

Sistemas de Comunicações Móveis

GSM / UMTS

Aferição da Qualidade de Serviço

Avaliação da QoS dos Serviços de Voz, Videotelefonia e Cobertura das Redes GSM e WCDMA, nos principais Aglomerados Urbanos e Eixos Rodoviários de Portugal Continental.

SIGLAS E ACRÓNIMOS

| | |
|-------------------|---|
| CoDec | Codificador/Descodificador. |
| CPICH RSCP | <i>Common Pilot Channel, Received Signal Code Power</i> – Nível de sinal recebido por um terminal móvel (WCDMA). |
| ETSI | <i>European Telecommunications Standards Institute</i> – Instituto Europeu de Normas de Telecomunicações. |
| GSM | <i>Global System for Mobile communications</i> – Sistema de Comunicações Móveis de segunda geração (2G). |
| ITU | <i>International Telecommunications Union</i> – União Internacional de Telecomunicações. |
| MOS | <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. O valor “zero” não 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 <i>CoDec</i> , utilizados pelas redes móveis, não possibilitam tão elevado valor de qualidade de voz ou de vídeo (a qualidade de voz ou de vídeo obtida com os <i>CoDec</i> normalmente utilizados apresenta valores MOS inferiores a 4,5). |
| PESQ | <i>Perceptual Evaluation of Speech Quality</i> – Algoritmo utilizado na análise da qualidade áudio de uma comunicação de voz (Recomendado pelo ITU: <i>ITU-T Recommendation P.862 (02/2001)</i> ; <i>ITU-T Recommendation P.862.1 (11/2003)</i>). |
| RDIS | <i>Rede Digital com Integração de Serviços</i> – Tecnologia utilizada na rede fixa de acesso. |
| RF | Rádio Frequência. |
| RxLev | <i>Received signal level</i> – Nível de sinal recebido por um terminal móvel (GSM). |
| s | <i>Segundo</i> – unidade de tempo. |
| Scanner | Equipamento de medida que permite recolher níveis de sinal radioelétrico para cada canal de uma banda de frequência. |
| SQuad-LQ | <i>SwissQual’s speech quality algorithm for Listening Quality</i> – Algoritmo desenvolvido pela <i>SwissQual</i> para análise da qualidade áudio de uma comunicação. |
| UMTS | <i>Universal Mobile Telecommunications System</i> – Sistema de Comunicações Móveis de terceira geração (3G). |
| VQuad | <i>Objective Model for Video Quality Assessment</i> – Algoritmo utilizado na análise da qualidade vídeo de uma comunicação (desenvolvido pela <i>SwissQual</i>). |
| WCDMA | <i>Wideband Code Division Multiple Access</i> – Tecnologia utilizada na componente radioelétrica dos sistemas de comunicações UMTS. |

Índice

| | | |
|----------|---|-----------|
| I | Sumário Executivo | 7 |
| I.I | Enquadramento Geral | 7 |
| I.II | Principais Resultados e Conclusões | 11 |
| 1 | Aferição da Qualidade de Serviço | 19 |
| 1.1 | Objectivo | 19 |
| 1.2 | Serviços Analisados | 19 |
| 1.2.1 | Serviços de Telefonia:..... | 19 |
| 1.2.2 | Independente dos Serviços:..... | 19 |
| 2 | Metodologia | 20 |
| 2.1 | Aspectos Fundamentais..... | 20 |
| 2.2 | Principais Indicadores de QoS..... | 20 |
| 2.2.1 | Independentes do Serviço | 21 |
| 2.2.2 | Serviços de Telefonia..... | 22 |
| 2.3 | Perfis de Medida | 26 |
| 2.3.1 | Aspectos Gerais..... | 26 |
| 2.3.2 | Cobertura | 27 |
| 2.3.3 | Serviços de Telefonia..... | 27 |
| 2.4 | Sistema de Teste/Medida e Pós-Processamento | 29 |
| 3 | Amostra do Estudo | 31 |
| 3.1 | Locais Analisados | 31 |
| 3.2 | Dimensão da Amostra..... | 33 |
| 3.3 | Condições de Recolha de Dados..... | 33 |
| 4 | Resultados Agregados | 34 |
| 4.1 | Aglomerados Urbanos | 34 |
| 4.1.1 | Serviço de Voz | 34 |
| 4.1.2 | Serviço de Videotelefonia | 36 |
| 4.1.3 | Cobertura das Redes | 39 |
| 4.2 | Eixos Rodoviários | 41 |
| 4.2.1 | Serviço de Voz | 41 |
| 4.2.2 | Serviço de Videotelefonia | 43 |
| 4.2.3 | Cobertura das Redes | 46 |
| 4.3 | Global..... | 48 |
| 4.3.1 | Serviço de Voz | 48 |
| 4.3.2 | Serviço de Videotelefonia | 50 |
| 4.3.3 | Cobertura das Redes | 53 |

