Navegação na Internet (*HTTP web browsing*)

Os sistemas de comunicações móveis apresentam um desempenho do serviço de navegação na Internet claramente melhor nos aglomerados urbanos (*Figura 13*). Nestes locais, as redes apresentam boa capacidade de estabelecimento e manutenção de sessões de navegação na Internet e o *download* da página *web* de referência é feito com celeridade. O operador MEO apresenta o melhor desempenho, com 99,4% das sessões a serem estabelecidas com sucesso e a permitirem o *download* da totalidade da página *web* em 2,0 segundos, em média. A NOS regista 97,1% e 2,7 segundos, enquanto a Vodafone regista 97,1% e 3,1 segundos, respetivamente para *Taxa de Terminação de Sessões* e *Duração Média de Transferência da Página web*.

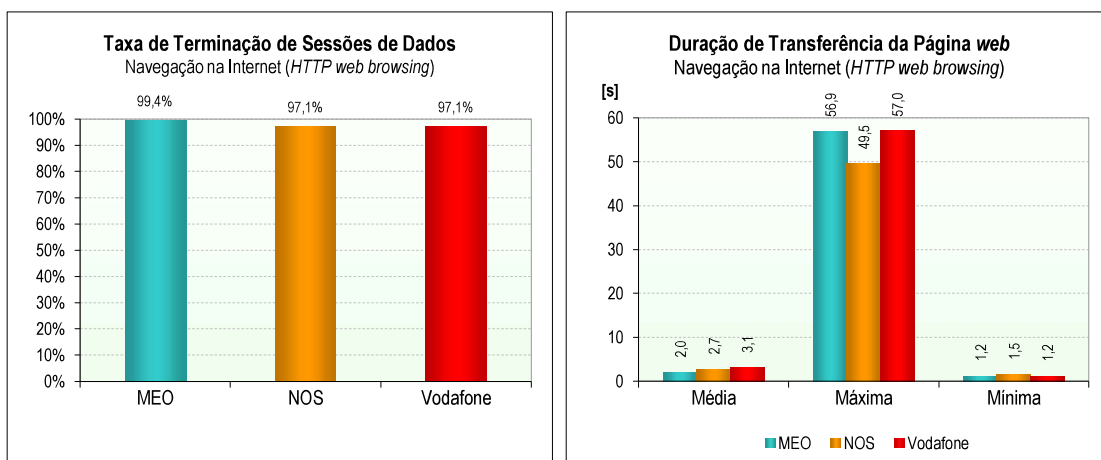


Figura 13 – Indicadores *Taxa de Terminação de Sessões de Dados* e *Duração de Transferência da Página web*, nos Aglomerados Urbanos de Portugal Continental.

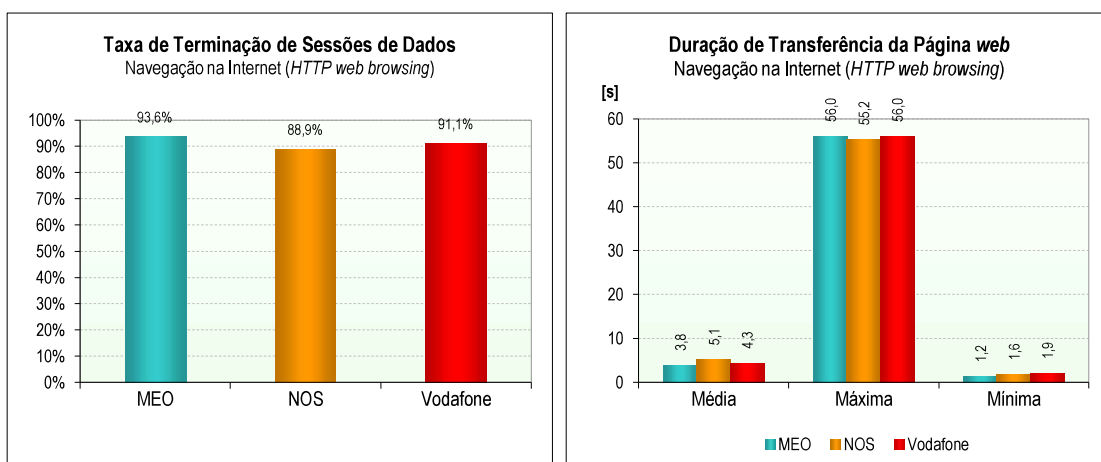


Figura 14 – Indicadores *Taxa de Terminação de Sessões de Dados* e *Duração de Transferência da Página web*, nos Eixos Rodoviários de Portugal Continental.

Nos eixos rodoviários, o serviço de navegação na Internet apresenta desempenhos aceitáveis (*Figura 14*). Os melhores resultados foram registados pela MEO, com 93,6% de sucesso no estabelecimento e manutenção de sessões de utilização do serviço e 3,8 segundos de duração média de *download* da totalidade da página *web* de referência. Segue-se a Vodafone, com 91,1% e 4,3 segundos, e, por último, a NOS, com 88,9% e 5,1 segundos, respetivamente para os mesmos indicadores.

### Latência de Transmissão de Dados

Tal como para os restantes serviços de dados, nos aglomerados urbanos observam-se os melhores desempenhos dos sistemas de comunicações móveis no que concerne a latência de transmissão de dados (*Figura 15 e Figura 16*).

Em relação ao indicador *Taxa de Terminação de Sessões*, o operador MEO apresenta o melhor desempenho, com taxas de sucesso de 99,3% e 93,9%, respetivamente para aglomerados urbanos e eixos rodoviários. Ainda neste indicador, os operadores Vodafone e NOS apresentam desempenhos muito próximos: a Vodafone apresenta taxas de 97,5% e 91,2%, respetivamente para aglomerados urbanos e eixos rodoviários, enquanto a NOS regista taxas de 97,1% e 90,3%, respetivamente para aglomerados urbanos e eixos rodoviários.

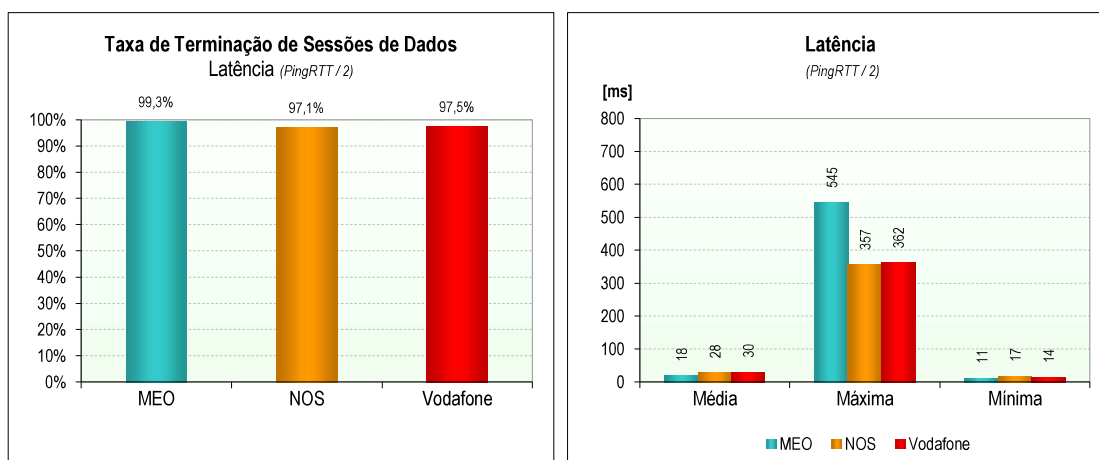


Figura 15 – Indicadores *Taxa de Terminação de Sessões de Dados* e *Latência*, nos Aglomerados Urbanos de Portugal Continental.

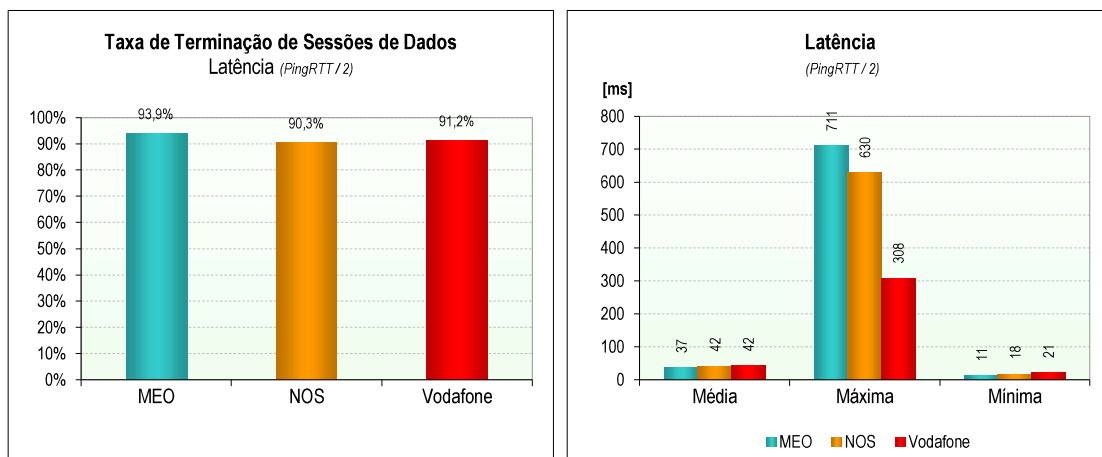


Figura 16 – Indicadores *Taxa de Terminação de Sessões de Dados* e *Latência*, nos Eixos Rodoviários de Portugal Continental.

Quanto ao indicador *Latência*, a MEO apresenta o melhor desempenho com atrasos médios de transmissão de dados de 18 e 37 milissegundos, respetivamente para aglomerados urbanos e eixos rodoviários. Também neste indicador os operadores NOS e Vodafone apresentam desempenhos muito próximos: a NOS regista latências médias de 28 e 42 milissegundos, respetivamente para aglomerados urbanos e eixos rodoviários, enquanto a Vodafone regista latências médias de 30 e 42 milissegundos, respetivamente para aglomerados urbanos e eixos rodoviários.

## 1 AFERIÇÃO DA QUALIDADE DE SERVIÇO

### 1.1 OBJETIVO

Com este estudo pretende-se analisar, numa *perspetiva de utilizador*, a qualidade dos serviços de comunicações eletrónicas, que se suportam nas redes móveis GSM/UMTS/LTE portuguesas, através da realização de testes automáticos extremo-a-extremo nos principais aglomerados urbanos e eixos rodoviários de Portugal continental.

### 1.2 QUALIDADE DE SERVIÇO NA PERSPETIVA DO UTILIZADOR

A *Qualidade de Serviço na Perspetiva do Utilizador* (QoE – *Quality of Experience*)<sup>1</sup> corresponde à perceção de qualidade sentida por um utilizador quando usa o serviço nas condições em que os testes são realizados. Indica o grau de satisfação desse utilizador em termos de, por exemplo, acessibilidade, retenção e integridade do serviço<sup>2</sup>.

Em contraposição, temos o *Desempenho da Rede ou Qualidade de Serviço*, definido como a capacidade de uma rede ou parte dela para fornecer um serviço com um determinado grau de qualidade. Engloba as funcionalidades, mecanismos e procedimentos, implementados pela rede celular e pelo equipamento terminal, que asseguram o fornecimento da qualidade de serviço negociada entre o equipamento terminal e a infraestrutura central da rede.

A *Qualidade de Serviço na Perspetiva do Utilizador* é normalmente expressa em termos de sensações humanas, do tipo, “Excelente”, “Boa”, “Aceitável”, “Pobre” e “Má”, enquanto o *Desempenho da Rede* é um conceito puramente técnico medido, expresso e entendido numa ótica de rede ou dos seus elementos, apresentando pouco significado para o utilizador.

---

<sup>1</sup> cf. ETSI TS 102 250-1 v2.2.1 (2011-04), <http://www.etsi.org/standards>

<sup>2</sup> Como se referiu já atrás, no capítulo “Enquadramento Geral”, isto não significa que traduza a perceção de um utilizador médio ou da maioria dos utilizadores nem que os resultados obtidos, seguindo esta abordagem, representem a qualidade sentida por um utilizador médio ou pela maioria dos utilizadores.

### 1.3 CENÁRIO GENÉRICO DE TESTE

Em qualquer estudo é impossível reproduzir exatamente a realidade que se pretende estudar, o que é ainda mais evidente quando essa realidade envolve sistemas complexos com interação humana.

Também nos estudos realizados pela ANACOM, face à taxa de penetração dos serviços móveis, à diversidade de equipamentos terminais utilizados e dos serviços prestados e à própria subjetividade inerente a cada utente, é impossível a reprodução rigorosa das condições de interação de cada consumidor com as redes. Por isso, a concretização destes estudos de avaliação da qualidade só é possível à custa de compromissos e aproximações, dentro de limites que permitem que os resultados obtidos possam ser encarados como indicadores fiáveis do comportamento global dos sistemas de comunicações móveis, nomeadamente no que toca à abrangência geográfica e níveis de sinal das redes radioelétricas de acesso, bem como à acessibilidade, integridade e retenção dos serviços.

Tendo em conta estes objetivos, o ideal seria que fossem efetuadas medições em todos os locais em que os serviços de comunicações eletrónicas estudados são ou poderiam ser disponibilizados; no limite, deveria ser considerada toda a área geográfica de Portugal, não esquecendo o interior dos edifícios e dos veículos de transporte de pessoas. Porém, é evidentemente impraticável a realização de testes em todos estes locais. Para contornar esta impossibilidade prática, é normalmente definida uma aproximação de compromisso, que se traduz na realização de testes em locais públicos e em movimento (vulgarmente designados por *drive-test*). Esta aproximação é utilizada pela ANACOM, por outros reguladores e pela generalidade dos operadores móveis, em todo o mundo.

Ideal seria também que se utilizassem todos os tipos de equipamentos terminais existentes no mercado, nas diferentes versões de sistemas operativos e aplicações de *software* existentes. Deveriam ainda ser objeto de estudo todos os serviços disponibilizados pelos operadores, considerando os diferentes perfis de utilização. Como facilmente se compreende, a realização de testes utilizando toda a panóplia de equipamentos terminais e aplicações de *software* a todos os serviços de comunicações eletrónicas, de acordo com os inúmeros perfis de utilização, torna-se impraticável. Assim, são normalmente analisados os principais serviços, garantindo-se que estes sejam disponibilizados, de forma homogênea, por todos os operadores presentes no mercado, de forma que permita analisar todas as tecnologias de que os operadores dispõem, e utilizados equipamentos terminais comerciais com características e parametrizações iguais. Todas estas opções, bem como a definição dos perfis de medida, têm por base especificações técnicas definidas por organizações internacionais de referência, como a ITU

(*International Telecommunications Union* – União Internacional de Telecomunicações) e o ETSI (*European Telecommunications Standards Institute* – Instituto Europeu de Normas de Telecomunicações), nomeadamente as seguintes: ETSI TS 102 250, ETSI TR 102 678, ETSI TR 102 505, ETSI EG 202 057 e ITU-T Recommendation P.863. Por outro lado, a forma como são testados os serviços segue uma metodologia que reflete, com a melhor aproximação possível, a realidade de um utilizador comum, na medida em que, entre outros aspetos, são utilizados equipamentos terminais e aplicações de *software* comerciais, são simuladas conversações (para avaliação da qualidade áudio do serviço de voz), são transferidos ficheiros e descarregadas páginas *web* (para avaliação dos serviços de dados) e verificada a presença e níveis de sinal das redes radioelétricas em diversos locais. Este tipo de abordagem é vulgarmente designado por *medições extremo-a-extremo na perspetiva do utilizador*.

O cenário genérico de teste adotado pela ANACOM nos seus estudos corresponde a um tipo de utilização dos serviços de comunicações que potencia o nível de sinal na receção no terminal móvel, ou seja, não são consideradas as perdas de sinal por penetração em ambientes interiores e são utilizados equipamentos terminais móveis com antenas exteriores. Esta situação, não sendo muito significativa quanto ao *Serviço de Voz*, tem impacto relevante na *Cobertura Radioelétrica* e nos *Serviços de Dados*, por conduzir a desempenhos mais elevados do que os que se obteriam em ambientes interiores.

O facto de terem sido utilizados servidores dedicados exclusivamente à realização destes testes, que, no contexto do estudo efetuado, não têm limitações de capacidade de processamento e armazenamento de informação, disponibilidade e largura de banda de acesso pode ter influído positivamente nos resultados da velocidade de transmissão de dados (em confronto com os que poderiam ser obtidos por um utilizador comum). Acresce que os servidores usados, que funcionam nos mesmos moldes dos servidores disponíveis na Internet, são identificados através dos respetivos endereços IP e não através dos seus FQDN (*Fully Qualified Domain Name*), evitando que possíveis problemas de resolução de DNS (*Domain Name System*) e estratégias de *caching*, utilizadas pelo sistema operativo, pudessem afetar negativamente as medições.

## 1.4 SERVIÇOS ANALISADOS

Numa avaliação da QoS, na perspetiva do utilizador, devem ser considerados os serviços que, em cada tecnologia, apresentem maior relevância para os utilizadores finais e que sejam disponibilizados por todos os operadores.

Tendo presente este princípio orientador, e considerando a realidade atual, foram incluídos neste estudo

os seguintes serviços:

1. Serviços de Telefonia:
  - a. **Serviço de Voz;**
2. Serviços de Dados:
  - b. **Serviço de Transferência de Ficheiros** (*FTP upload/download*);
  - c. **Serviço de Navegação na Internet** (*HTTP web browsing*);
  - d. **Latência de Transmissão de Dados;**
3. Independentes dos Serviços:
  - e. **Disponibilidade das Redes Radioelétricas:** verificação da cobertura radioelétrica das redes GSM, UMTS e LTE.

## 2 METODOLOGIA

A metodologia assenta na realização de testes de campo, efetuados na perspetiva do utilizador com recurso a um sistema automático de medida, refletindo os vários aspetos que afetam a qualidade dos serviços (medições extremo-a-extremo). As medições são efetuadas em igualdade de condições para os três operadores: em simultâneo, nos mesmos locais e com as mesmas parametrizações, permitindo a análise comparativa dos desempenhos dos sistemas celulares dos operadores visados.

### 2.1 ASPETOS FUNDAMENTAIS

Na metodologia seguida neste estudo destacam-se três aspetos fundamentais:

1. **Medidas extremo-a-extremo** – nos valores medidos encontram-se refletidos todos os aspetos que influenciam a qualidade de um serviço;
2. **Imparcialidade** – as medições são efetuadas em igualdade de condições para os três operadores (MEO, NOS e Vodafone);
3. **Objetividade** – os testes são realizados de uma forma totalmente automática, eliminando-se a subjetividade inerente à intervenção ou decisão humana.

### 2.2 PRINCIPAIS INDICADORES DE QoS

Numa perspetiva de utilizador, a utilização dos serviços móveis apresenta as seguintes fases (diferentes aspetos da Qualidade de Serviço):

- a. **Disponibilidade da Rede** – Indicação de que a rede móvel está presente;
- b. **Acesso à Rede** – Indicação de que é possível utilizar os serviços (normalmente corresponde à indicação do nome da rede no visor do equipamento terminal e da indicação de disponibilidade GPRS e/ou 3G e/ou 4G);
- c. **Acesso ao Serviço** – Corresponde à disponibilização, por parte do operador móvel, do acesso a um serviço que o utilizador pretende usar (v.g. estabelecer uma chamada de voz);
- d. **Integridade do Serviço** – Corresponde à Qualidade do Serviço (QoS) durante a sua utilização (v.g. *Qualidade Áudio* em voz);

- e. **Retenção/Manutenção do Serviço** – Corresponde à forma como termina a utilização do serviço (de acordo ou contra a vontade do utilizador).

Para cada um destes aspetos, são analisados os principais Indicadores de Qualidade de Serviço.

## 2.2.1 INDEPENDENTES DO SERVIÇO

### 2.2.1.1 DISPONIBILIDADE DA REDE RADIOELÉTRICA (COBERTURA)

A disponibilidade da rede é a probabilidade de os serviços móveis estarem disponíveis para um utilizador (cobertura radioelétrica das redes).

$$\text{Disponibilidade da Rede Radioelétrica [\%]} = \frac{\sum \text{Medições com os Serviços Móveis Disponíveis}}{\sum \text{Medições Realizadas}} \times 100$$

Considera-se que os serviços móveis estão disponíveis quando os níveis de sinal radioelétrico apresentam valores acima de limiares mínimos que permitam a sua utilização. Estes limiares podem ser ajustados pelos operadores móveis e normalmente apresentam valores diferenciados para GSM, UMTS e LTE.

O sistema de teste e medida permite, através de um *Scanner de RF*, medir continuamente os níveis de sinal de cada rede móvel. Estas medições são georreferenciadas, permitindo a sua representação em mapas, facilitando a visualização dos níveis de cobertura das redes móveis nos trajetos objeto de estudo.

Tabela 1 – Níveis de Cobertura Radioelétrica

| Cobertura   | GSM                               | UMTS                                    | LTE                               |
|-------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|
| Boa         | RxLev $\geq$ -85 dBm              | CPICH RSCP $\geq$ -95 dBm               | RSRP $\geq$ -105 dBm              |
| Aceitável   | -95 dBm $\leq$ RxLev $<$ -85 dBm  | -105 dBm $\leq$ CPICH RSCP $<$ -95 dBm  | -115 dBm $\leq$ RSRP $<$ -105 dBm |
| Má          | -110 dBm $\leq$ RxLev $<$ -95 dBm | -115 dBm $\leq$ CPICH RSCP $<$ -105 dBm | -125 dBm $\leq$ RSRP $<$ -115 dBm |
| Inexistente | RxLev $<$ -110 dBm                | CPICH RSCP $<$ -115 dBm                 | RSRP $<$ -125 dBm                 |

## 2.2.2 SERVIÇO DE VOZ

### 2.2.2.1 ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO DE VOZ

A acessibilidade do serviço é a probabilidade de um utilizador ter acesso ao serviço de voz, ou seja, a probabilidade de sucesso no estabelecimento de chamadas.