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

I SUMÁRIO EXECUTIVO

I.1 ENQUADRAMENTO GERAL

A Autoridade Nacional de Comunicações (ANACOM) realizou, de Setembro a Novembro de 2010, uma avaliação da qualidade dos serviços móveis de voz, videotelefonia e cobertura das redes GSM e WCDMA (UMTS), disponibilizados pelos operadores OPTIMUS, TMN e VODAFONE nos principais aglomerados urbanos e eixos rodoviários de Portugal Continental, através da análise de parâmetros técnicos que traduzem a percepção de qualidade na óptica do consumidor.

A metodologia seguida neste estudo assenta na realização de testes de campo, efectuados na perspectiva do utilizador com recurso a um sistema automático de medida, reflectindo os vários aspectos que afectam a qualidade dos serviços (medições extremo-a-extremo). As medições foram efectuadas em igualdade de condições para os três operadores, nomeadamente em simultâneo, nos mesmos locais e com as mesmas parametrizações, permitindo uma análise comparativa dos desempenhos observados.

Foram analisados os principais indicadores de qualidade, tendo em conta a perspectiva do utilizador e os serviços objecto de estudo:

1. **Cobertura das Redes** – Disponibilidade das redes radioelétricas GSM e WCDMA (UMTS);
2. **Acessibilidade do Serviço** (voz e videotelefonia) – probabilidade de sucesso no estabelecimento de chamadas;
3. **Tempo de Estabelecimento de Chamadas** (voz e videotelefonia) – período de tempo que a rede demora a estabelecer a comunicação, após o envio correcto do pedido (número de telefone de destino);
4. **Taxa de Terminação de Chamadas** (voz e videotelefonia) – Probabilidade de uma chamada, depois de estabelecida com sucesso, se manter activa durante um período de tempo, terminando de forma normal, ou seja, de acordo com a vontade do utilizador;
5. **Qualidade Áudio de Chamada** (voz e videotelefonia) – perceptibilidade da conversação durante uma chamada;
6. **Qualidade Vídeo de Chamada** (videotelefonia) – perceptibilidade da componente visual da comunicação.

A recolha de medidas decorreu, em dias úteis e durante as horas normais de trabalho, de 30 de Setembro a 26 de Novembro de 2010. Foram efectuadas 23.802 chamadas de teste e 4.645.405 medições de sinal radioeléctrico, o que corresponde a mais de 222 horas de medidas ao longo de aproximadamente 10.000 quilómetros.

A amostra utilizada permitiu que os resultados globais obtidos, por cada operador, apresentem erros de precisão máximos inferiores a 2,1%, nos aglomerados urbanos, e inferiores a 2,9%, nos eixos rodoviários, com nível de confiança de 95%.

Face à taxa de penetração destes serviços, à diversidade de equipamentos terminais utilizados e à própria subjectividade inerente a cada utente, torna-se impossível a reprodução rigorosa das condições de interacção de cada consumidor com as redes. Neste contexto, os resultados deste estudo devem ser encarados como um indicador do comportamento global das redes, não se pretendendo avaliar o cumprimento das licenças por parte dos operadores móveis. A transposição/extrapolação dos resultados obtidos para situações específicas requer alguma prudência, sob risco de, se tal não for feito, serem tomadas conclusões enviesadas sobre a realidade em causa.

As opções técnicas e metodológicas tomadas neste estudo influenciaram directamente os resultados obtidos e devem ser tidas em consideração na análise dos resultados, designadamente as seguintes:

- 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 subjectividade inerente ao utilizador humano;
- Foram utilizados equipamentos terminais *NOKIA N95* e *NOKIA 6680*;
- Os testes foram realizados com viaturas em movimento e com antenas exteriores (sem ganho);
- A duração das chamadas, tanto em voz como em videotelefonia, foi de 120 segundos;
- Os testes de voz e de videotelefonia foram realizados com selecção automática de infra-estruturas GSM e UMTS;
- Os indicadores de cobertura, em particular a cobertura WCDMA, não têm em consideração a carga das redes (número de utilizadores em simultâneo e tipo de serviços utilizados);

- Os resultados do estudo reflectem apenas o comportamento das redes nos locais e momentos em que foram efectuadas as medidas;
- 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, analisados neste estudo, apresentam bons níveis de cobertura radioelétrica GSM e bom desempenho do serviço de voz, nos aglomerados urbanos e nos eixos rodoviários.

O serviço de videotelefonia apresenta desempenhos distintos conforme o tipo de local analisado. Nos aglomerados urbanos, observam-se níveis de desempenho semelhantes aos registados para o serviço de voz; nos eixos rodoviários, o desempenho deste serviço ainda se encontra aquém do adequado, consequência directa das zonas com deficiente ou mesmo inexistente cobertura WCDMA.

Coberturas das Redes GSM e WCDMA

Os sistemas de comunicações móveis estudados apresentam bons níveis de cobertura GSM, tanto nos aglomerados urbanos como nos eixos rodoviários, não se observando diferenças significativas entre os operadores (Figura 1 e Figura 2). Mantém-se os níveis de cobertura observados no estudo realizado em Setembro/Outubro de 2009 (Tabela 1 e Tabela 2).

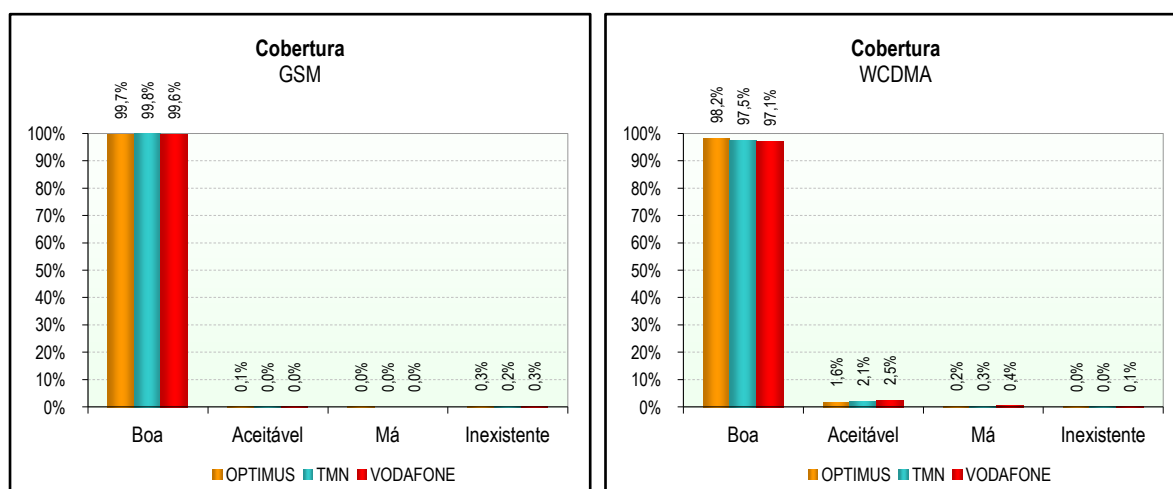


Figura 1 – Indicador Cobertura, nos Aglomerados Urbanos de Portugal Continental.