Uma chamada será considerada “Estabelecida com Sucesso” se atingir o terminal chamado (no terminal chamador ouve-se o “sinal de chamar”).

$$Acessibilidade\ do\ Serviço\ [\%] = \frac{\sum Chamadas\ Estabelecidas\ com\ Sucesso}{\sum Tentativas\ de\ Estabelecimento\ de\ Chamadas} \times 100$$

### 2.2.2.2 TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS DE VOZ

O tempo de estabelecimento de chamadas é o período de tempo que decorre entre o envio de um endereço de destino completo (número de telefone de destino) e o estabelecimento da chamada.

$$Tempo\ de\ Estabelecimento\ de\ Chamadas\ [s] = t_{sinal\_chamar} - t_{envio\_endereço}$$

$t_{envio\_endereço}$  – momento em que o utilizador pressiona o botão de envio.

$t_{sinal\_chamar}$  – momento em que a chamada é estabelecida com sucesso (no terminal chamador ouve-se o “sinal de chamar”).

### 2.2.2.3 TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS DE VOZ

A taxa de terminação de chamadas é a probabilidade de uma chamada, depois de estabelecida com sucesso, se manter ativa durante um determinado período de tempo, terminando de forma normal, ou seja, de acordo com a vontade do utilizador.

$$Taxa\ de\ Terminação\ de\ Chamadas\ [\%] = \frac{\sum Chamadas\ com\ Terminação\ Normal}{\sum Chamadas\ Estabelecidas\ com\ Sucesso} \times 100$$

### 2.2.2.4 QUALIDADE ÁUDIO DE CHAMADA DE VOZ

Este indicador quantifica a percetibilidade da conversação durante uma chamada de voz. São avaliados os dois sentidos da comunicação e apenas são consideradas as chamadas com terminação normal.

A avaliação deste indicador de QoS consiste na comparação da amostra original de áudio enviada,  $X(t)$ , com a correspondente amostra degradada recebida,  $Y(t)$ , no outro extremo da chamada, através da aplicação do algoritmo *POLQA*<sup>3</sup>. O índice objetivo de qualidade áudio obtido através da aplicação deste algoritmo é próximo do que se obteria se a amostra  $Y(t)$  fosse submetida à apreciação subjetiva de um painel de utilizadores do serviço.

$$Qualidade \text{ Áudio de Chamada}_{lado A} [MOS_{LQO}] = f\{X_B(t) ; Y_A(t)\}$$

$$Qualidade \text{ Áudio de Chamada}_{lado B} [MOS_{LQO}] = f\{X_A(t) ; Y_B(t)\}$$

*lado A; lado B* – designação dos dois extremos de uma chamada de voz.

*MOS<sub>LQO</sub>* – escala de quantificação da qualidade áudio percebida (*Mean Opinion Score – Listening-only Quality Objective*).

*f* – função correspondente à aplicação de um algoritmo de cálculo e função de conversão dos resultados em valores *MOS<sub>LQO</sub>*.

$X_A(t); X_B(t)$  – amostra original de áudio enviada a partir do lado A (B).

$Y_A(t); Y_B(t)$  – amostra degradada de áudio recebida no lado A (B), resultante da transmissão da amostra original  $X_B(t)$  ( $X_A(t)$ ).

Os resultados da aplicação do algoritmo são apresentados numa escala do tipo MOS (*Mean Opinion Score*) de 1 a 5 designada por *MOS<sub>LQO</sub>* (*Mean Opinion Score – Listening-only Quality Objective*), tal como indicado na *Tabela 2*. A escala MOS quantifica o esforço necessário para se perceber uma comunicação. Apresenta como limites os valores 0 (zero), quando não há comunicação, e 5 (cinco), quando a comunicação é perfeita. O valor “zero” nunca aparece nos resultados porque apenas são consideradas situações em que a ligação foi estabelecida e mantida durante um período pré-definido. O “cinco” também não ocorre nos resultados porque os *CoDec*<sup>4</sup>, utilizados pelas redes móveis, não possibilitam tão elevado valor de qualidade de voz (a qualidade de voz obtida com os *CoDec* normalmente utilizados apresenta valores de MOS inferiores a 4,5).

Tabela 2 - Escala *MOS<sub>LQO</sub>*

| MOS | Qualidade |
|-----|-----------|
| 5   | Excelente |
| 4   | Boa       |
| 3   | Aceitável |
| 2   | Pobre     |
| 1   | Má        |

<sup>3</sup> *POLQA – Perceptual Objective Listening Quality Assessment*. Recomendado pela ITU-International Telecommunications Union (ITU-T Recommendation P.863 (01/2011)).

<sup>4</sup> *CoDec – Codificador/Descodificador*.

Nas situações em que em cada sentido da mesma chamada sejam enviadas e recebidas várias amostras de áudio  $\{X_1(t), X_2(t), \dots, X_n(t); Y_1(t), Y_2(t), \dots, Y_n(t)\}$ , o indicador *Qualidade Áudio de Chamada* é calculado através da média aritmética dos valores obtidos pela aplicação da expressão acima apresentada a cada par de amostras de áudio, ou seja:

$$Qualidade \text{ Áudio de Chamada}_{lado A} [MOS_{LQO}] = \frac{\sum_{i=1}^n f\{X_{iB}(t); Y_{iA}(t)\}}{n}$$

$$Qualidade \text{ Áudio de Chamada}_{lado B} [MOS_{LQO}] = \frac{\sum_{i=1}^n f\{X_{iA}(t); Y_{iB}(t)\}}{n}$$

## 2.2.3 SERVIÇOS DE DADOS

### 2.2.3.1 TAXA DE TERMINAÇÃO DE SESSÕES DE UTILIZAÇÃO DO SERVIÇO (FTP E HTTP WEB BROWSING)

Esta é a probabilidade de uma sessão de utilização do serviço (Transferência de Ficheiros – *FTP upload/download* – ou Navegação na Internet – *HTTP web browsing*), ser estabelecida e decorrer com sucesso, ou seja, manter-se ativa durante a totalidade do período predefinido para transferência de ficheiros ou permitir a transferência da totalidade da página *web*.

$$Taxa \text{ de Terminação de Sessões de Utilização do Serviço } [\%] = \frac{\sum \text{Sessões Terminadas com Sucesso}}{\sum \text{Tentativas de Estabelecimento de Sessões}} \times 100$$

### 2.2.3.2 VELOCIDADE DE TRANSFERÊNCIA DE DADOS (FTP)

Este indicador quantifica a velocidade média de transferência de dados durante uma sessão de Transferência de Ficheiros (*FTP upload/download*).

No cálculo deste indicador, apenas são consideradas as sessões de utilização do serviço terminadas com sucesso (as que se mantiveram ativas durante a totalidade do período predefinido para transferência de ficheiros).

$$Velocidade \text{ de Transferência de Dados } [kbps] = \frac{\text{Dimensão da Informação Enviada ou Recebida } [kbit]}{\text{Tempo de Envio ou de Receção } [s]}$$

*Tempo de Envio ou de Receção* – intervalo de tempo que decorre entre o momento em que o equipamento de utilizador efetua o pedido de envio ou receção de informação até ao momento em que a totalidade da informação foi enviada ou recebida ou terminou o período predefinido para envio ou receção de informação. Não inclui o tempo necessário para estabelecer as sessões de dados (fases de registo na rede de comutação de pacotes, de ativação do contexto PDP (para GSM/UMTS) ou *Dedicated EPS Bearer Setup* (para LTE) e, no caso do serviço de transferência de ficheiros (*FTP upload/download*), a fase de autenticação no servidor remoto).

### 2.2.3.3 DURAÇÃO DE TRANSFERÊNCIA DA PÁGINA WEB (*HTTP WEB BROWSING*)

Este indicador quantifica o tempo médio necessário para a transferência da página *web* de referência.

No cálculo deste indicador, apenas são consideradas as sessões de utilização do serviço terminadas com sucesso (as que permitiram a transferência da totalidade da página *web*).

$$\text{Duração de Transferência da Página web [s]} = t_{\text{fim\_receção}} - t_{\text{pedido\_página\_web}}$$

$t_{\text{pedido\_página\_web}}$  – momento em que o equipamento de utilizador efetua o pedido de receção da página *web*.

$t_{\text{fim\_receção}}$  – momento em que a totalidade da página *web* é recebida pelo equipamento de utilizador.

### 2.2.3.4 LATÊNCIA DE TRANSMISSÃO DE DADOS

Este indicador quantifica o tempo necessário para que um pacote de informação viaje desde o equipamento de utilizador até ao Servidor de Conteúdos (Servidor HTTP ou FTP) ou *vice-versa*. Este atraso corresponde a metade do *Round Trip Time* (RTT) obtido pela ferramenta *Ping* (*ICMP echo*).

$$\text{Latência de Transmissão de Dados [ms]} = \frac{\text{Ping}_{RTT}[\text{ms}]}{2}$$

## 2.3 PERFIS DE MEDIDA

Os perfis de medida<sup>5</sup> definem um conjunto de condições que devem ser acauteladas para a correta aferição da qualidade dos serviços e garantia da fiabilidade dos testes. Contemplam ainda a normalização de processos e a definição de parâmetros de teste e medida, de forma a permitirem a exequibilidade das análises e a comparabilidade dos resultados obtidos.

<sup>5</sup> Os perfis de medida aqui apresentados têm por base as especificações técnicas ETSI TS 102 250, nomeadamente a parte 5 (ETSI TS 102 250-5 V2.4.1 (2013-06)), ETSI TR 102 678 (ETSI TR 102 678 V1.2.1 (2011-05)), ETSI TR 102 505 (ETSI TR 102 505 V1.3.1 (2012-11)) e ETSI EG 202 057, nomeadamente as partes 3 e 4 (ETSI EG 202 057-3 V1.1.1 (2005-04) e ETSI EG 202 057-4 V1.2.1 (2008-07)).

### 2.3.1 ASPETOS GERAIS

Os testes são realizados de forma totalmente automática com recurso ao sistema *Diversity* (durante a execução de um teste não há qualquer intervenção ou decisão humana).

As medidas são realizadas em movimento, utilizando viaturas automóveis com antenas exteriores, e com seleção automática das infraestruturas GSM, UMTS ou LTE. Todos os parâmetros recolhidos são georreferenciados, permitindo a sua posterior representação em cartografia digital.

### 2.3.2 COBERTURA RADIOELÉTRICA

A avaliação da cobertura radioelétrica das redes efetua-se por medição dos níveis de sinal em *downlink*, RxLev (*Received signal Level*) para GSM, CPICH RSCP (*Common Pilot Channel Received Signal Code Power*) para UMTS e RSRP (*Reference Signal Received Power*) para LTE, ao longo de cada trajeto em estudo.

As medições são efetuadas com um equipamento adequado e dedicado exclusivamente a esta tarefa – um *Scanner de RF* – para que os valores medidos correspondam aos níveis efetivos de sinal. O equipamento de medida dispõe de capacidade para recolher amostras de sinal de todos os canais radioelétricos GSM, UMTS e LTE utilizados pelos operadores em análise. Posteriormente, essas amostras são analisadas e apenas consideradas aquelas que apresentem os melhores valores de nível de sinal, em cada ponto e para cada tecnologia e operador.

Cada ponto de medida é georreferenciado para a posterior representação dos níveis de sinal em cartografia digital, facilitando assim a visualização da cobertura das redes móveis nos trajetos objeto de estudo e a identificação de locais com cobertura deficiente ou inexistente.

### 2.3.3 SERVIÇO DE VOZ

A análise do serviço de voz, num determinado local, inclui as capacidades de estabelecimento e terminação de chamadas, bem como a integridade da comunicação. Este serviço é avaliado extremo-a-extremo, utilizando-se a “chamada” como unidade base de teste.

As chamadas de teste são estabelecidas entre equipamentos terminais móveis e fixos. O equipamento terminal móvel (*MS – Mobile Station* ou *UE – User Equipment*) desloca-se no trajeto/local em estudo, designando-se MOC (*Mobile Originated Call*) as chamadas originadas neste equipamento terminal. Para minimizar a incerteza, que acompanha sempre os processos de medida, o segundo extremo das

chamadas de teste deve apresentar bons níveis e grande estabilidade de desempenho. Pretende-se minimizar o impacto deste extremo nos indicadores de desempenho dos serviços em análise, por isso são utilizados terminais de rede fixa (RDIS). As chamadas originadas neste extremo, no terminal RDIS, e terminadas no terminal móvel que se encontra no local em teste, designam-se MTC (*Mobile Terminated Call*).

Tendo em vista a comparação do desempenho dos vários operadores (*benchmark*), nas sessões de teste é utilizada uma janela temporal fixa para realização de cada chamada. Quando ocorre uma falha de chamada, tanto na fase de estabelecimento como na fase de conversação, a chamada seguinte só tem início quando atingir a janela temporal seguinte.

A janela temporal contempla, além da própria duração de chamada, períodos que permitem o estabelecimento e desligamento da chamada e também uma pausa de 30 segundos entre chamadas consecutivas, para prevenir eventuais problemas de rede relacionados com sinalização ou gestão da mobilidade.

Após o início de uma chamada de teste, analisa-se a integridade da comunicação – qualidade áudio – alternadamente em cada sentido, independentemente do extremo em que se iniciou a chamada.

Os parâmetros de teste utilizados para análise do serviço de voz apresentam os seguintes valores:

- ▶ Relação entre MOC/MTC: 1/1
- ▶ Duração das chamadas de teste: 120 s
- ▶ Janela temporal para realização de uma chamada de teste: 180 s
- ▶ Tempo máximo para estabelecimento de uma chamada: 20 s

#### **2.3.4 SERVIÇOS DE DADOS**

A unidade base de teste é a sessão de dados, que inclui a seguinte sequência de testes:

1. Verificação da latência de transmissão de dados (sequência de 10 *Ping*);
2. Navegação na Internet (*HTTP web browsing*);
3. Transferência de ficheiro (*FTP download*);
4. Transferência de ficheiro (*FTP upload*);

As sessões de dados são estabelecidas entre equipamentos de utilizador (Cartas de dados + USIM +

Computadores) e Servidores de Teste, em modo de comutação de pacotes, sendo sempre iniciadas pelos equipamentos de utilizador (*MO—Mobile Originated*).

Os *Servidores de Teste* encontram-se alojados num *datacenter* na FCT (Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P.) e são dedicados exclusivamente à realização destes testes, não apresentando limitações de capacidade de processamento e armazenamento de informação, disponibilidade e largura de banda de acesso. Estes servidores funcionam nos mesmos moldes dos servidores disponíveis na Internet, porém são identificados através dos respetivos endereços IP e não através dos seus FQDN (*Fully Qualified Domain Name*) para evitar que possíveis problemas de resolução de DNS (*Domain Name System*) e estratégias de *caching*, utilizadas pelo sistema operativo, possam afetar as medições.

Nos testes são utilizados conteúdos estáveis, ou seja, páginas *web* e ficheiros que não apresentam variações quantitativas e qualitativas. A página *web* de referência é constituída por uma mistura de texto e imagens e não inclui conteúdos dinâmicos. Os ficheiros de teste são do tipo binário, constituídos por sequências aleatórias de *bits*, pelo que não são passíveis de compressão.

Os testes de Transferência de Ficheiros (*FTP upload/download*) são realizados de acordo com o conceito de *tempo fixo de transferência de dados*, ou seja, é realizada a transferência de dados durante um período de tempo predefinido em vez da transferência integral de ficheiros de dimensão fixa.

Os processos de *login* e autenticação nos servidores FTP não são considerados parte nos testes aos serviços. São assegurados os privilégios adequados de acesso a esses servidores e também que os ficheiros se encontram disponíveis, nos respetivos servidores, antes de se iniciar um teste de *download* (*FTP download*).

Os testes de Latência de Transmissão de Dados são realizados com recurso à ferramenta *ping*, por se tratar de uma ferramenta de utilização generalizada. Esta ferramenta permite a configuração de alguns parâmetros de teste; no entanto, na sua maioria, são usados os valores por omissão já que são estes os usados pela generalidade dos utilizadores desta ferramenta.

A sensibilidade dos utilizadores em relação à latência está diretamente relacionada com o tipo de serviço. Por outro lado, a prestação do serviço pode também influenciar a latência. Assim, na impossibilidade de se efetuarem testes de latência com todos os cenários possíveis foi usada uma metodologia genérica e independente de qualquer serviço consistindo numa sequência de 11 *ping*. No entanto, apenas foram considerados, no cálculo do indicador Latência de Transmissão de Dados, os últimos 10 *ping* permitindo,

assim, obter resultados fiáveis e facilmente verificáveis pelos próprios utilizadores dos serviços.

Após um ciclo de teste, ou mesmo nas situações em que houve uma terminação abrupta do ciclo, todas as ligações aos servidores de teste são encerradas, é apagada a memória *cache* do *browser*, no caso de testes de *HTTP web browsing*, e é efetuada uma pausa antes de se iniciar o ciclo de testes seguinte.

Tal como os servidores, o sistema de teste não apresenta limitações de espaço de armazenamento e os seguintes elementos são homogéneos nos diferentes testes aos vários operadores, para possibilitar a comparabilidade dos resultados:

- Sistema operativo (tipo e versão) e respetiva configuração;
- Dimensão da MTU (*Maximum Transmission Unit*);
- Localização do Servidor de Testes;
- Tipo e versão do *browser* utilizado, bem como a respetiva configuração (testes *HTTP Web browsing*);
- Dimensão e tipo de páginas *web* e ficheiros utilizados nos testes;
- Tipo de *FTP client* utilizado (testes FTP);
- Protocolo utilizado – TCP/IP (testes FTP);
- Modo de transferência de dados utilizado – ativo ou passivo (testes FTP).

Tendo em conta as considerações anteriormente apresentadas foram definidos parâmetros gerais e específicos para cada tipo de serviço que permitem a exequibilidade dos testes e a comparabilidade dos resultados. Os parâmetros gerais de teste são os seguintes:

- ▶ Pausa entre sessões de dados: 70 s
- ▶ Pausa entre testes na mesma sessão de dados: 3 s

Os parâmetros específicos para cada tipo de serviço de dados são apresentados nas secções seguintes.

#### 2.3.4.1 SERVIÇO DE TRANSFERÊNCIA DE FICHEIROS (*FTP*)

Os parâmetros específicos para análise do serviço de transferência de ficheiros (*FTP upload/download*) são os seguintes:

- ▶ Período de transferência de dados: 30 s
- ▶ Modo de transferência de dados: passivo

#### 2.3.4.2 NAVEGAÇÃO NA INTERNET (*HTTP WEB BROWSING*)

Os parâmetros para análise do serviço de navegação na Internet (*HTTP web browsing*) são os seguintes:

- ▶ Página *web* de referência utilizada: *Kepler*<sup>6</sup>
- ▶ Dimensão da página *web*: 815.804 Bytes
- ▶ Tempo máximo para transferência da página *web*: 60 s

#### 2.3.4.3 LATÊNCIA DE TRANSMISSÃO DE DADOS

Para verificação da latência de transmissão de dados é utilizada a ferramenta *ping* (*ICMP echo*) com os seguintes parâmetros:

- ▶ Dimensão do pacote de dados: 256 Bytes
- ▶ Número de pedidos: 10
- ▶ Intervalo entre pedidos: 1 s
- ▶ *ICMP echo timeout*: 5 s

### 2.4 SISTEMA DE TESTE/MEDIDA E PÓS-PROCESSAMENTO

A ANACOM utiliza nos seus estudos os sistemas *Diversity/NetQual*, da *SwissQual* ([www.swissqual.com](http://www.swissqual.com)). A *SwissQual* é uma empresa do grupo *Rohde & Schwarz*, com qualidade reconhecida em sistemas de avaliação da qualidade de redes e serviços móveis. Estes sistemas são entregues à ANACOM com todas as certificações relevantes<sup>7</sup>.

Os sistemas *Diversity/NetQual* são constituídos por um conjunto de ferramentas desenhadas especificamente para análise e *benchmarking* de sistemas de comunicações móveis:

- a. ***Diversity Benchmark*** – Unidade Móvel, com *scanners de RF* e equipamentos terminais móveis comerciais (no estudo realizado foram utilizados terminais *Nokia C7* e *Huawei E392*);
- b. ***Land Unit*** – Unidade Fixa, com cartas de interface *RDIS*, utilizada para testes de voz;

---

<sup>6</sup> Página web de referência desenvolvida e recomendada pelo ETSI (ETSI TR 102 505 V1.3.1 (2012-11))

<sup>7</sup> As certificações relativas aos terminais móveis usados podem ser consultadas em:  
[http://nds1.webapps.microsoft.com/files/support/apac/phones/guides/Nokia\\_C7-00\\_Nokia\\_Belle\\_UG\\_en.pdf](http://nds1.webapps.microsoft.com/files/support/apac/phones/guides/Nokia_C7-00_Nokia_Belle_UG_en.pdf) ;  
<http://download-c.huawei.com/download/downloadCenter?downloadId=13732&version=14778&siteCode=worldwide> ;  
<http://download-c.huawei.com/download/downloadCenter?downloadId=25005&file=doc> ;  
<http://download-c.huawei.com/download/downloadCenter?downloadId=24698&file=doc> .

- c. **Media Server** – Unidade Fixa, servidor na Internet para testes de dados (alojado num *datacenter* da FCT);
- d. **NQDI** – Sistema de pós-processamento, análise e reporte das medições realizadas.