Tabela 1 – Evolução do indicador *Cobertura*, de 2009 para 2010, nos Aglomerados Urbanos de Portugal Continental.
(Diferença entre os valores observados no estudo de 2010 e os valores observados no estudo de 2009)

| | | GSM | | | WCDMA | | |
|-------------------------|-------------|---------|--------|----------|---------|--------|----------|
| | | OPTIMUS | TMN | VODAFONE | OPTIMUS | TMN | VODAFONE |
| Cobertura Radioelétrica | Boa | -0,05% | -0,01% | -0,03% | 1,94% | 2,07% | 4,17% |
| | Aceitável | 0,02% | -0,07% | -0,02% | -1,74% | -1,54% | -1,99% |
| | Má | 0,02% | 0,00% | 0,00% | -0,17% | -0,46% | -1,51% |
| | Inexistente | 0,01% | 0,08% | 0,05% | -0,03% | -0,08% | -0,67% |

As redes WCDMA (UMTS) apresentam melhores níveis de cobertura nas zonas urbanas do que nos eixos rodoviários (Figura 1 e Figura 2). Observa-se também uma evolução positiva dos níveis de boa cobertura, face ao estudo realizado em Setembro/Outubro de 2009 (Tabela 1 e Tabela 2). Nos aglomerados urbanos são pouco expressivas as diferenças entre operadores. A OPTIMUS apresenta o melhor desempenho, com 98,2% das medições realizadas a apresentarem níveis de boa cobertura, enquanto a TMN apresenta 97,5% e a VODAFONE 97,1%. Nos eixos rodoviários, a cobertura WCDMA apresenta níveis inferiores, em consequência de algumas zonas com má ou mesmo inexistente cobertura, registando-se também diferenças significativas entre operadores. A TMN apresenta o melhor desempenho, com 90% das medições a apresentarem níveis de boa cobertura, enquanto a OPTIMUS regista 87,1% e a VODAFONE fica pelos 75,3%.

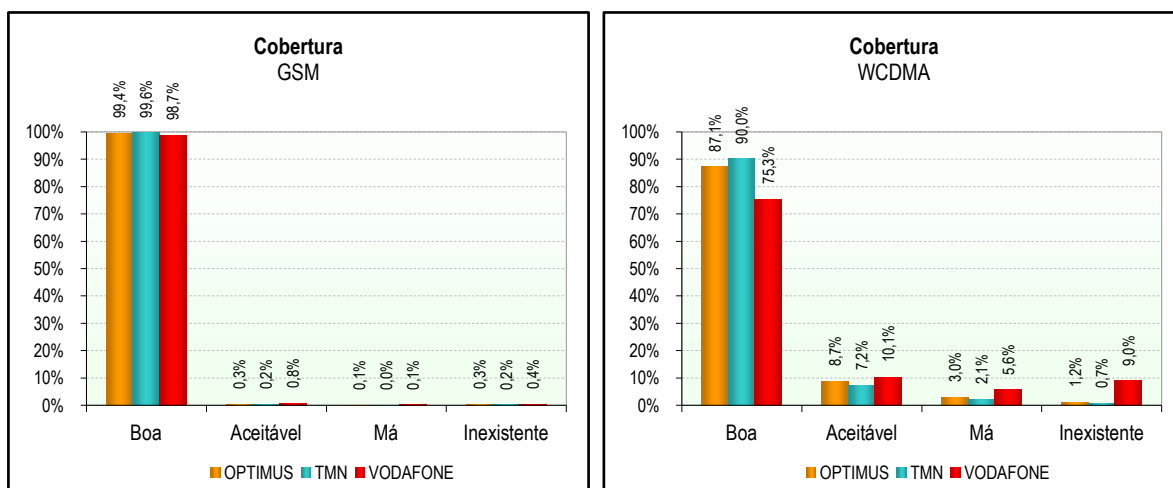


Figura 2 – Indicador *Cobertura*, nos Eixos Rodoviários de Portugal Continental.

Tabela 2 – Evolução do indicador *Cobertura*, de 2009 para 2010, nos Eixos Rodoviários de Portugal Continental.
(Diferença entre os valores observados no estudo de 2010 e os valores observados no estudo de 2009)

| | | GSM | | | WCDMA | | |
|-------------------------|-------------|---------|--------|----------|---------|--------|----------|
| | | OPTIMUS | TMN | VODAFONE | OPTIMUS | TMN | VODAFONE |
| Cobertura Radioelétrica | Boa | -0,15% | 0,01% | -0,23% | 5,40% | 3,09% | 5,69% |
| | Aceitável | 0,07% | -0,05% | 0,13% | -4,43% | -1,43% | -2,79% |
| | Má | 0,04% | 0,01% | 0,04% | -1,15% | -1,27% | -2,73% |
| | Inexistente | 0,04% | 0,03% | 0,06% | 0,18% | -0,39% | -0,17% |

Serviço de Voz

O serviço de voz apresenta bons resultados em todos os indicadores analisados, tanto nos aglomerados urbanos como nos eixos rodoviários (Figura 3, Figura 4, Figura 5, Figura 6, Figura 7 e Figura 8). Comparando os resultados obtidos neste estudo com os registados no estudo realizado em Setembro/Octubro de 2009, não se observam alterações significativas, com excepção do indicador *Qualidade Áudio Média*, do operador TMN, em que se observa uma ligeira degradação (Tabela 3 e Tabela 4).

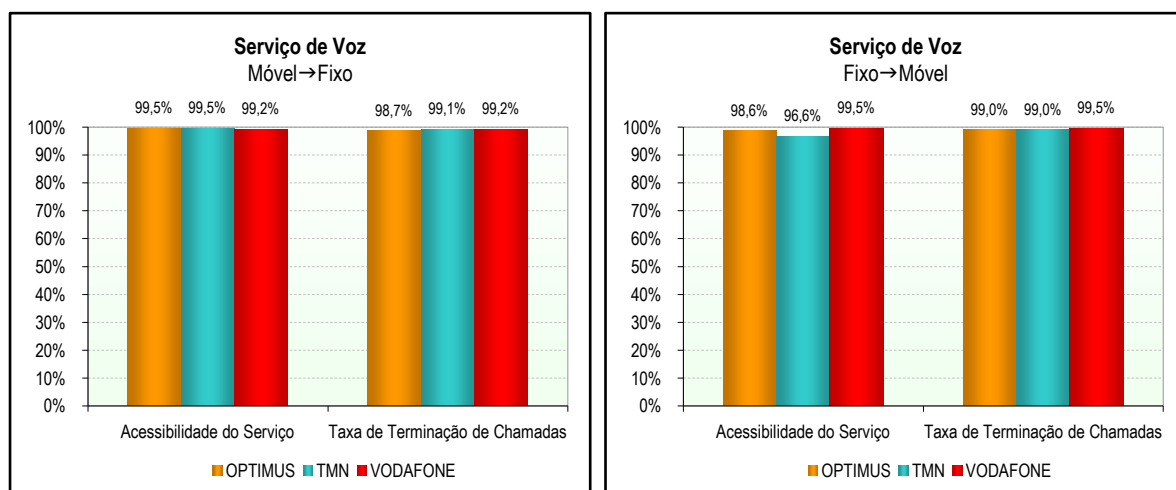


Figura 3 – Indicadores *Acessibilidade de Serviço* e *Taxa de Terminação de Chamadas*, nos Aglomerados Urbanos de Portugal Continental.