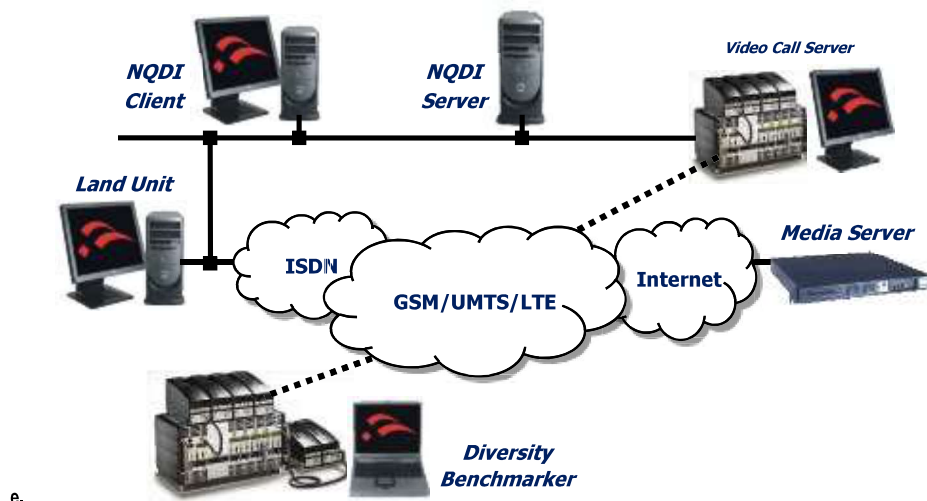


Figura 17 – Arquitetura do sistema *Diversity/NetQual*

### 3 AMOSTRA DO ESTUDO

Para uma adequada avaliação da qualidade global dos serviços de voz e dados, bem como a cobertura radioelétrica das redes GSM, UMTS e LTE, disponibilizados pelos operadores MEO, NOS e Vodafone, foi escolhida uma amostra representativa da utilização destes serviços nos principais aglomerados urbanos e eixos rodoviários de Portugal continental.

#### 3.1 LOCAIS ANALISADOS

Pretendendo-se com este estudo aferir a qualidade dos serviços disponibilizados pelas redes móveis, tal como esta é sentida pelos consumidores, o ideal seria que fossem efetuadas medições em todos os locais em que este tipo de telecomunicações são ou poderiam ser disponibilizadas; no limite deveria ser considerada toda a área geográfica de Portugal, não esquecendo o interior dos edifícios. Como é óbvio, a realização de testes em todos estes locais torna-se impraticável.

Todavia, o objetivo não é a realização exaustiva de medidas, mas sim a escolha de uma amostra adequada que sirva de indicador do comportamento global das redes móveis. Nesse sentido, os locais escolhidos devem ser aqueles em que os serviços são mais utilizados, ou seja, nos maiores aglomerados urbanos e principais eixos rodoviários.

No entanto, seguindo apenas este critério correr-se-ia o risco de as medidas se concentrarem nas zonas mais densamente povoadas do litoral norte, pelo que se optou por, além deste critério, considerar também uma distribuição geográfica dos locais de realização de medições de forma a contemplar as regiões do interior.

Tabela 3 – Eixos Rodoviários

| Eixos Rodoviários                                                     | Distância Aproximada [km] |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Aveiro-Viseu-Vilar Formoso (A25)                                      | 200                       |
| Chaves-Vila Real-Figueira da Foz (A24 / IP3 / A14)                    | 280                       |
| Lagos-Vila Real de S <sup>to</sup> . António-Faro-Lagos (A22 / EN125) | 275                       |
| Lisboa-Algarve (A2)                                                   | 250                       |
| Lisboa-Cascais-Sintra-Lisboa (A5 / A16 / IC19)                        | 60                        |
| Lisboa-Évora-Elvas (A12 / A2 / A6)                                    | 220                       |
| Lisboa-Leiria-Aveiro (A8 / A17)                                       | 250                       |
| Lisboa-Porto (A1)                                                     | 310                       |
| Maia-Guimarães-Braga-Esposende (A41 / A42 / A11)                      | 120                       |
| Oeiras-Castelo Branco-Guarda (A9 / A10 / A1 / A23)                    | 330                       |
| Porto-Bragança (A4 / IP4)                                             | 230                       |
| Porto-Braga-Valença-Viana do Castelo-Porto (A3 / A28)                 | 230                       |
| Póvoa de Varzim-Vila Pouca de Aguiar (A7)                             | 110                       |
| <b>Total</b>                                                          | <b>2.865</b>              |

Assim, foram efetuados testes em todas as capitais de distrito, alargando a área de recolha às localidades limítrofes nas regiões de Lisboa e Porto, e também nos principais eixos rodoviários do território continental português.

A população presente nos aglomerados urbanos que constituem as localidades selecionadas, representa 42,3% da população portuguesa, de acordo com os resultados dos últimos Censos (2011).

Tabela 4 – Localidades e respetiva população.

| Unidade Territorial | População Residente | População Presente |
|---------------------|---------------------|--------------------|
| Aveiro              | 78.450              | 79.542             |
| Beja                | 35.854              | 34.769             |
| Braga               | 181.494             | 177.859            |
| Bragança            | 35.341              | 35.623             |
| Castelo Branco      | 56.109              | 54.436             |
| Coimbra             | 143.396             | 149.425            |
| Évora               | 56.596              | 55.811             |
| Faro                | 64.560              | 63.467             |
| Guarda              | 42.541              | 40.726             |
| Leiria              | 126.897             | 122.673            |
| Portalegre          | 24.930              | 24.527             |
| Santarém            | 62.200              | 60.720             |
| Setúbal             | 121.185             | 116.647            |
| Viana do Castelo    | 88.725              | 85.312             |
| Vila Real           | 51.850              | 52.781             |
| Viseu               | 99.274              | 97.245             |
|                     | <b>1.269.402</b>    | <b>1.251.563</b>   |
| Grande Lisboa       |                     |                    |
| Almada              | 174.030             | 168.490            |
| Amadora             | 175.136             | 169.021            |
| Cascais             | 206.479             | 198.340            |
| Lisboa              | 547.733             | 547.348            |
| Loures              | 205.054             | 196.682            |
| Odivelas            | 144.549             | 138.238            |
| Oeiras              | 172.120             | 165.497            |
| Seixal              | 158.269             | 150.664            |
| Sintra              | 377.835             | 361.554            |
|                     | <b>2.161.205</b>    | <b>2.095.834</b>   |
| Grande Porto        |                     |                    |
| Gondomar            | 168.027             | 162.264            |
| Maia                | 135.306             | 131.191            |
| Matosinhos          | 175.478             | 171.091            |
| Porto               | 237.591             | 242.216            |
| Vila Nova de Gaia   | 302.295             | 293.393            |
|                     | <b>1.018.697</b>    | <b>1.000.155</b>   |
| <b>Total Global</b> | <b>4.449.304</b>    | <b>4.347.552</b>   |

Fonte: INE - Instituto Nacional de Estatística (Censos 2011)

### 3.2 DIMENSÃO DA AMOSTRA

Tabela 5 – Amostra para os três operadores estudados

|                           |                                                                      | Horas em<br>Medições | Quilómetros<br>em Medições | Chamada<br>s<br>de Voz | Sessões<br>de Dados | Medições de Cobertura<br>Radioelétrica |           |           |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|---------------------|----------------------------------------|-----------|-----------|
|                           |                                                                      |                      |                            |                        |                     | GSM                                    | UMTS      | LTE       |
| Aglomerados Urbanos       | Aveiro                                                               | 06:13                | 180                        | 366                    | 1.520               | 66.519                                 | 67.443    | 67.467    |
|                           | Beja                                                                 | 06:19                | 140                        | 372                    | 1.560               | 67.470                                 | 68.414    | 68.266    |
|                           | Braga                                                                | 06:22                | 202                        | 369                    | 1.556               | 67.959                                 | 68.919    | 68.595    |
|                           | Bragança                                                             | 06:16                | 187                        | 365                    | 1.519               | 66.720                                 | 67.701    | 67.660    |
|                           | Castelo Branco                                                       | 06:07                | 172                        | 363                    | 1.488               | 65.721                                 | 66.650    | 66.619    |
|                           | Coimbra                                                              | 06:07                | 188                        | 360                    | 1.496               | 65.454                                 | 66.372    | 66.348    |
|                           | Évora                                                                | 06:18                | 160                        | 372                    | 1.536               | 67.140                                 | 68.235    | 68.264    |
|                           | Faro                                                                 | 06:08                | 142                        | 366                    | 1.528               | 66.087                                 | 67.125    | 67.071    |
|                           | Guarda                                                               | 06:07                | 153                        | 360                    | 1.512               | 65.358                                 | 66.281    | 66.291    |
|                           | Leiria                                                               | 06:11                | 179                        | 365                    | 1.512               | 66.270                                 | 67.201    | 67.178    |
|                           | Portalegre                                                           | 06:09                | 163                        | 362                    | 1.492               | 65.523                                 | 66.475    | 66.444    |
|                           | Santarém                                                             | 06:19                | 171                        | 372                    | 1.534               | 67.299                                 | 68.223    | 68.228    |
|                           | Setúbal                                                              | 06:09                | 161                        | 365                    | 1.521               | 66.297                                 | 67.038    | 67.230    |
|                           | Viana do Castelo                                                     | 06:27                | 183                        | 374                    | 1.580               | 68.610                                 | 69.522    | 69.503    |
|                           | Vila Real                                                            | 06:21                | 159                        | 372                    | 1.548               | 67.569                                 | 68.559    | 68.572    |
|                           | Viseu                                                                | 06:17                | 230                        | 371                    | 1.548               | 67.584                                 | 68.546    | 68.548    |
|                           | Grande Porto                                                         | 18:22                | 605                        | 1.075                  | 4.482               | 195.573                                | 198.257   | 198.245   |
|                           | Grande Lisboa                                                        | 36:55                | 1.028                      | 2.184                  | 9.016               | 395.523                                | 401.129   | 401.071   |
| Total Aglomerados Urbanos |                                                                      | 155:07               | 4.403                      | 9.133                  | 37.948              | 1.658.676                              | 1.682.090 | 1.681.600 |
| Eixos Rodoviários         | Aveiro-Viseu-Vilar Formoso (A25)                                     | 03:45                | 400                        | 216                    | 869                 | 39.936                                 | 40.518    | 40.429    |
|                           | Chaves-Vila Real-Figueira da Foz (A24 / IP3 / A14)                   | 06:15                | 573                        | 359                    | 1.502               | 66.768                                 | 67.745    | 67.374    |
|                           | Lagos-Vila Real de S. <sup>to</sup> António-Faro-Lagos (A22 / EN125) | 07:46                | 549                        | 462                    | 1.856               | 82.992                                 | 84.193    | 84.245    |
|                           | Lisboa-Algarve (A2)                                                  | 04:33                | 492                        | 268                    | 1.031               | 48.510                                 | 49.279    | 49.231    |
|                           | Lisboa-Cascais-Sintra-Lisboa (A5 / A16 / IC19)                       | 06:16                | 357                        | 368                    | 1.533               | 67.197                                 | 68.229    | 68.173    |
|                           | Lisboa-Évora-Elvas (A12 / A2 / A6)                                   | 04:16                | 435                        | 252                    | 1.018               | 45.603                                 | 46.278    | 46.288    |
|                           | Lisboa-Leiria-Aveiro (A8 / A17)                                      | 04:55                | 490                        | 288                    | 1.154               | 52.302                                 | 53.034    | 53.021    |
|                           | Lisboa-Porto (A1)                                                    | 05:54                | 620                        | 347                    | 1.378               | 61.890                                 | 62.721    | 62.692    |
|                           | Maia-Guimarães-Braga-Esposende (A41 / A42 / A11)                     | 02:13                | 231                        | 131                    | 540                 | 23.619                                 | 23.973    | 23.978    |
|                           | Oeiras-Castelo Branco-Guarda (A9 / A10 / A1 / A23)                   | 06:08                | 670                        | 358                    | 1.422               | 65.322                                 | 66.247    | 66.280    |
|                           | Porto-Bragança (A4 / IP4)                                            | 04:55                | 460                        | 286                    | 1.192               | 52.590                                 | 53.358    | 53.299    |
|                           | Porto-Braga-Valença-Viana do Castelo-Porto (A3 / A28)                | 04:54                | 450                        | 287                    | 1.192               | 52.296                                 | 53.028    | 53.042    |
|                           | Póvoa de Varzim-Vila Pouca de Aguiar (A7)                            | 02:16                | 218                        | 132                    | 548                 | 24.213                                 | 24.525    | 24.495    |
|                           | Total Eixos Rodoviários                                              | 64:06                | 5.945                      | 3.754                  | 15.235              | 683.238                                | 693.128   | 692.547   |
| Total Global              |                                                                      | 219:13               | 10.348                     | 12.887                 | 53.183              | 2.341.914                              | 2.375.218 | 2.374.147 |

### 3.3 CONDIÇÕES DE RECOLHA DE DADOS

Os trabalhos de campo decorreram em dias úteis, de 30 de setembro a 3 de dezembro de 2014.

Nas regiões da Grande Lisboa e do Grande Porto, foram efetuadas sessões de recolha de dados entre as 8h00 e as 12h00 e entre as 16h00 e as 20h00. Nos restantes locais, as sessões de medida foram realizadas durante os períodos normais de trabalho. Cada eixo rodoviário foi percorrido duas vezes em medidas, com exceção do eixo rodoviário A5/A16/IC19 que foi percorrido várias vezes ao longo de um dia (6h16).

## 4 RESULTADOS AGREGADOS

### 4.1 AGLOMERADOS URBANOS

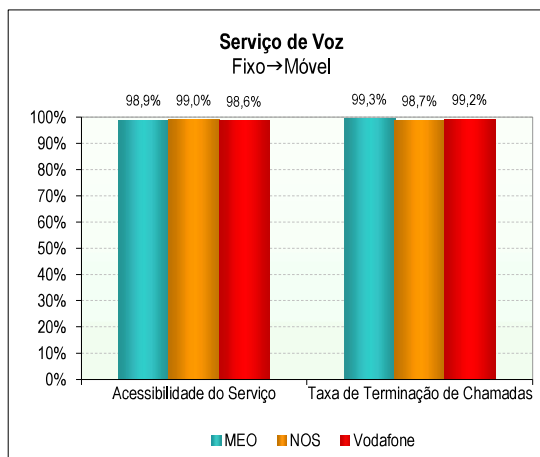
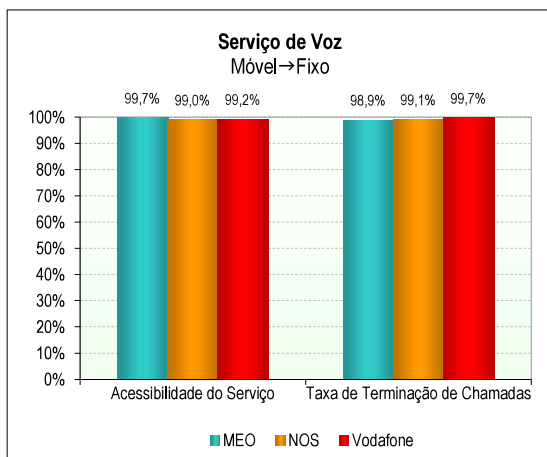
#### 4.1.1 SERVIÇO DE VOZ

|                              |                                | MEO        |            | NOS        |            | Vodafone   |            |
|------------------------------|--------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                              |                                | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel |
| Chamadas Realizadas          | Número de Chamadas             | 1.525      | 1.522      | 1.523      | 1.519      | 1.526      | 1.518      |
|                              | Falhadas no Estabelecimento    | 4          | 16         | 15         | 15         | 12         | 22         |
|                              | Falhadas Durante a Chamada     | 16         | 10         | 13         | 19         | 5          | 12         |
|                              | Com Terminação Normal          | 1.505      | 1.496      | 1.495      | 1.485      | 1.509      | 1.484      |
|                              | Acessibilidade do Serviço      | 99,7%      | 98,9%      | 99,0%      | 99,0%      | 99,2%      | 98,6%      |
|                              | Taxa de Terminação de Chamadas | 98,9%      | 99,3%      | 99,1%      | 98,7%      | 99,7%      | 99,2%      |
| Estabelecimento das Chamadas | Número de Amostras (Chamadas)  | 1.521      | 1.506      | 1.508      | 1.504      | 1.514      | 1.496      |
|                              | Tempo Médio [s]                | 4,0        | 7,0        | 4,4        | 7,1        | 3,8        | 7,0        |
|                              | Tempo Máximo [s]               | 11,7       | 18,1       | 19,5       | 19,2       | 9,9        | 17,7       |
|                              | Tempo Mínimo [s]               | 2,3        | 5,5        | 3,3        | 5,5        | 2,9        | 5,6        |
|                              | Desvio Padrão [s]              | 0,8        | 1,6        | 1,1        | 1,7        | 0,6        | 1,7        |
| Qualidade Áudio              | Número de Amostras (Chamadas)  | 2.998      | 2.997      | 2.971      | 2.977      | 2.990      | 2.989      |
|                              | Média [MOS]                    | 3,82       | 3,93       | 3,79       | 3,94       | 3,86       | 4,02       |
|                              | Máxima [MOS]                   | 4,00       | 4,18       | 3,98       | 4,19       | 4,00       | 4,18       |
|                              | Mínima [MOS]                   | 1,00       | 1,00       | 1,03       | 1,04       | 1,04       | 1,00       |
|                              | Desvio Padrão [MOS]            | 0,13       | 0,23       | 0,16       | 0,22       | 0,13       | 0,17       |

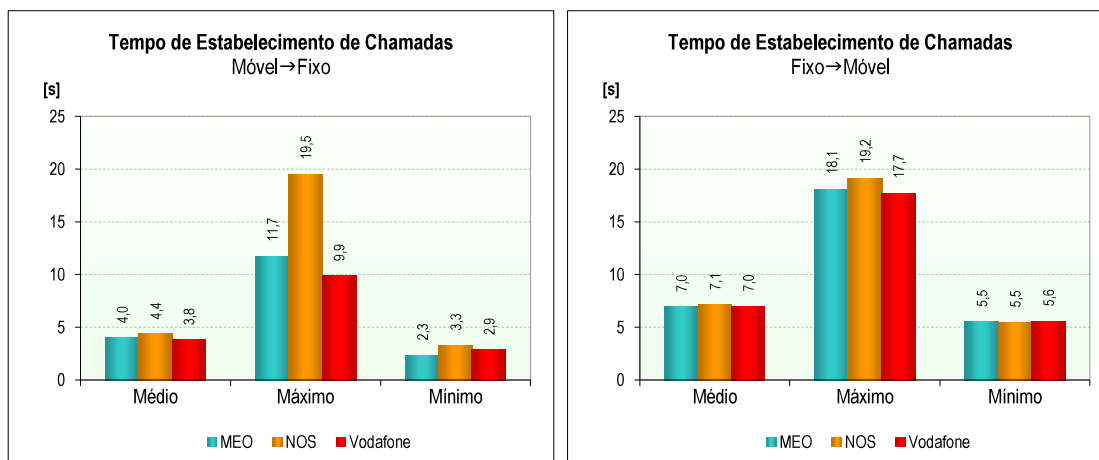
|                  |                                          | MEO        |            | NOS        |            | Vodafone   |            |
|------------------|------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                  |                                          | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel |
| Erro de Precisão | Acessibilidade do Serviço                | 0,4%       | 0,7%       | 0,6%       | 0,6%       | 0,6%       | 0,7%       |
|                  | Taxa de Terminação de Chamadas           | 0,7%       | 0,6%       | 0,6%       | 0,7%       | 0,4%       | 0,6%       |
|                  | Tempo de Estabelecimento de Chamadas [s] | 0,041      | 0,082      | 0,057      | 0,086      | 0,029      | 0,084      |
|                  | Qualidade Áudio [MOS]                    | 0,005      | 0,008      | 0,006      | 0,008      | 0,004      | 0,006      |

Nível de Confiança = 95 %

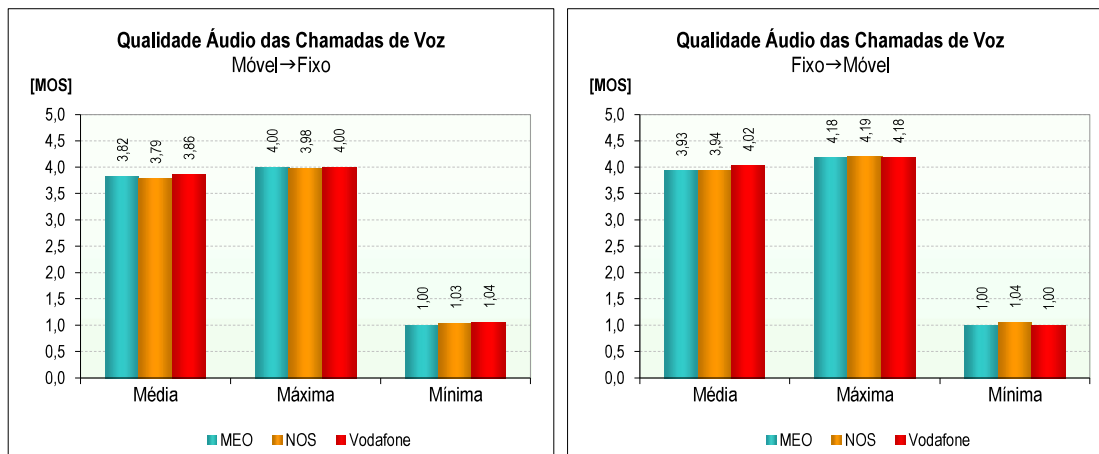
#### 4.1.1.1 INDICADORES ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO E TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS



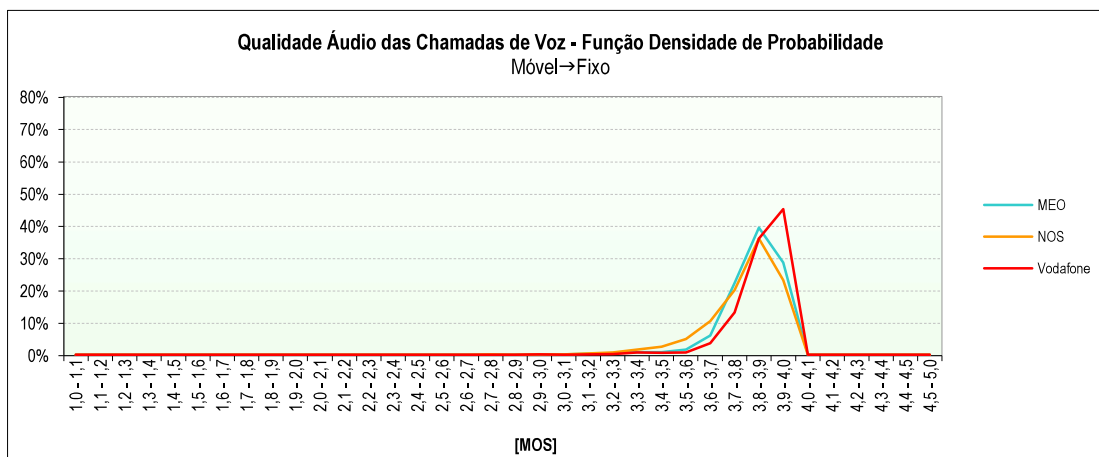
#### 4.1.1.2 INDICADOR *TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS*

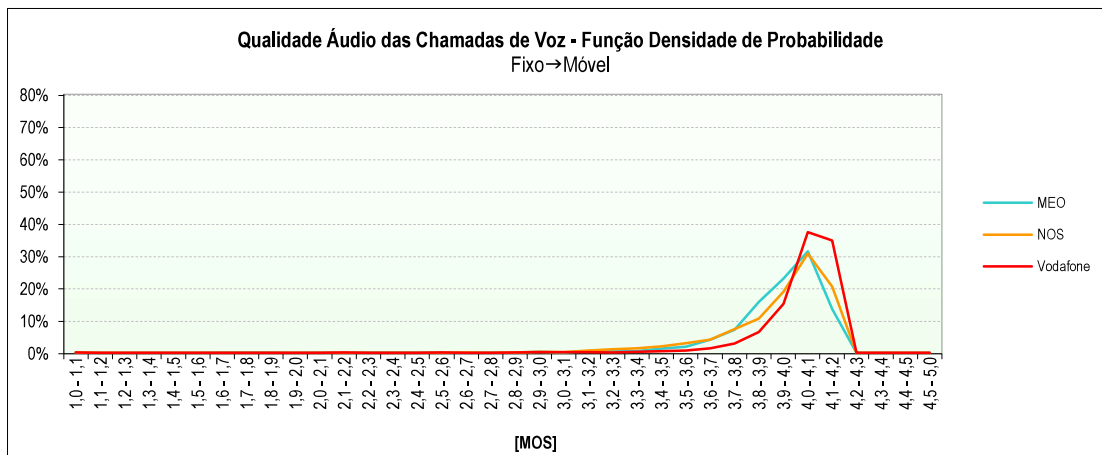


#### 4.1.1.3 INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VOZ*



#### 4.1.1.4 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VOZ*





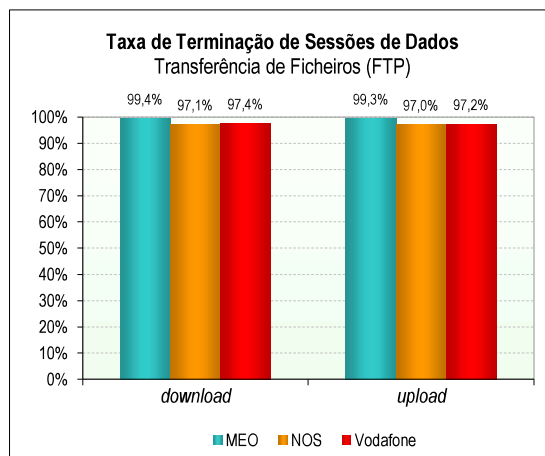
#### 4.1.2 TRANSFERÊNCIA DE FICHEIROS (FTP)

|                                  |                               | MEO      |        | NOS      |        | Vodafone |        |
|----------------------------------|-------------------------------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|
|                                  |                               | download | upload | download | upload | download | upload |
| Transferência de Ficheiros (FTP) | Sessões Realizadas            | 3.175    | 3.175  | 3.181    | 3.181  | 3.129    | 3.128  |
|                                  | Sessões com Sucesso           | 3.155    | 3.154  | 3.088    | 3.087  | 3.049    | 3.041  |
|                                  | Sessões Falhadas              | 20       | 21     | 93       | 94     | 80       | 87     |
|                                  | Taxa de Terminação de Sessões | 99,4%    | 99,3%  | 97,1%    | 97,0%  | 97,4%    | 97,2%  |
|                                  | Velocidade Média [kbps]       | 27.387   | 6.705  | 22.710   | 5.791  | 22.493   | 5.813  |
|                                  | Velocidade Máxima [kbps]      | 58.613   | 11.050 | 56.168   | 8.886  | 47.805   | 8.734  |
|                                  | Velocidade Mínima [kbps]      | 104      | 21     | 168      | 65     | 19       | 55     |
|                                  | Desvio Padrão [kbps]          | 13.070   | 2.550  | 9.854    | 1.623  | 11.297   | 1.613  |

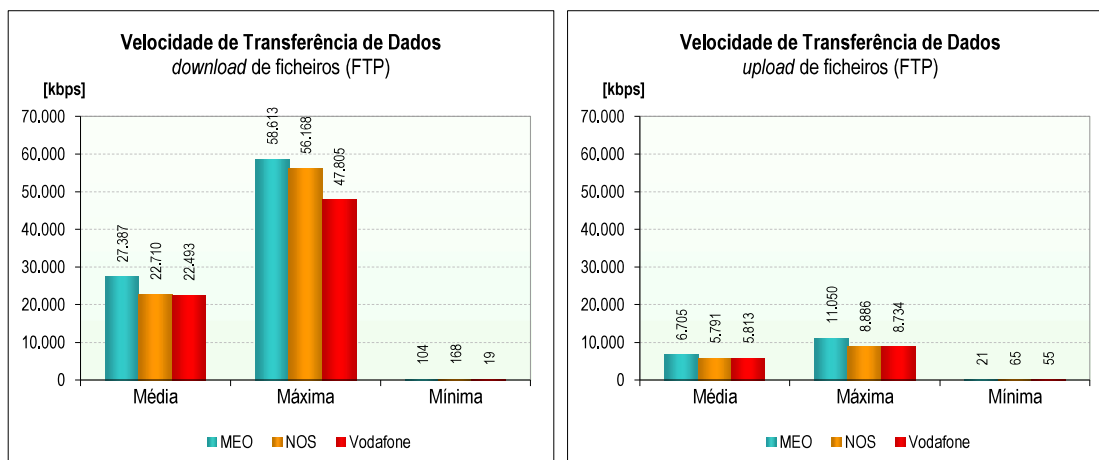
|                  |                                                   | MEO      |        | NOS      |        | Vodafone |        |
|------------------|---------------------------------------------------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|
|                  |                                                   | download | upload | download | upload | download | upload |
| Erro de Precisão | Taxa de Terminação de Sessões de Dados (FTP)      | 0,3%     | 0,3%   | 0,6%     | 0,6%   | 0,6%     | 0,6%   |
|                  | Velocidade de Transferência de Dados (FTP) [kbps] | 456      | 89     | 348      | 57     | 401      | 57     |

Nível de Confiança = 95 %

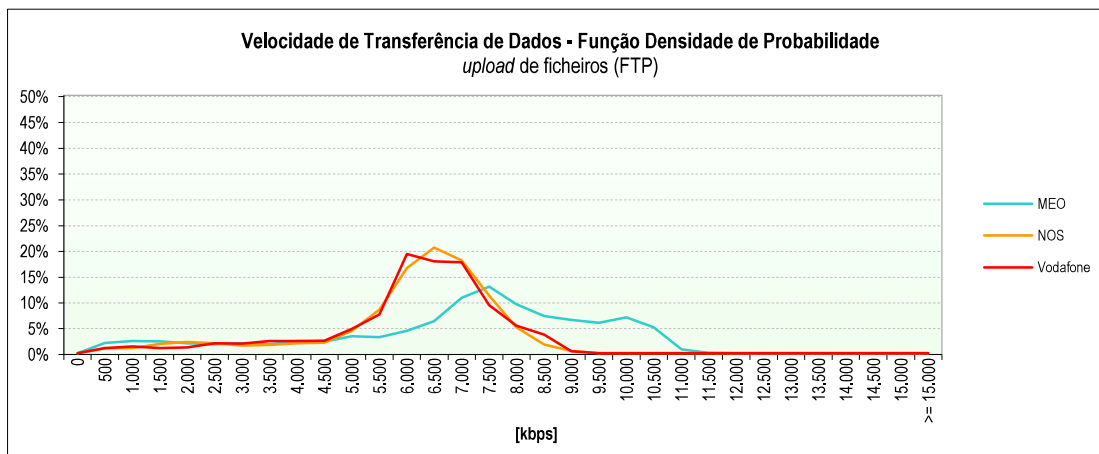
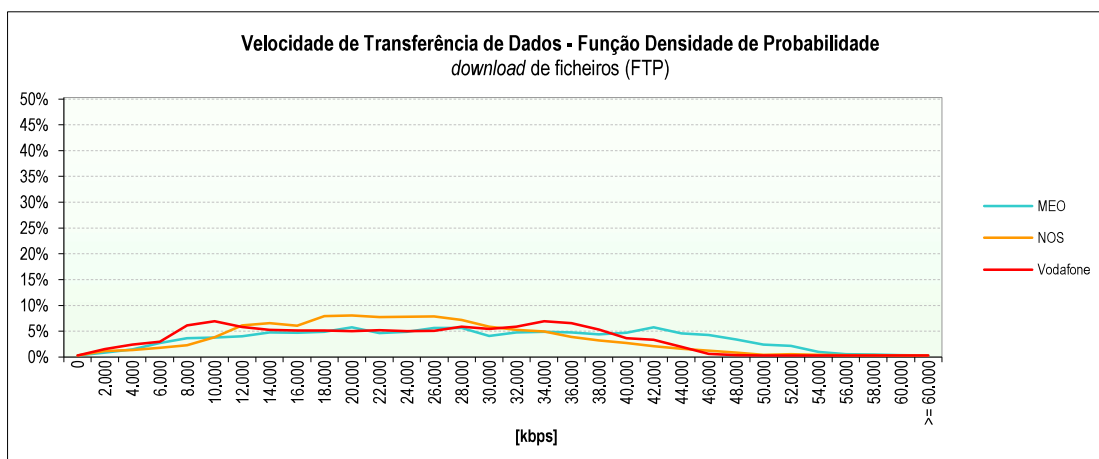
##### 4.1.2.1 INDICADOR TAXA DE TERMINAÇÃO DE SESSÕES DE DADOS



#### 4.1.2.2 INDICADOR VELOCIDADE DE TRANSFERÊNCIA DE DADOS



#### 4.1.2.3 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR VELOCIDADE DE TRANSFERÊNCIA DE DADOS



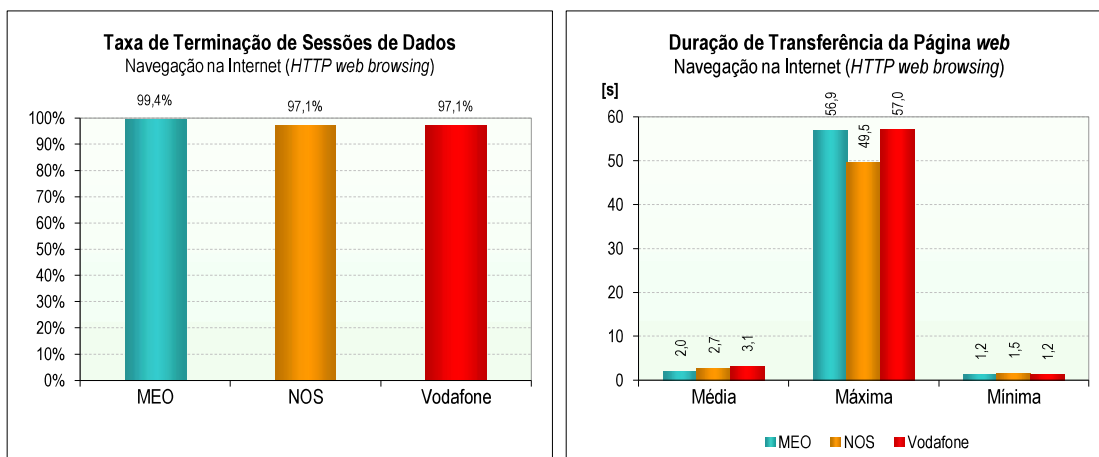
#### 4.1.3 NAVEGAÇÃO NA INTERNET (HTTP WEB BROWSING)

|                                              |                               | MEO      | NOS      | Vodafone |
|----------------------------------------------|-------------------------------|----------|----------|----------|
|                                              |                               | download | download | download |
| Navegação na Internet<br>(HTTP web browsing) | Sessões Realizadas            | 3.176    | 3.181    | 3.131    |
|                                              | Sessões com Sucesso           | 3.156    | 3.088    | 3.040    |
|                                              | Sessões Falhadas              | 20       | 93       | 91       |
|                                              | Taxa de Terminação de Sessões | 99,4%    | 97,1%    | 97,1%    |
|                                              | Duração Média [s]             | 2,0      | 2,7      | 3,1      |
|                                              | Duração Máxima [s]            | 56,9     | 49,5     | 57,0     |
|                                              | Duração Mínima [s]            | 1,2      | 1,5      | 1,2      |
|                                              | Desvio Padrão [s]             | 2,3      | 2,1      | 3,1      |

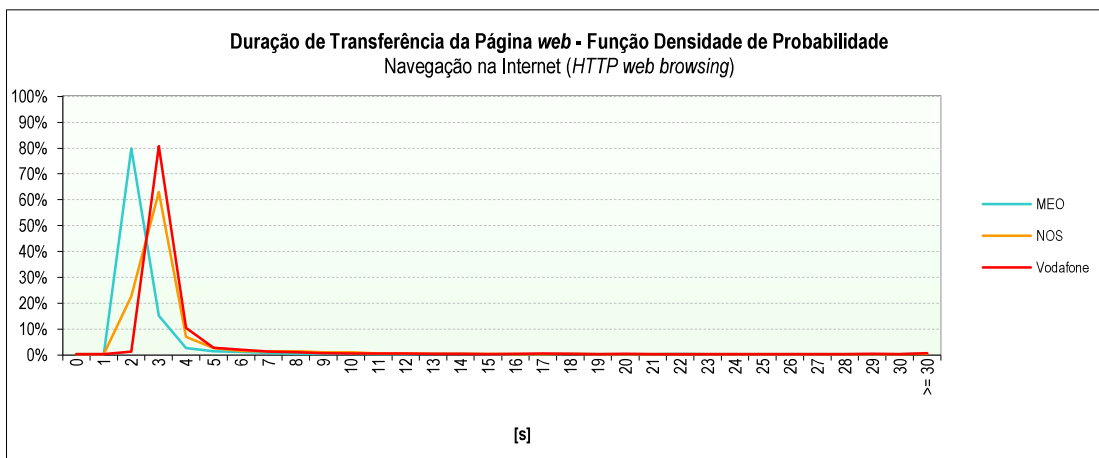
|                  |                                                                | MEO      | NOS      | Vodafone |
|------------------|----------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|
|                  |                                                                | download | download | download |
| Erro de Precisão | Taxa de Terminação de Sessões de Dados (HTTP web browsing)     | 0,3%     | 0,6%     | 0,7%     |
|                  | Duração de Transferência da Página web (HTTP web browsing) [s] | 0,1      | 0,1      | 0,1      |

Nível de Confiança = 95 %

##### 4.1.3.1 INDICADORES TAXA DE TERMINAÇÃO DE SESSÕES DE DADOS E DURAÇÃO DE TRANSFERÊNCIA DA PÁGINA WEB



##### 4.1.3.2 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR DURAÇÃO DE TRANSFERÊNCIA DA PÁGINA WEB



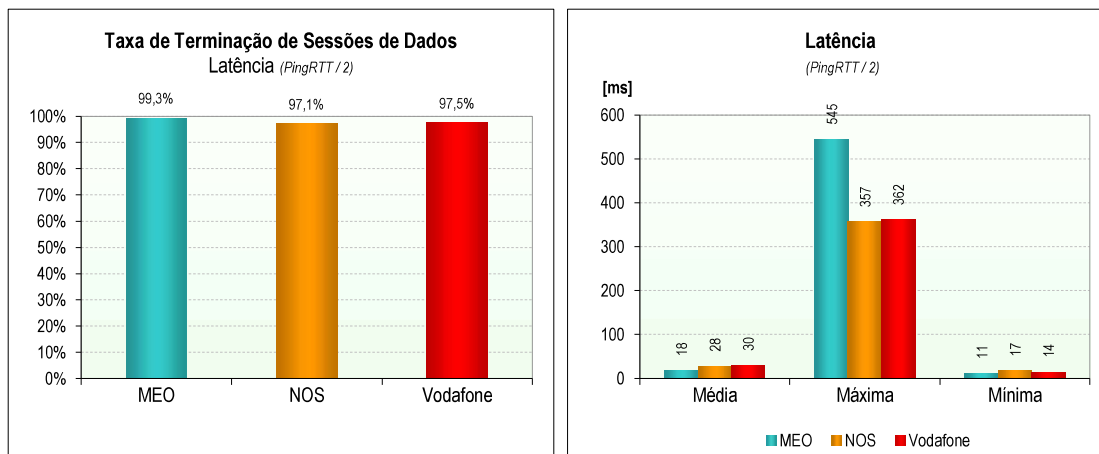
#### 4.1.4 LATÊNCIA DE TRANSMISSÃO DE DADOS

|                           |                               | MEO   | NOS   | Vodafone |
|---------------------------|-------------------------------|-------|-------|----------|
| Latência<br>(PingRTT / 2) | Sessões Realizadas            | 3.177 | 3.182 | 3.132    |
|                           | Sessões com Sucesso           | 3.156 | 3.090 | 3.053    |
|                           | Sessões Falhadas              | 21    | 92    | 79       |
|                           | Taxa de Terminação de Sessões | 99,3% | 97,1% | 97,5%    |
|                           | Média [ms]                    | 18    | 28    | 30       |
|                           | Máxima [ms]                   | 545   | 357   | 362      |
|                           | Mínima [ms]                   | 11    | 17    | 14       |
|                           | Desvio Padrão [ms]            | 22    | 17    | 17       |

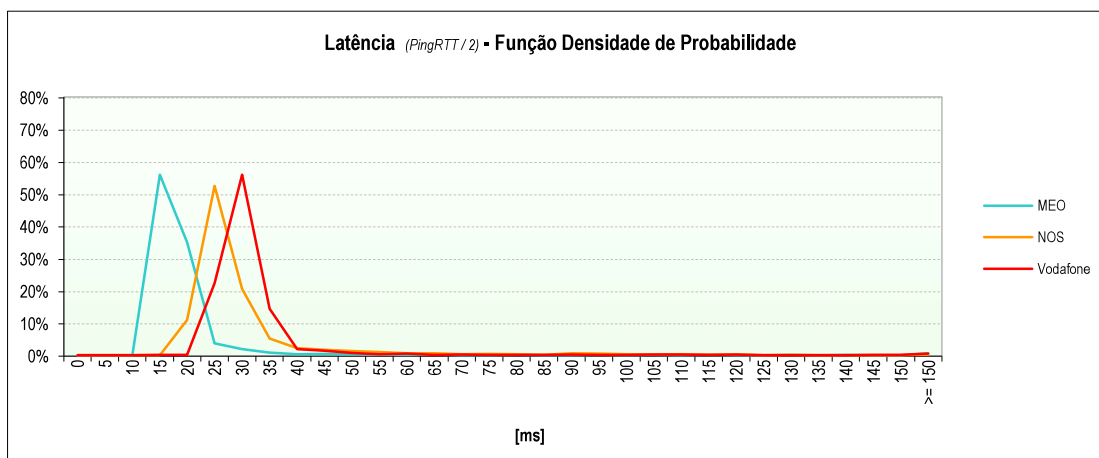
|                  |                                                   | MEO  | NOS  | Vodafone |
|------------------|---------------------------------------------------|------|------|----------|
| Erro de Precisão | Taxa de Terminação de Sessões de Dados (Latência) | 0,3% | 0,6% | 0,6%     |
|                  | Latência (PingRTT / 2) [ms]                       | 0,8  | 0,6  | 0,6      |

Nível de Confiança = 95 %

##### 4.1.4.1 INDICADORES TAXA DE TERMINAÇÃO DE SESSÕES DE DADOS E LATÊNCIA



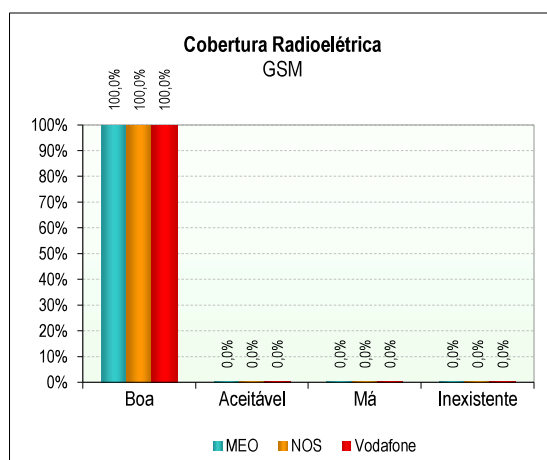
##### 4.1.4.2 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR LATÊNCIA



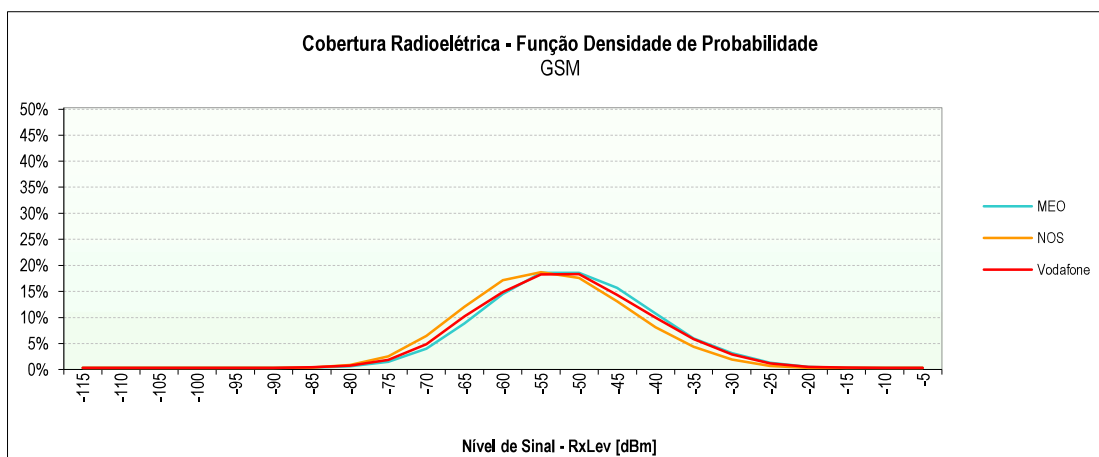
#### 4.1.5 COBERTURA RADIOELÉTRICA

|                         |                               | GSM     |         |          | UMTS    |         |          | LTE     |         |          |
|-------------------------|-------------------------------|---------|---------|----------|---------|---------|----------|---------|---------|----------|
|                         |                               | MEO     | NOS     | Vodafone | MEO     | NOS     | Vodafone | MEO     | NOS     | Vodafone |
| Cobertura Radioelétrica | Número de Amostras (Medições) | 552,892 | 552,892 | 552,892  | 560,696 | 560,694 | 560,700  | 560,533 | 560,526 | 560,541  |
|                         | Nível Médio de Sinal [dBm]    | -49     | -52     | -50      | -63     | -66     | -58      | -78     | -80     | -79      |
|                         | Nível Máximo de Sinal [dBm]   | -6      | -7      | -6       | -20     | -26     | -16      | -30     | -41     | -25      |
|                         | Nível Mínimo de Sinal [dBm]   | -121    | -115    | -115     | -125    | -125    | -125     | -145    | -145    | -145     |
|                         | Desvio Padrão [dBm]           | 10      | 10      | 11       | 11      | 10      | 11       | 13      | 12      | 18       |
|                         | Boa                           | 100,0%  | 100,0%  | 100,0%   | 99,7%   | 99,7%   | 100,0%   | 97,9%   | 97,9%   | 94,0%    |
|                         | Aceitável                     | 0,0%    | 0,0%    | 0,0%     | 0,2%    | 0,3%    | 0,0%     | 1,7%    | 1,7%    | 2,1%     |
|                         | Má                            | 0,0%    | 0,0%    | 0,0%     | 0,0%    | 0,0%    | 0,0%     | 0,3%    | 0,3%    | 1,4%     |
|                         | Inexistente                   | 0,0%    | 0,0%    | 0,0%     | 0,0%    | 0,0%    | 0,0%     | 0,1%    | 0,1%    | 2,4%     |

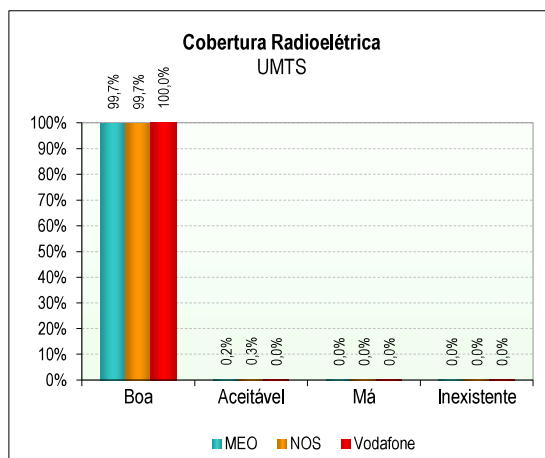
##### 4.1.5.1 GSM



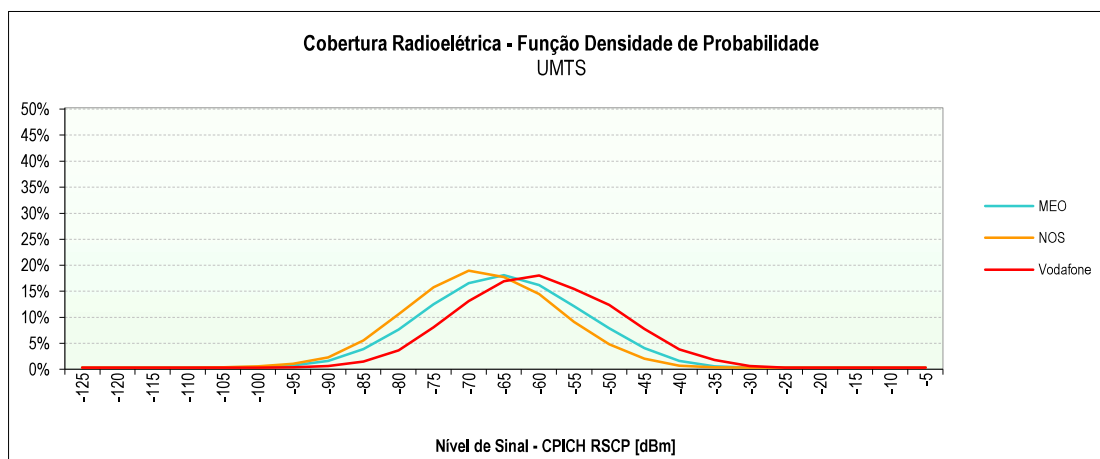
##### 4.1.5.2 GSM – FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE



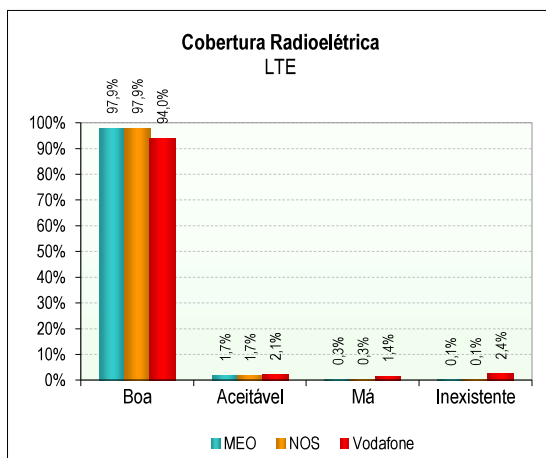
#### 4.1.5.3 UMTS



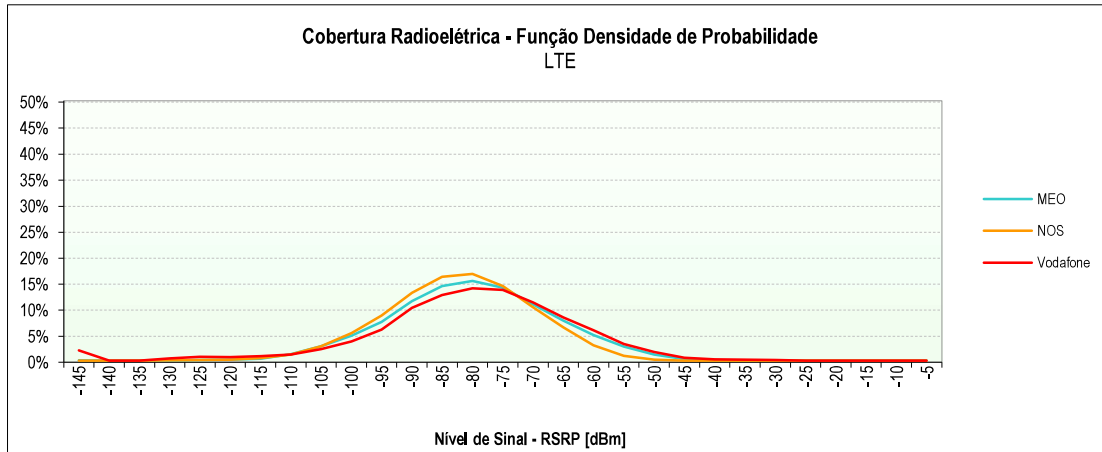
#### 4.1.5.4 UMTS – FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE



#### 4.1.5.5 LTE



#### 4.1.5.6 LTE – FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE



## 4.2 EIXOS RODOVIÁRIOS

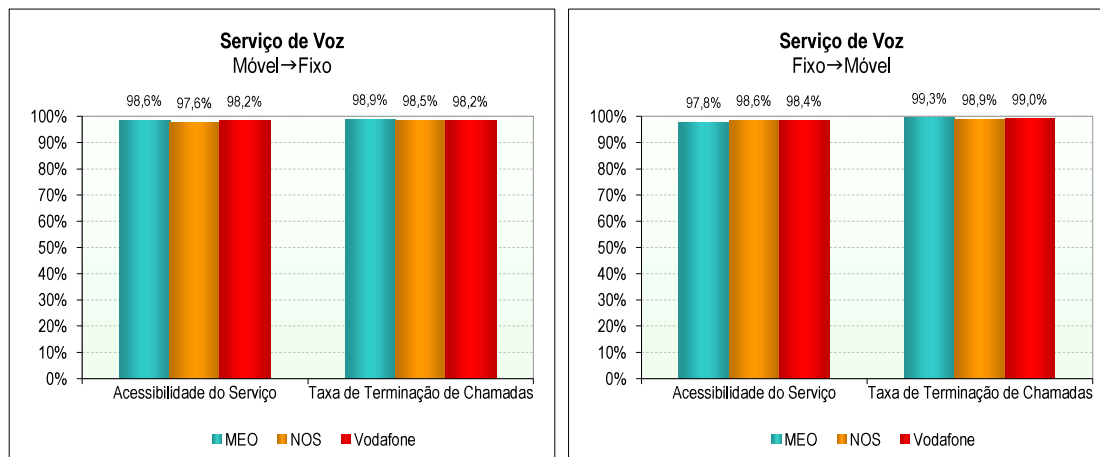
### 4.2.1 SERVIÇO DE VOZ

|                              |                                | MEO        |            | NOS        |            | Vodafone   |            |
|------------------------------|--------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                              |                                | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel |
| Chamadas Realizadas          | Número de Chamadas             | 626        | 625        | 625        | 624        | 628        | 626        |
|                              | Falhadas no Estabelecimento    | 9          | 14         | 15         | 9          | 11         | 10         |
|                              | Falhadas Durante a Chamada     | 7          | 4          | 9          | 7          | 11         | 6          |
|                              | Com Terminação Normal          | 610        | 607        | 601        | 608        | 606        | 610        |
|                              | Acessibilidade do Serviço      | 98,6%      | 97,8%      | 97,6%      | 98,6%      | 98,2%      | 98,4%      |
|                              | Taxa de Terminação de Chamadas | 98,9%      | 99,3%      | 98,5%      | 98,9%      | 98,2%      | 99,0%      |
| Estabelecimento das Chamadas | Número de Amostras (Chamadas)  | 617        | 611        | 610        | 615        | 617        | 616        |
|                              | Tempo Médio [s]                | 4,0        | 7,2        | 4,4        | 7,1        | 3,8        | 7,1        |
|                              | Tempo Máximo [s]               | 12,1       | 16,2       | 11,4       | 18,7       | 9,0        | 17,2       |
|                              | Tempo Mínimo [s]               | 2,9        | 5,4        | 3,1        | 5,5        | 3,0        | 5,6        |
|                              | Desvio Padrão [s]              | 0,8        | 2,0        | 1,1        | 1,7        | 0,6        | 1,8        |
| Qualidade Áudio              | Número de Amostras (Chamadas)  | 1,217      | 1,217      | 1,204      | 1,206      | 1,216      | 1,216      |
|                              | Média [MOS]                    | 3,81       | 3,97       | 3,74       | 3,89       | 3,83       | 4,01       |
|                              | Máxima [MOS]                   | 3,99       | 4,17       | 4,00       | 4,20       | 4,01       | 4,18       |
|                              | Mínima [MOS]                   | 2,97       | 2,72       | 2,06       | 2,09       | 1,00       | 1,00       |
|                              | Desvio Padrão [MOS]            | 0,12       | 0,18       | 0,19       | 0,25       | 0,19       | 0,22       |

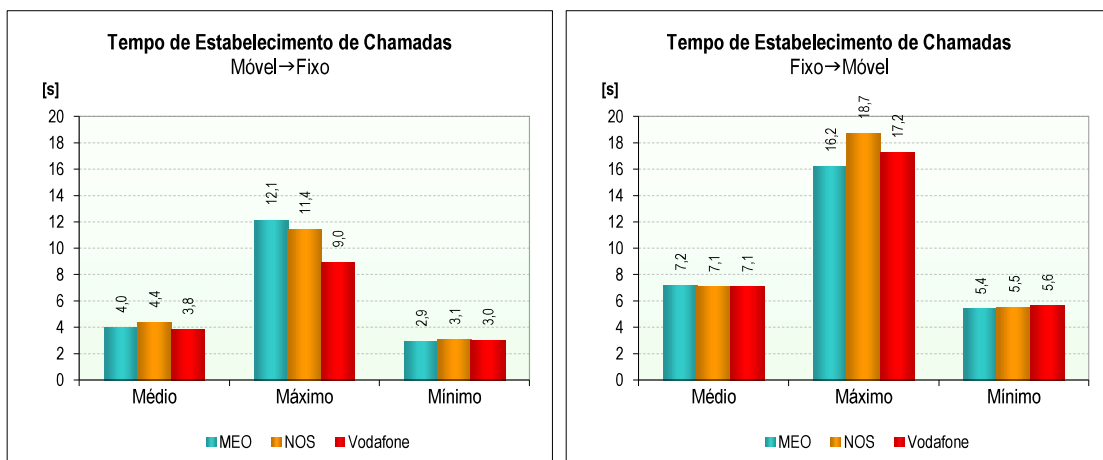
|                  |                                          | MEO        |            | NOS        |            | Vodafone   |            |
|------------------|------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                  |                                          | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel |
| Erro de Precisão | Acessibilidade do Serviço                | 1,3%       | 1,5%       | 1,5%       | 1,3%       | 1,4%       | 1,3%       |
|                  | Taxa de Terminação de Chamadas           | 1,2%       | 1,0%       | 1,3%       | 1,2%       | 1,4%       | 1,1%       |
|                  | Tempo de Estabelecimento de Chamadas [s] | 0,062      | 0,156      | 0,085      | 0,133      | 0,046      | 0,144      |
|                  | Qualidade Áudio [MOS]                    | 0,007      | 0,010      | 0,011      | 0,014      | 0,010      | 0,012      |

Nível de Confiança = 95 %

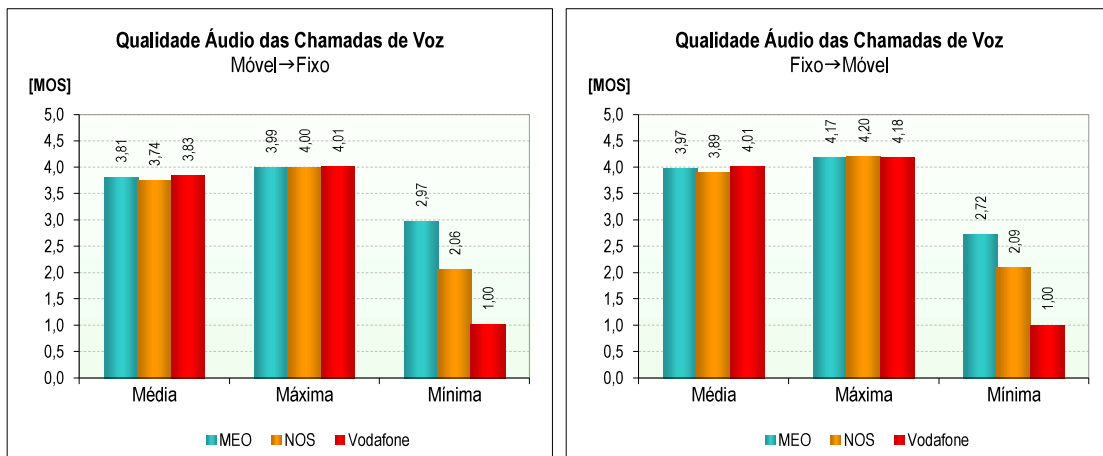
#### 4.2.1.1 INDICADORES ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO E TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS



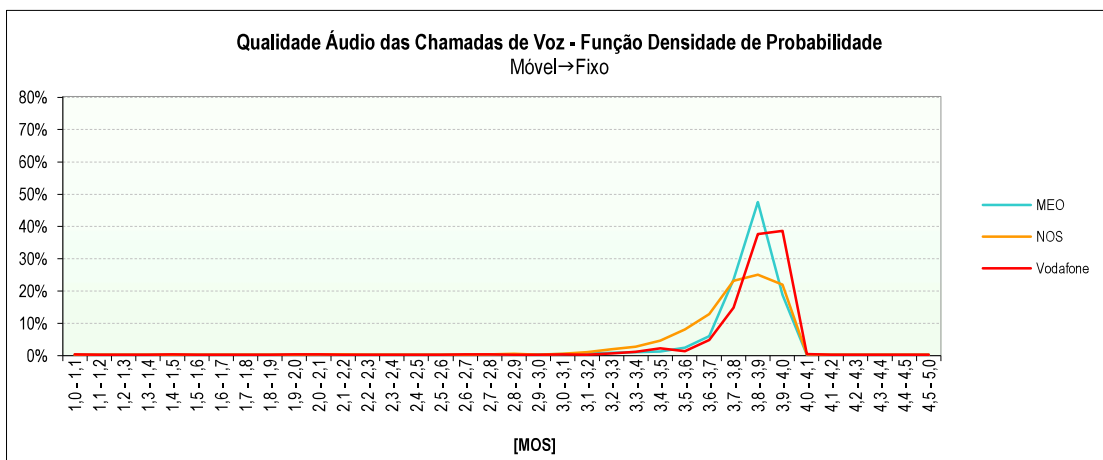
#### 4.2.1.2 INDICADOR *TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS*

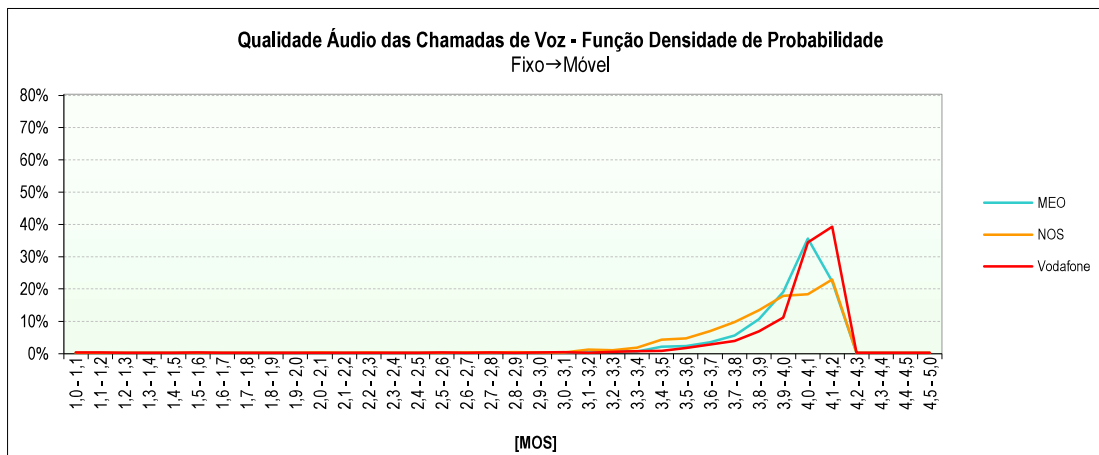


#### 4.2.1.3 INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VOZ*



#### 4.2.1.4 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VOZ*





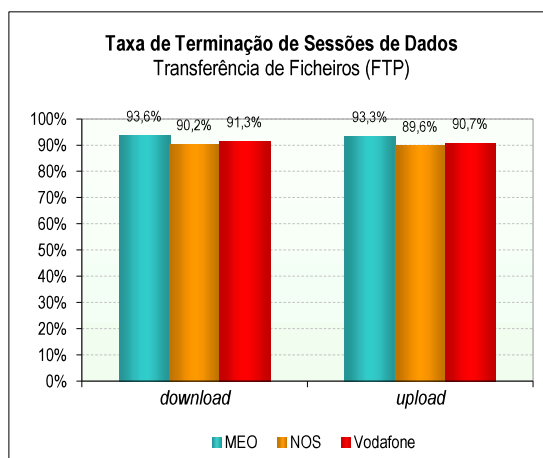
## 4.2.2 TRANSFERÊNCIA DE FICHEIROS (FTP)

|                                  |                               | MEO      |        | NOS      |        | Vodafone |        |
|----------------------------------|-------------------------------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|
|                                  |                               | download | upload | download | upload | download | upload |
| Transferência de Ficheiros (FTP) | Sessões Realizadas            | 1.273    | 1.271  | 1.243    | 1.241  | 1.288    | 1.287  |
|                                  | Sessões com Sucesso           | 1.191    | 1.186  | 1.121    | 1.112  | 1.176    | 1.167  |
|                                  | Sessões Falhadas              | 82       | 85     | 122      | 129    | 112      | 120    |
|                                  | Taxa de Terminação de Sessões | 93,6%    | 93,3%  | 90,2%    | 89,6%  | 91,3%    | 90,7%  |
|                                  | Velocidade Média [kbps]       | 13.986   | 4.084  | 10.981   | 3.771  | 13.143   | 4.314  |
|                                  | Velocidade Máxima [kbps]      | 52.579   | 11.062 | 52.034   | 16.384 | 44.659   | 8.770  |
|                                  | Velocidade Mínima [kbps]      | 161      | 18     | 5        | 18     | 18       | 18     |
|                                  | Desvio Padrão [kbps]          | 10.812   | 3.173  | 9.792    | 2.452  | 8.997    | 2.019  |