Tabela 3 – Evolução dos indicadores *Acessibilidade do Serviço*, *Taxa de Terminação de Chamadas*, *Tempo Médio de Estabelecimento de Chamadas* e *Qualidade Áudio Média*, de 2009 para 2010, nos Aglomerados Urbanos de Portugal Continental.
(Diferença entre os valores observados no estudo de 2010 e os valores observados no estudo de 2009)

| | | OPTIMUS | | TMN | | VODAFONE | |
|----------------|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel |
| Serviço de Voz | Acessibilidade do Serviço | 0,06% | -0,41% | 0,72% | -1,15% | -0,06% | 1,33% |
| | Taxa de Terminação de Chamadas | 0,59% | 0,60% | 0,73% | 0,53% | 1,45% | 1,23% |
| | Tempo Médio de Estabelecimento de Chamadas [s] | -0,94 | -0,75 | -0,06 | -0,34 | -0,04 | -0,20 |
| | Qualidade Áudio Média [MOS] | 0,015 | 0,016 | -0,103 | -0,132 | 0,007 | 0,025 |

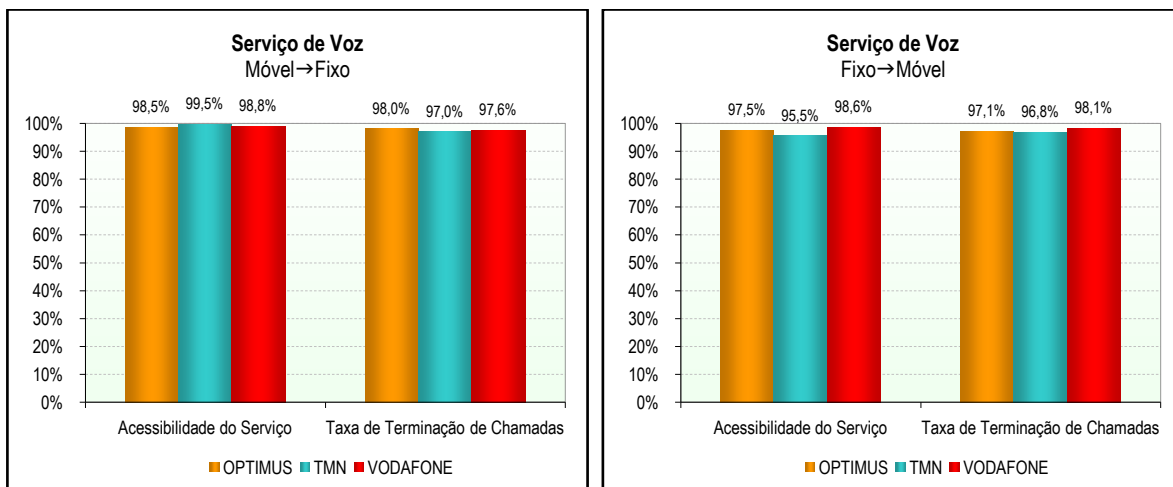


Figura 4 – Indicadores *Acessibilidade de Serviço* e *Taxa de Terminação de Chamadas*, nos Eixos Rodoviários de Portugal Continental.

Tabela 4 – Evolução dos indicadores *Acessibilidade do Serviço*, *Taxa de Terminação de Chamadas*, *Tempo Médio de Estabelecimento de Chamadas* e *Qualidade Áudio Média*, de 2009 para 2010, nos Eixos Rodoviários de Portugal Continental. (Diferença entre os valores observados no estudo de 2010 e os valores observados no estudo de 2009)

| | OPTIMUS | | TMN | | VODAFONE | |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel |
| Serviço de Voz | | | | | | |
| Acessibilidade do Serviço | 0,35% | -0,56% | 0,32% | -2,09% | -0,11% | 1,17% |
| Taxa de Terminação de Chamadas | 2,58% | -0,26% | 0,87% | 0,68% | -0,38% | -0,24% |
| Tempo Médio de Estabelecimento de Chamadas [s] | -0,96 | -1,01 | 0,02 | -0,37 | -0,02 | -0,17 |
| Qualidade Áudio Média [MOS] | 0,013 | 0,014 | -0,116 | -0,115 | 0,007 | 0,009 |