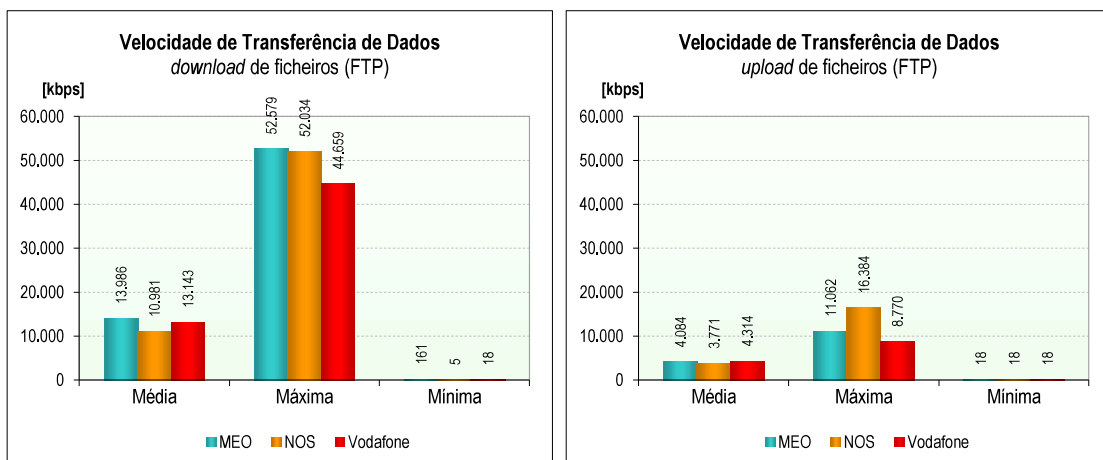
|                  |                                                   | MEO      |        | NOS      |        | Vodafone |        |
|------------------|---------------------------------------------------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|
|                  |                                                   | download | upload | download | upload | download | upload |
| Erro de Precisão | Taxa de Terminação de Sessões de Dados (FTP)      | 1,5%     | 1,5%   | 1,8%     | 1,8%   | 1,7%     | 1,7%   |
|                  | Velocidade de Transferência de Dados (FTP) [kbps] | 614      | 181    | 573      | 144    | 514      | 116    |

Nível de Confiança = 95 %

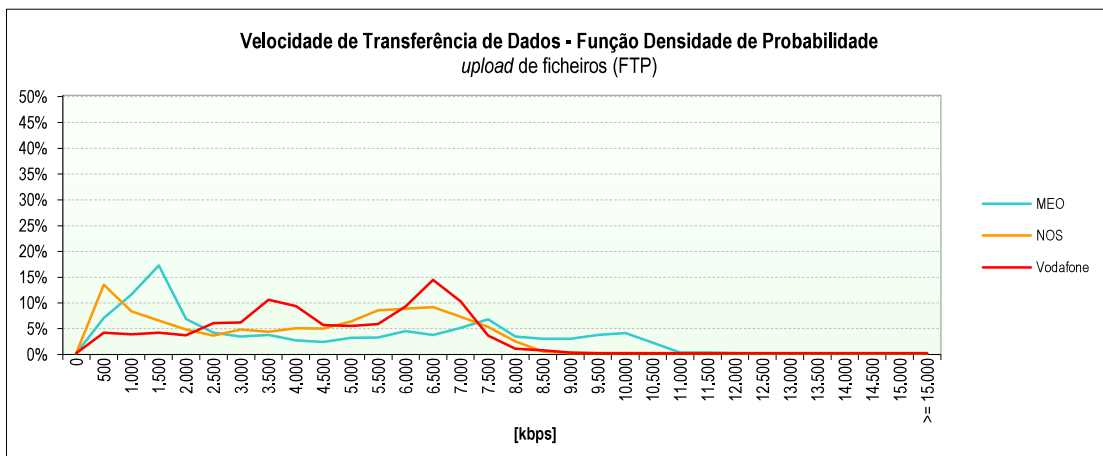
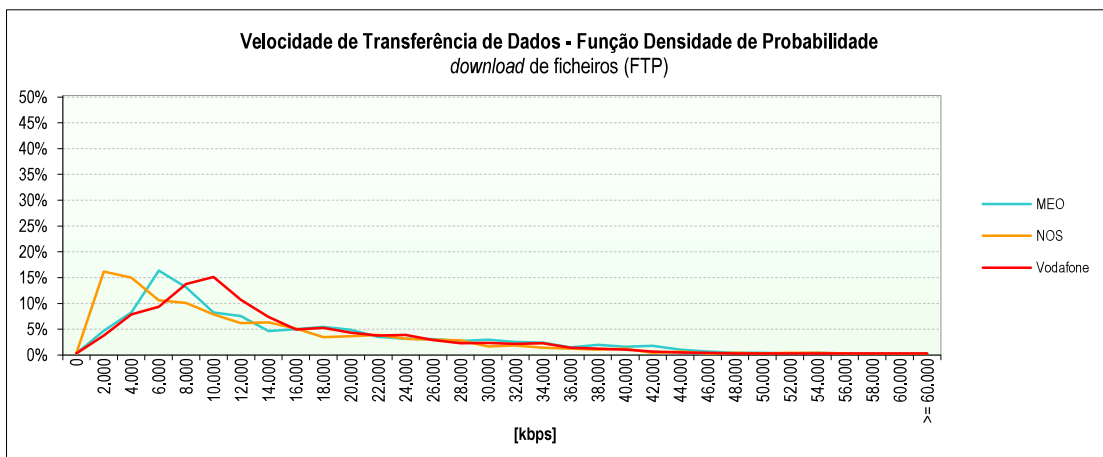
### 4.2.2.1 INDICADOR TAXA DE TERMINAÇÃO DE SESSÕES DE DADOS



#### 4.2.2.2 INDICADOR VELOCIDADE DE TRANSFERÊNCIA DE DADOS



#### 4.2.2.3 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR VELOCIDADE DE TRANSFERÊNCIA DE DADOS



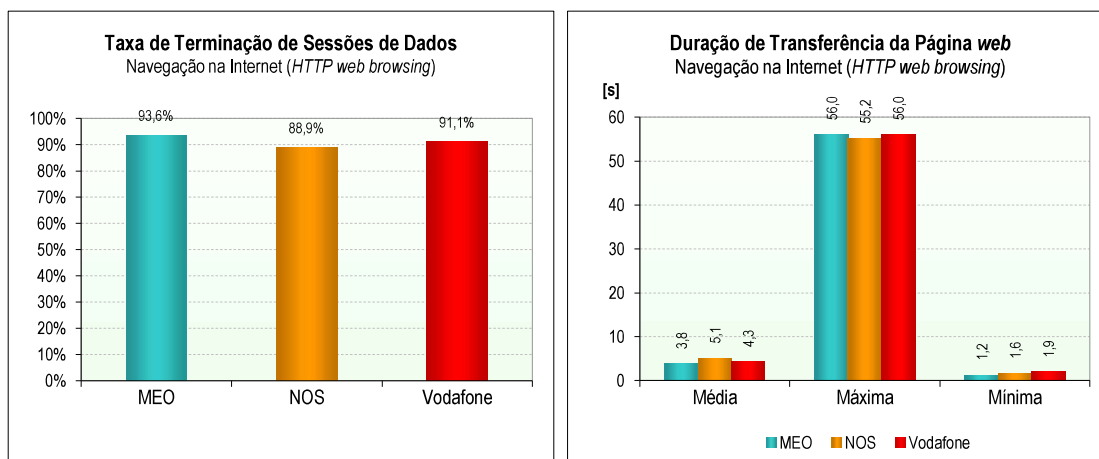
#### 4.2.3 NAVEGAÇÃO NA INTERNET (HTTP WEB BROWSING)

|                                           |                               | MEO      | NOS      | Vodafone |
|-------------------------------------------|-------------------------------|----------|----------|----------|
|                                           |                               | download | download | download |
| Navegação na Internet (HTTP web browsing) | Sessões Realizadas            | 1.273    | 1.247    | 1.288    |
|                                           | Sessões com Sucesso           | 1.192    | 1.109    | 1.173    |
|                                           | Sessões Falhadas              | 81       | 138      | 115      |
|                                           | Taxa de Terminação de Sessões | 93,6%    | 88,9%    | 91,1%    |
|                                           | Duração Média [s]             | 3,8      | 5,1      | 4,3      |
|                                           | Duração Máxima [s]            | 56,0     | 55,2     | 56,0     |
|                                           | Duração Mínima [s]            | 1,2      | 1,6      | 1,9      |
|                                           | Desvio Padrão [s]             | 4,9      | 5,8      | 4,6      |

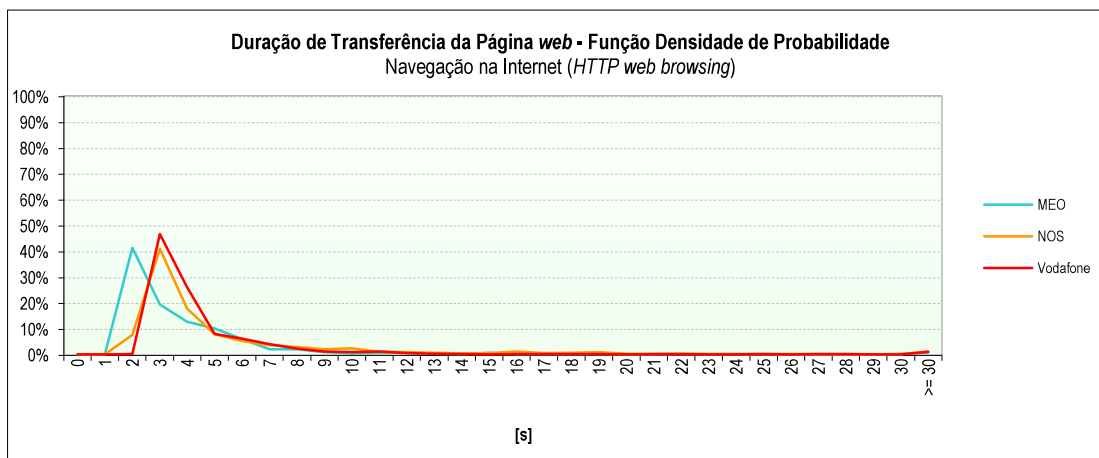
|                  |                                                                | MEO      | NOS      | Vodafone |
|------------------|----------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|
|                  |                                                                | download | download | download |
| Erro de Precisão | Taxa de Terminação de Sessões de Dados (HTTP web browsing)     | 1,5%     | 1,9%     | 1,7%     |
|                  | Duração de Transferência da Página web (HTTP web browsing) [s] | 0,3      | 0,3      | 0,3      |

Nível de Confiança = 95 %

##### 4.2.3.1 INDICADORES TAXA DE TERMINAÇÃO DE SESSÕES DE DADOS E DURAÇÃO DE TRANSFERÊNCIA DA PÁGINA WEB



##### 4.2.3.2 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR DURAÇÃO DE TRANSFERÊNCIA DA PÁGINA WEB



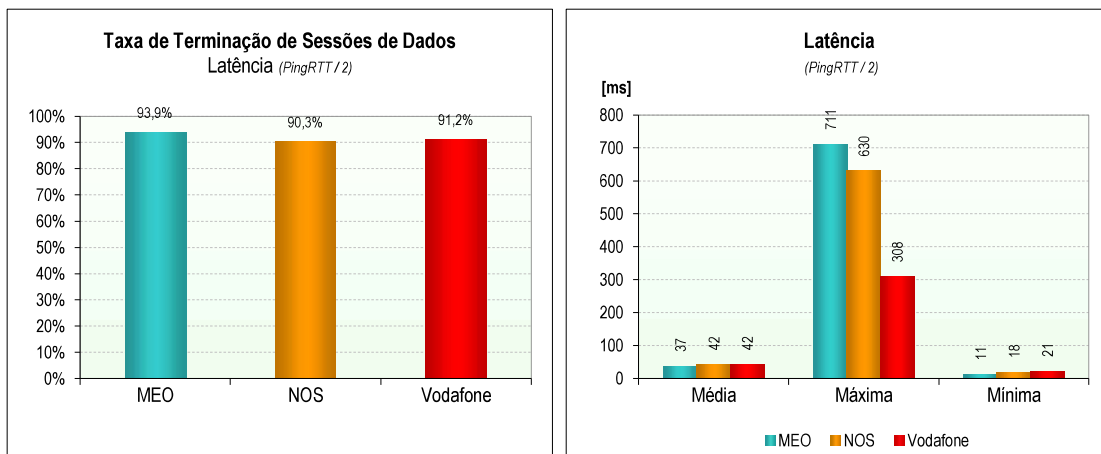
#### 4.2.4 LATÊNCIA DE TRANSMISSÃO DE DADOS

|                           |                               | MEO   | NOS   | Vodafone |
|---------------------------|-------------------------------|-------|-------|----------|
| Latência<br>(PingRTT / 2) | Sessões Realizadas            | 1.275 | 1.258 | 1.291    |
|                           | Sessões com Sucesso           | 1.197 | 1.136 | 1.177    |
|                           | Sessões Falhadas              | 78    | 122   | 114      |
|                           | Taxa de Terminação de Sessões | 93,9% | 90,3% | 91,2%    |
|                           | Média [ms]                    | 37    | 42    | 42       |
|                           | Máxima [ms]                   | 711   | 630   | 308      |
|                           | Mínima [ms]                   | 11    | 18    | 21       |
|                           | Desvio Padrão [ms]            | 63    | 47    | 37       |

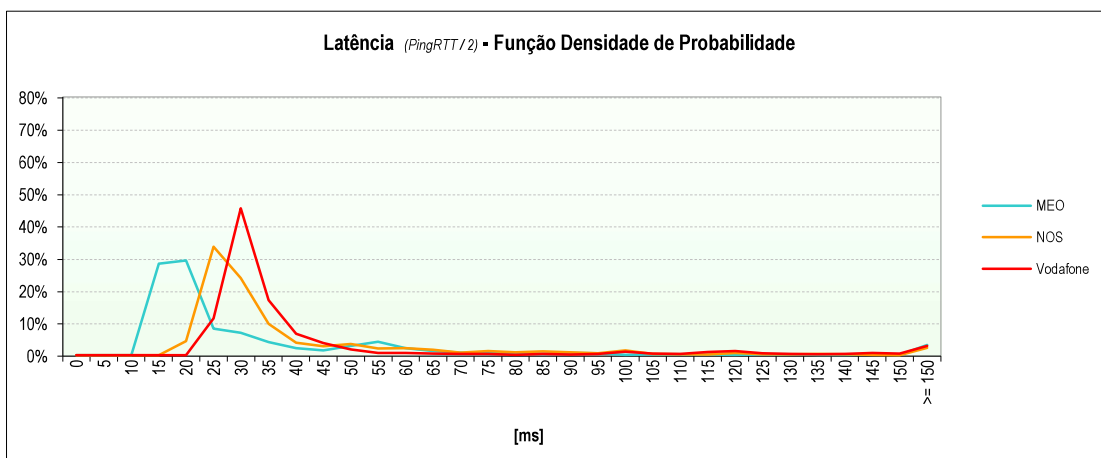
|                  |                                                   | MEO  | NOS  | Vodafone |
|------------------|---------------------------------------------------|------|------|----------|
| Erro de Precisão | Taxa de Terminação de Sessões de Dados (Latência) | 1,5% | 1,8% | 1,7%     |
|                  | Latência (PingRTT / 2) [ms]                       | 3,6  | 2,7  | 2,1      |

Nível de Confiança = 95 %

##### 4.2.4.1 INDICADORES TAXA DE TERMINAÇÃO DE SESSÕES DE DADOS E LATÊNCIA



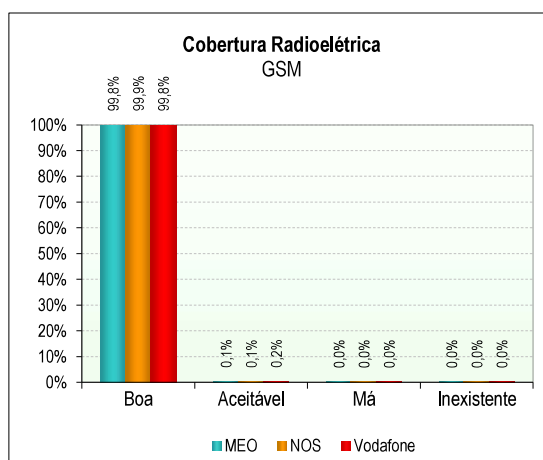
##### 4.2.4.2 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR LATÊNCIA



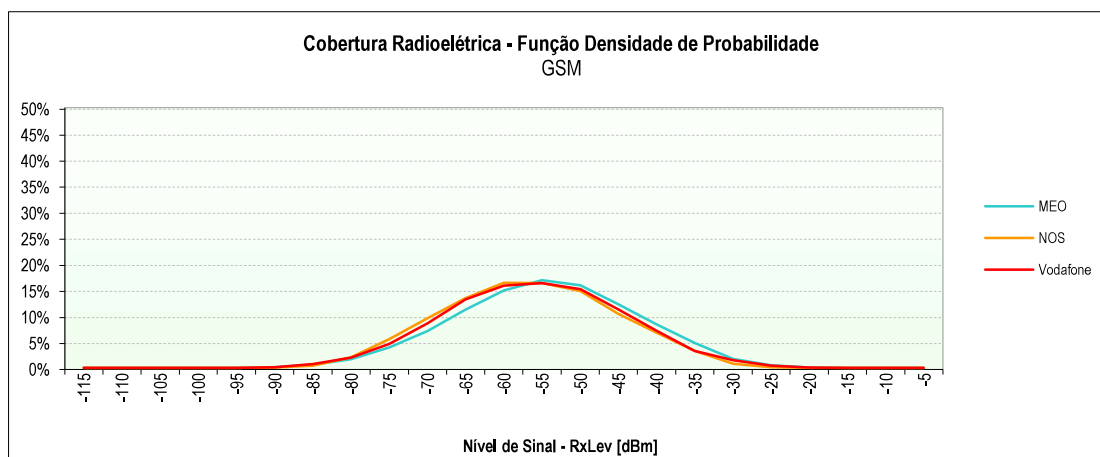
#### 4.2.5 COBERTURA RADIOELÉTRICA

|                               | GSM     |         |          | UMTS    |         |          | LTE     |         |          |
|-------------------------------|---------|---------|----------|---------|---------|----------|---------|---------|----------|
|                               | MEO     | NOS     | Vodafone | MEO     | NOS     | Vodafone | MEO     | NOS     | Vodafone |
| Número de Amostras (Medições) | 227,746 | 227,746 | 227,746  | 231,044 | 231,037 | 231,047  | 230,831 | 230,854 | 230,862  |
| Nível Médio de Sinal [dBm]    | -52     | -54     | -54      | -67     | -71     | -63      | -94     | -93     | -93      |
| Nível Máximo de Sinal [dBm]   | -14     | -11     | -13      | -26     | -26     | -22      | -32     | -35     | -26      |
| Nível Mínimo de Sinal [dBm]   | -117    | -115    | -115     | -125    | -125    | -125     | -145    | -145    | -145     |
| Desvio Padrão [dBm]           | 12      | 11      | 12       | 12      | 13      | 12       | 19      | 22      | 23       |
| Boa                           | 99,8%   | 99,9%   | 99,8%    | 98,6%   | 96,5%   | 99,2%    | 70,9%   | 74,3%   | 74,1%    |
| Aceitável                     | 0,1%    | 0,1%    | 0,2%     | 1,2%    | 2,7%    | 0,4%     | 15,5%   | 10,7%   | 9,6%     |
| Má                            | 0,0%    | 0,0%    | 0,0%     | 0,2%    | 0,7%    | 0,2%     | 9,5%    | 5,9%    | 7,7%     |
| Inexistente                   | 0,0%    | 0,0%    | 0,0%     | 0,0%    | 0,1%    | 0,2%     | 4,1%    | 9,1%    | 8,6%     |

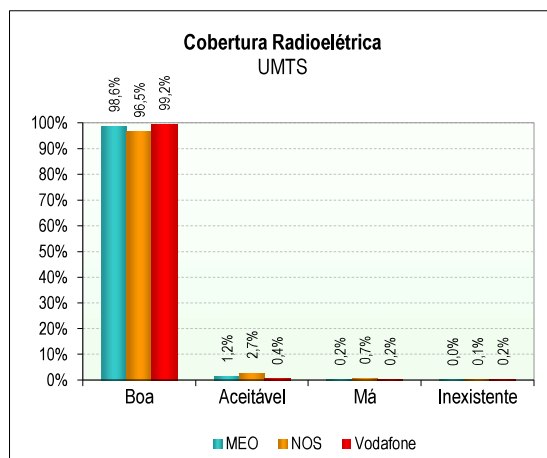
##### 4.2.5.1 GSM



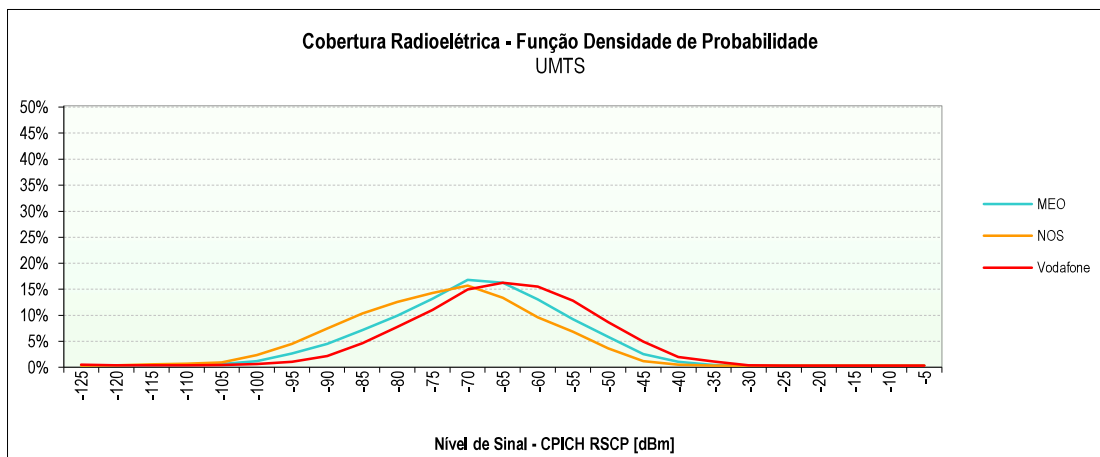
##### 4.2.5.2 GSM – FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE



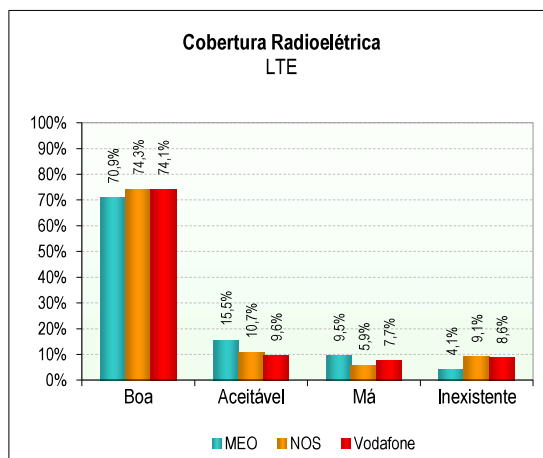
#### 4.2.5.3 UMTS



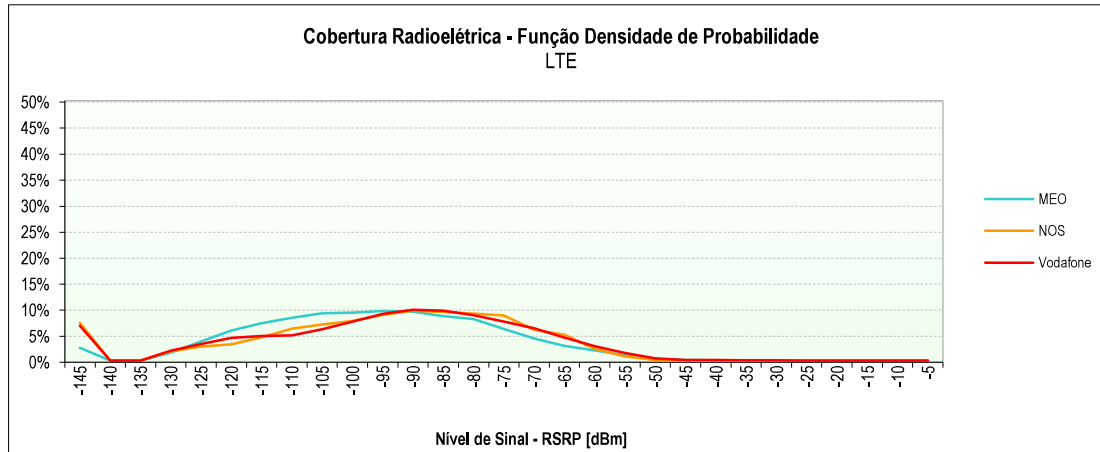
#### 4.2.5.4 UMTS – FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE



#### 4.2.5.5 LTE



#### 4.2.5.6 LTE – FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE



## 4.3 GLOBAL

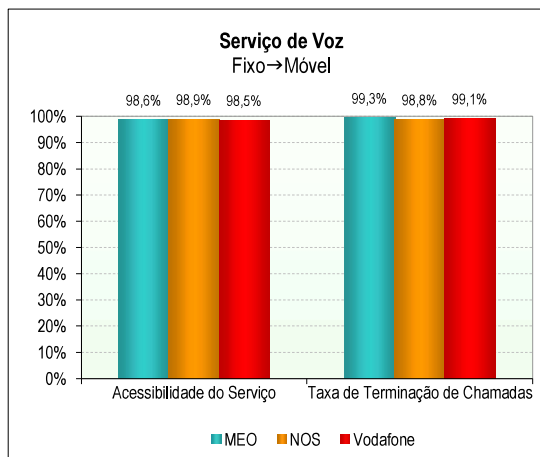
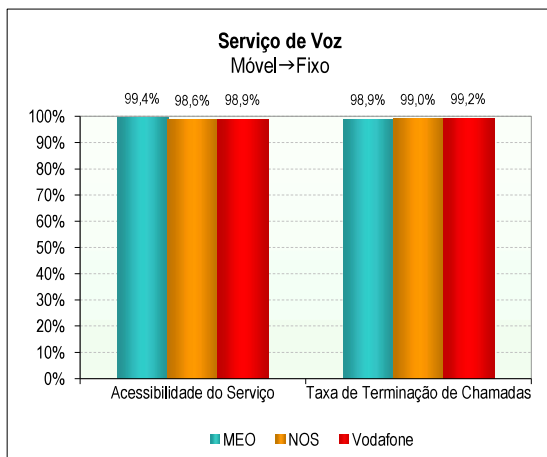
### 4.3.1 SERVIÇO DE VOZ

|                              |                                | MEO        |            | NOS        |            | Vodafone   |            |
|------------------------------|--------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                              |                                | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel |
| Chamadas Realizadas          | Número de Chamadas             | 2,151      | 2,147      | 2,148      | 2,143      | 2,154      | 2,144      |
|                              | Falhadas no Estabelecimento    | 13         | 30         | 30         | 24         | 23         | 32         |
|                              | Falhadas Durante a Chamada     | 23         | 14         | 22         | 26         | 16         | 18         |
|                              | Com Terminação Normal          | 2.115      | 2.103      | 2.096      | 2.093      | 2.115      | 2.094      |
|                              | Acessibilidade do Serviço      | 99,4%      | 98,6%      | 98,6%      | 98,9%      | 98,9%      | 98,5%      |
|                              | Taxa de Terminação de Chamadas | 98,9%      | 99,3%      | 99,0%      | 98,8%      | 99,2%      | 99,1%      |
| Estabelecimento das Chamadas | Número de Amostras (Chamadas)  | 2,138      | 2,117      | 2,118      | 2,119      | 2,131      | 2,112      |
|                              | Tempo Médio [s]                | 4,0        | 7,0        | 4,4        | 7,1        | 3,8        | 7,0        |
|                              | Tempo Máximo [s]               | 12,1       | 18,1       | 19,5       | 19,2       | 9,9        | 17,7       |
|                              | Tempo Mínimo [s]               | 2,3        | 5,4        | 3,1        | 5,5        | 2,9        | 5,6        |
|                              | Desvio Padrão [s]              | 0,8        | 1,7        | 1,1        | 1,7        | 0,6        | 1,7        |
| Qualidade Áudio              | Número de Amostras (Chamadas)  | 4,215      | 4,214      | 4,175      | 4,183      | 4,206      | 4,205      |
|                              | Média [MOS]                    | 3,82       | 3,94       | 3,78       | 3,92       | 3,85       | 4,02       |
|                              | Máxima [MOS]                   | 4,00       | 4,18       | 4,00       | 4,20       | 4,01       | 4,18       |
|                              | Mínima [MOS]                   | 1,00       | 1,00       | 1,03       | 1,04       | 1,00       | 1,00       |
|                              | Desvio Padrão [MOS]            | 0,13       | 0,22       | 0,17       | 0,23       | 0,15       | 0,19       |

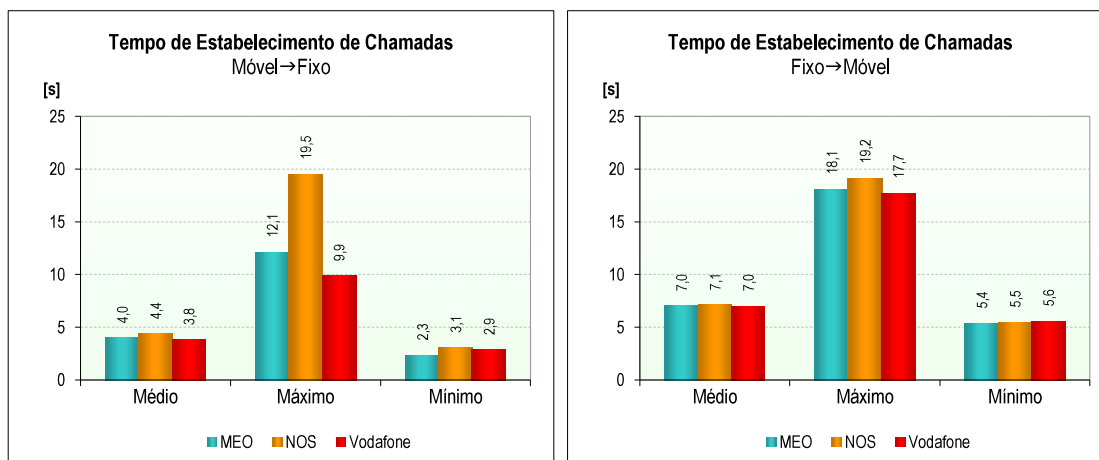
|                  |                                          | MEO        |            | NOS        |            | Vodafone   |            |
|------------------|------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                  |                                          | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel |
| Erro de Precisão | Acessibilidade do Serviço                | 0,4%       | 0,6%       | 0,6%       | 0,5%       | 0,5%       | 0,6%       |
|                  | Taxa de Terminação de Chamadas           | 0,5%       | 0,4%       | 0,5%       | 0,6%       | 0,5%       | 0,5%       |
|                  | Tempo de Estabelecimento de Chamadas [s] | 0,034      | 0,074      | 0,047      | 0,072      | 0,025      | 0,073      |
|                  | Qualidade Áudio [MOS]                    | 0,004      | 0,007      | 0,005      | 0,007      | 0,004      | 0,006      |

Nível de Confiança = 95 %

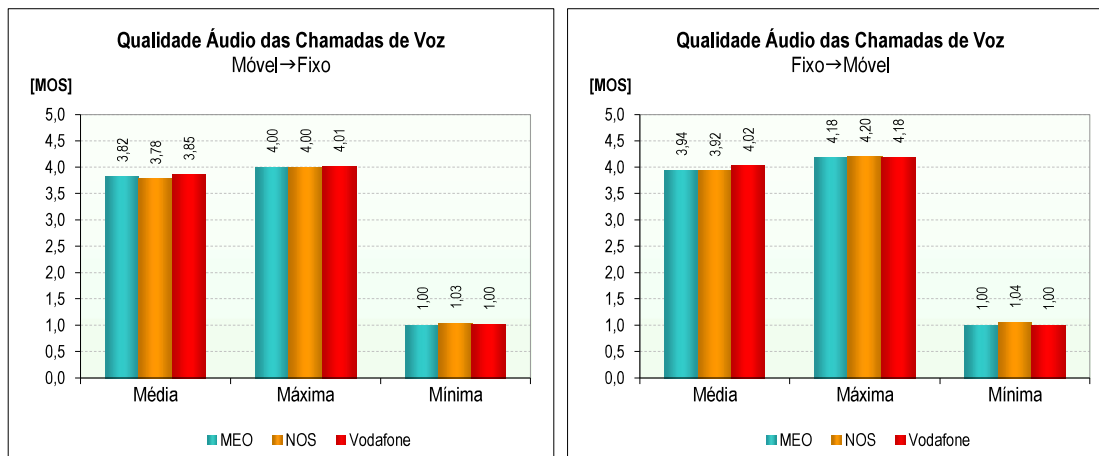
#### 4.3.1.1 INDICADORES ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO E TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS



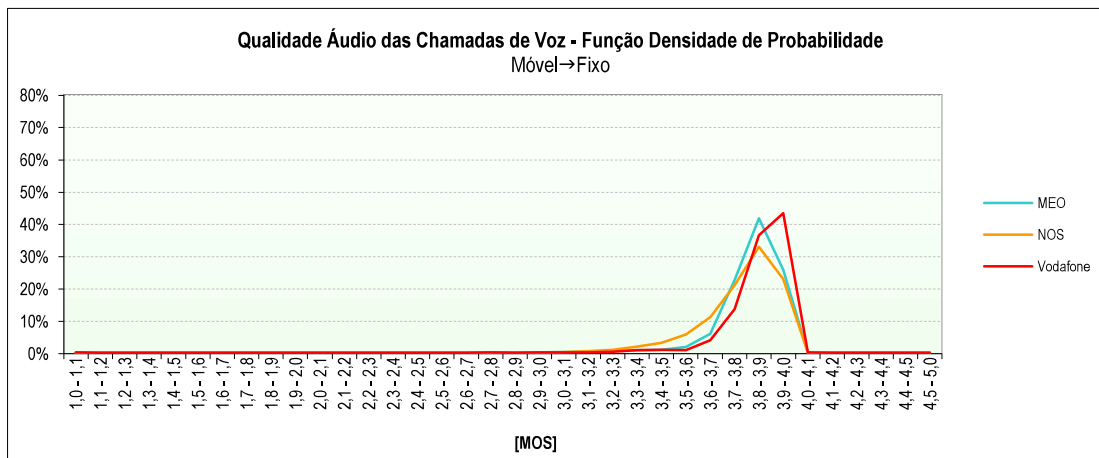
#### 4.3.1.2 INDICADOR *TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS*

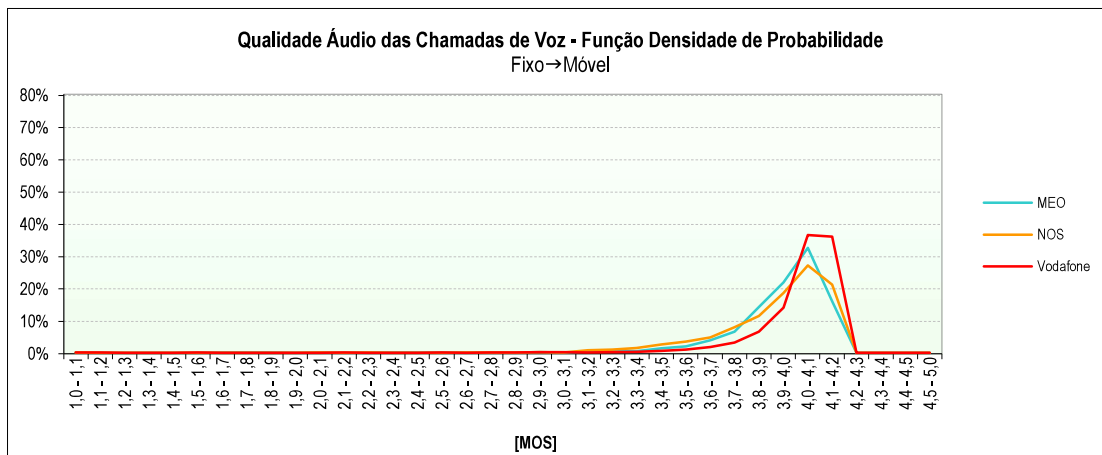


#### 4.3.1.3 INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VOZ*



#### 4.3.1.4 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VOZ*





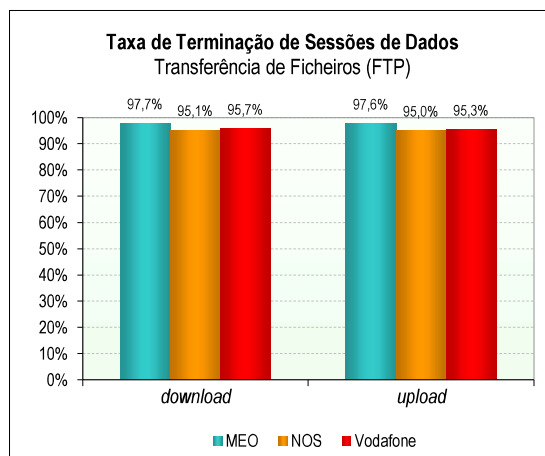
#### 4.3.2 TRANSFERÊNCIA DE FICHEIROS (FTP)

|                                  |                               | MEO      |        | NOS      |        | Vodafone |        |
|----------------------------------|-------------------------------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|
|                                  |                               | download | upload | download | upload | download | upload |
| Transferência de Ficheiros (FTP) | Sessões Realizadas            | 4.448    | 4.446  | 4.424    | 4.422  | 4.417    | 4.415  |
|                                  | Sessões com Sucesso           | 4.346    | 4.340  | 4.209    | 4.199  | 4.225    | 4.208  |
|                                  | Sessões Falhadas              | 102      | 106    | 215      | 223    | 192      | 207    |
|                                  | Taxa de Terminação de Sessões | 97,7%    | 97,6%  | 95,1%    | 95,0%  | 95,7%    | 95,3%  |
|                                  | Velocidade Média [kbps]       | 23.715   | 5.989  | 19.586   | 5.256  | 19.891   | 5.397  |
|                                  | Velocidade Máxima [kbps]      | 58.613   | 11.062 | 56.168   | 16.384 | 47.805   | 8.770  |
|                                  | Velocidade Mínima [kbps]      | 104      | 18     | 5        | 18     | 18       | 18     |
|                                  | Desvio Padrão [kbps]          | 13.848   | 2.973  | 11.120   | 2.079  | 11.496   | 1.860  |

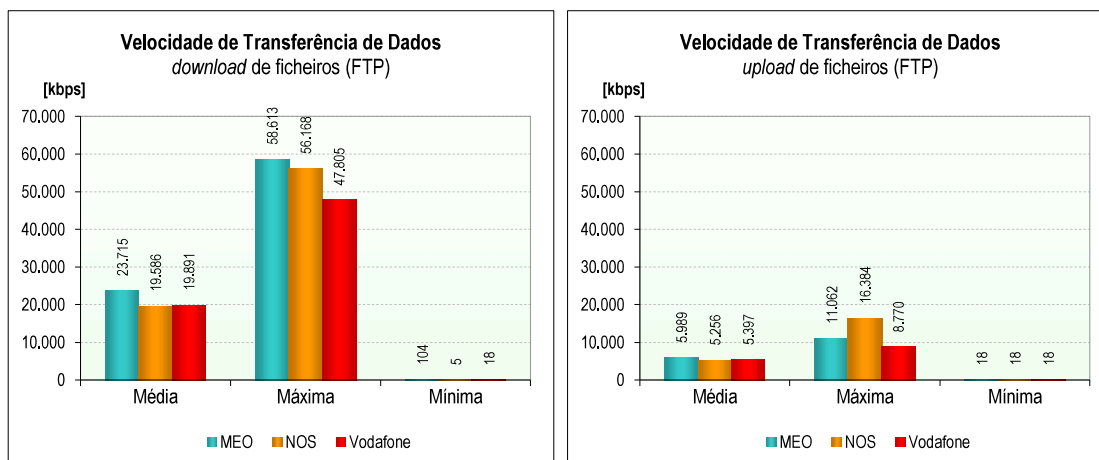
|                  |                                                   | MEO      |        | NOS      |        | Vodafone |        |
|------------------|---------------------------------------------------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|
|                  |                                                   | download | upload | download | upload | download | upload |
| Erro de Precisão | Taxa de Terminação de Sessões de Dados (FTP)      | 0,5%     | 0,5%   | 0,7%     | 0,7%   | 0,6%     | 0,7%   |
|                  | Velocidade de Transferência de Dados (FTP) [kbps] | 412      | 88     | 336      | 63     | 347      | 56     |

Nível de Confiança = 95 %

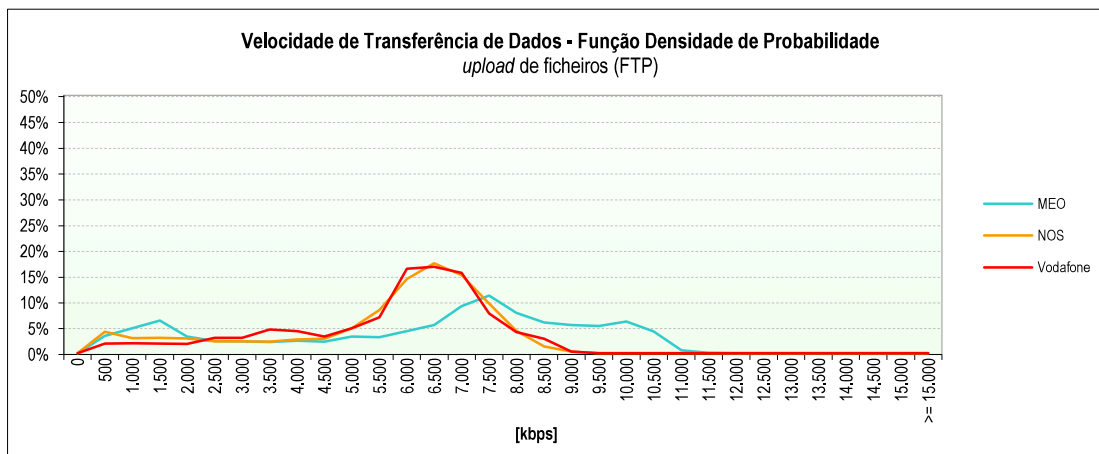
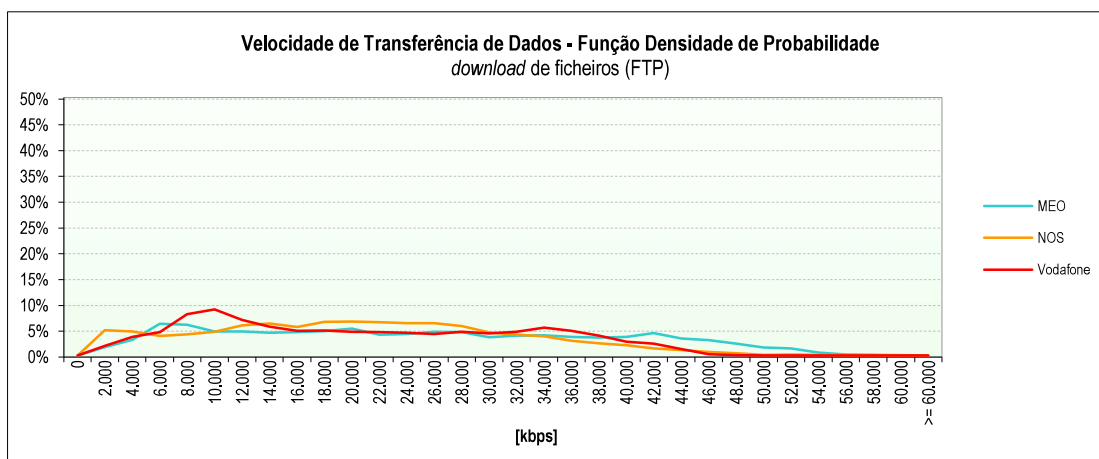
##### 4.3.2.1 INDICADOR TAXA DE TERMINAÇÃO DE SESSÕES DE DADOS



#### 4.3.2.2 INDICADOR VELOCIDADE DE TRANSFERÊNCIA DE DADOS



#### 4.3.2.3 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR VELOCIDADE DE TRANSFERÊNCIA DE DADOS



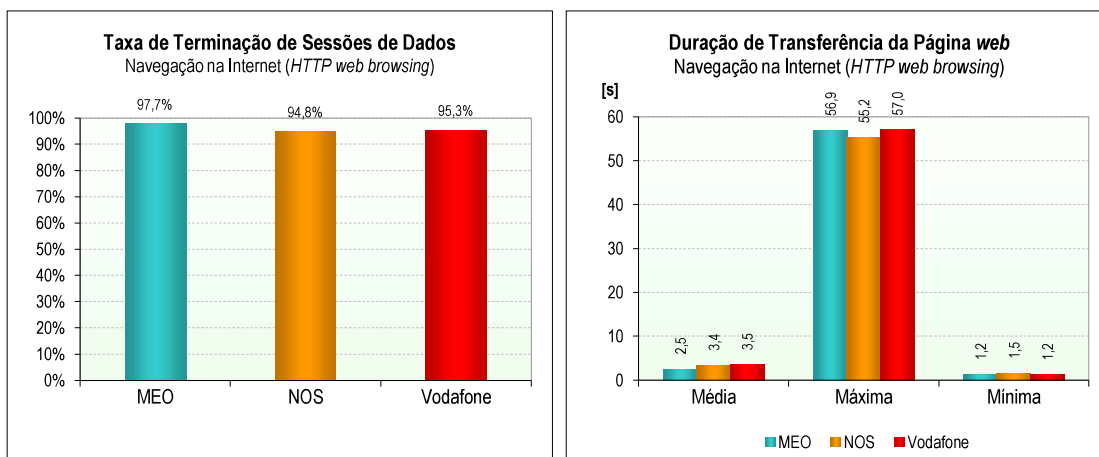
### 4.3.3 NAVEGAÇÃO NA INTERNET (HTTP WEB BROWSING)

|                                              |                               | MEO      | NOS      | Vodafone |
|----------------------------------------------|-------------------------------|----------|----------|----------|
|                                              |                               | download | download | download |
| Navegação na Internet<br>(HTTP web browsing) | Sessões Realizadas            | 4,449    | 4,428    | 4,419    |
|                                              | Sessões com Sucesso           | 4,348    | 4,197    | 4,213    |
|                                              | Sessões Falhadas              | 101      | 231      | 206      |
|                                              | Taxa de Terminação de Sessões | 97,7%    | 94,8%    | 95,3%    |
|                                              | Duração Média [s]             | 2,5      | 3,4      | 3,5      |
|                                              | Duração Máxima [s]            | 56,9     | 55,2     | 57,0     |
|                                              | Duração Mínima [s]            | 1,2      | 1,5      | 1,2      |
|                                              | Desvio Padrão [s]             | 3,3      | 3,6      | 3,6      |

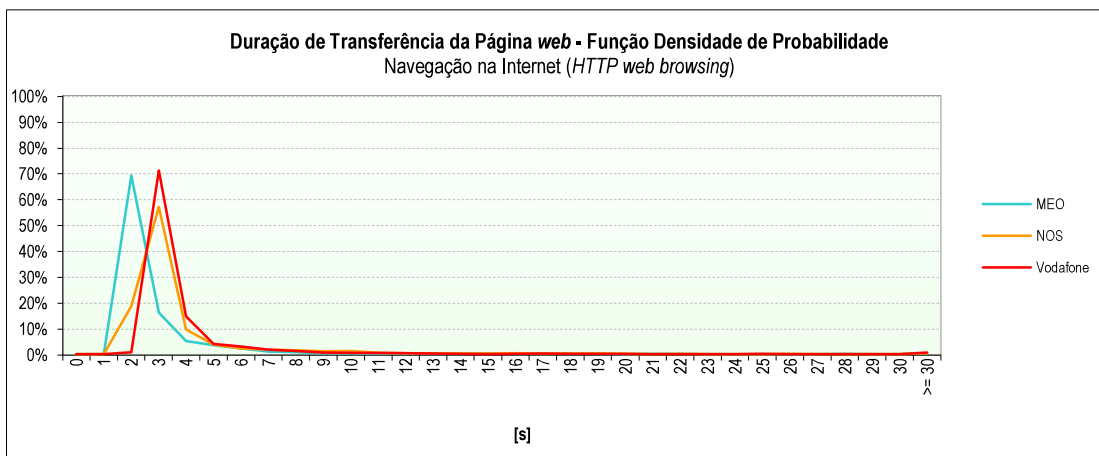
|                  |                                                                | MEO      | NOS      | Vodafone |
|------------------|----------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|
|                  |                                                                | download | download | download |
| Erro de Precisão | Taxa de Terminação de Sessões de Dados (HTTP web browsing)     | 0,5%     | 0,7%     | 0,7%     |
|                  | Duração de Transferência da Página web (HTTP web browsing) [s] | 0,1      | 0,1      | 0,1      |

Nível de Confiança = 95 %

#### 4.3.3.1 INDICADORES TAXA DE TERMINAÇÃO DE SESSÕES DE DADOS E DURAÇÃO DE TRANSFERÊNCIA DA PÁGINA WEB



#### 4.3.3.2 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR DURAÇÃO DE TRANSFERÊNCIA DA PÁGINA WEB



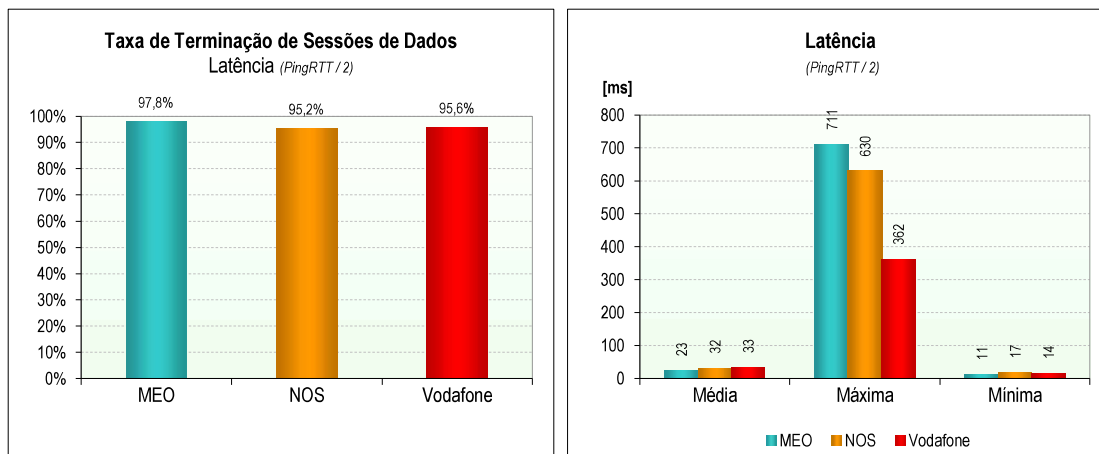
#### 4.3.4 LATÊNCIA DE TRANSMISSÃO DE DADOS

|                           |                               | MEO   | NOS   | Vodafone |
|---------------------------|-------------------------------|-------|-------|----------|
| Latência<br>(PingRTT / 2) | Sessões Realizadas            | 4.452 | 4.440 | 4.423    |
|                           | Sessões com Sucesso           | 4.353 | 4.226 | 4.230    |
|                           | Sessões Falhadas              | 99    | 214   | 193      |
|                           | Taxa de Terminação de Sessões | 97,8% | 95,2% | 95,6%    |
|                           | Média [ms]                    | 23    | 32    | 33       |
|                           | Máxima [ms]                   | 711   | 630   | 362      |
|                           | Mínima [ms]                   | 11    | 17    | 14       |
|                           | Desvio Padrão [ms]            | 39    | 29    | 25       |

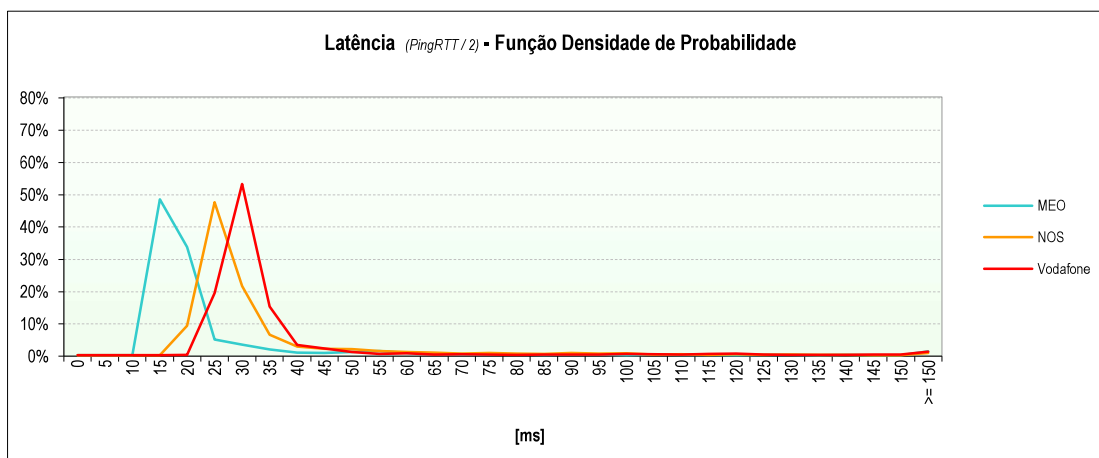
|                  |                                                   | MEO  | NOS  | Vodafone |
|------------------|---------------------------------------------------|------|------|----------|
| Erro de Precisão | Taxa de Terminação de Sessões de Dados (Latência) | 0,5% | 0,7% | 0,6%     |
|                  | Latência (PingRTT / 2) [ms]                       | 1,2  | 0,9  | 0,7      |

Nível de Confiança = 95 %

##### 4.3.4.1 INDICADORES TAXA DE TERMINAÇÃO DE SESSÕES DE DADOS E LATÊNCIA



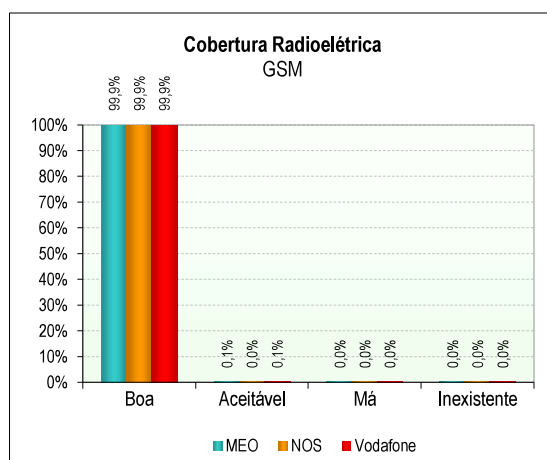
##### 4.3.4.2 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR LATÊNCIA



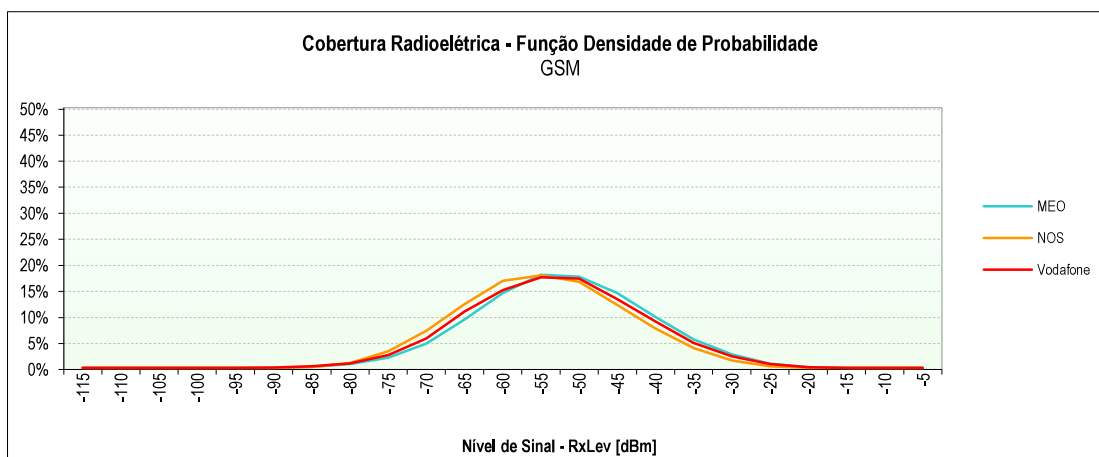
#### 4.3.5 COBERTURA RADIOELÉTRICA

|                         |                               | GSM     |         |          | UMTS    |         |          | LTE     |         |          |
|-------------------------|-------------------------------|---------|---------|----------|---------|---------|----------|---------|---------|----------|
|                         |                               | MEO     | NOS     | Vodafone | MEO     | NOS     | Vodafone | MEO     | NOS     | Vodafone |
| Cobertura Radioelétrica | Número de Amostras (Medições) | 780.638 | 780.638 | 780.638  | 791.740 | 791.731 | 791.747  | 791.364 | 791.380 | 791.403  |
|                         | Nível Médio de Sinal [dBm]    | -50     | -52     | -51      | -64     | -68     | -59      | -83     | -84     | -83      |
|                         | Nível Máximo de Sinal [dBm]   | -6      | -7      | -6       | -20     | -26     | -16      | -30     | -35     | -25      |
|                         | Nível Mínimo de Sinal [dBm]   | -121    | -115    | -115     | -125    | -125    | -125     | -145    | -145    | -145     |
|                         | Desvio Padrão [dBm]           | 11      | 11      | 11       | 12      | 12      | 12       | 17      | 17      | 20       |
|                         | Boa                           | 99,9%   | 99,9%   | 99,9%    | 99,4%   | 98,7%   | 99,8%    | 90,1%   | 91,0%   | 88,2%    |
|                         | Aceitável                     | 0,1%    | 0,0%    | 0,1%     | 0,5%    | 1,0%    | 0,1%     | 5,7%    | 4,3%    | 4,3%     |
|                         | Má                            | 0,0%    | 0,0%    | 0,0%     | 0,1%    | 0,2%    | 0,0%     | 3,0%    | 1,9%    | 3,2%     |
|                         | Inexistente                   | 0,0%    | 0,0%    | 0,0%     | 0,0%    | 0,0%    | 0,1%     | 1,2%    | 2,7%    | 4,2%     |

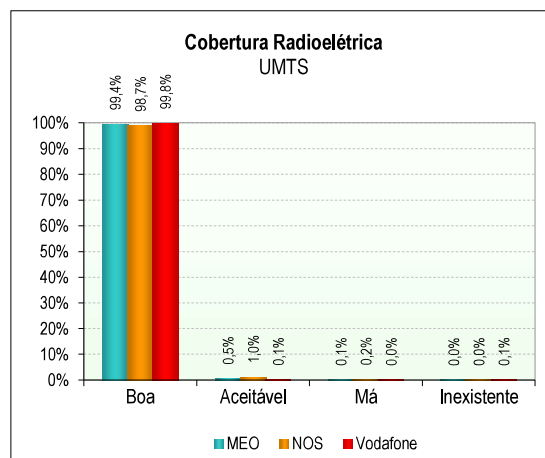
##### 4.3.5.1 GSM



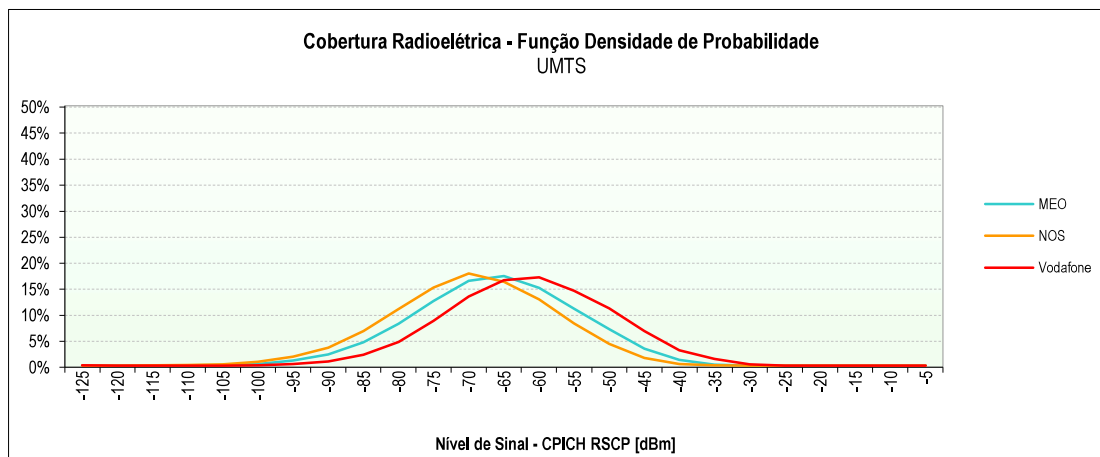
##### 4.3.5.2 GSM – FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE



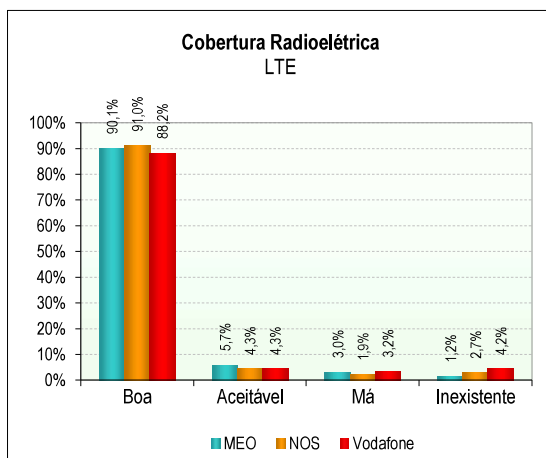
#### 4.3.5.3 UMTS



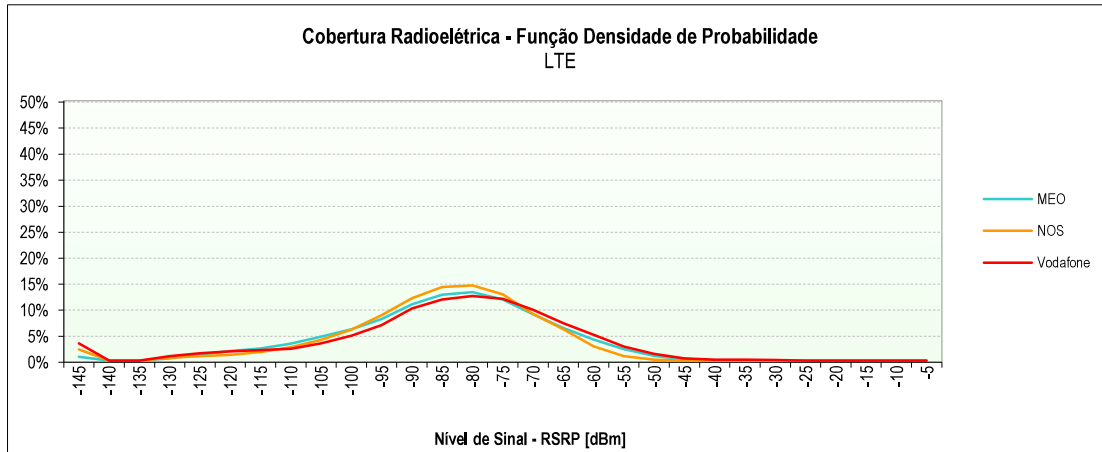
#### 4.3.5.4 UMTS – FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE



#### 4.3.5.5 LTE



#### 4.3.5.6 LTE – FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE



#### 4.3.5.7 MAPAS DE COBERTURA RADIOELÉTRICA

(Páginas seguintes)

PORTUGAL CONTINENTAL

MEO – Cobertura Radioelétrica GSM



## PORTUGAL CONTINENTAL

NOS – Cobertura Radioelétrica GSM



PORTUGAL CONTINENTAL

Vodafone – Cobertura Radioelétrica GSM



PORTUGAL CONTINENTAL

MEO – Cobertura Radioelétrica UMTS



PORTUGAL CONTINENTAL

NOS – Cobertura Radioelétrica UMTS



PORTUGAL CONTINENTAL

Vodafone – Cobertura Radioelétrica UMTS



PORTUGAL CONTINENTAL

MEO – Cobertura Radioelétrica LTE



PORTUGAL CONTINENTAL

NOS – Cobertura Radioelétrica LTE



**PORTUGAL CONTINENTAL**

Vodafone – Cobertura Radioelétrica LTE