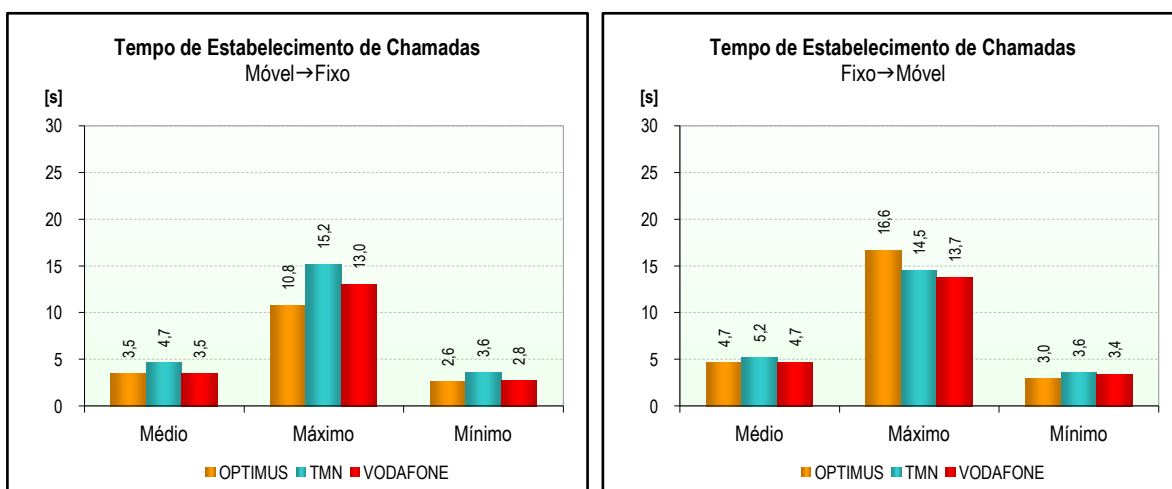


Figura 5 – Indicador *Tempo de Estabelecimento de Chamadas*, nos Aglomerados Urbanos de Portugal Continental.

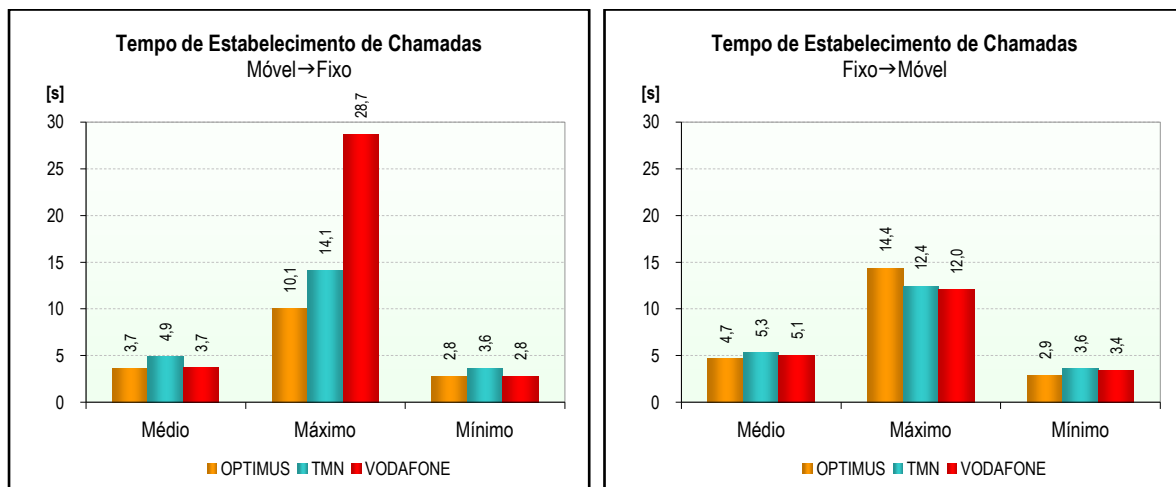


Figura 6 – Indicador *Tempo de Estabelecimento de Chamadas*, nos Eixos Rodoviários de Portugal Continental.

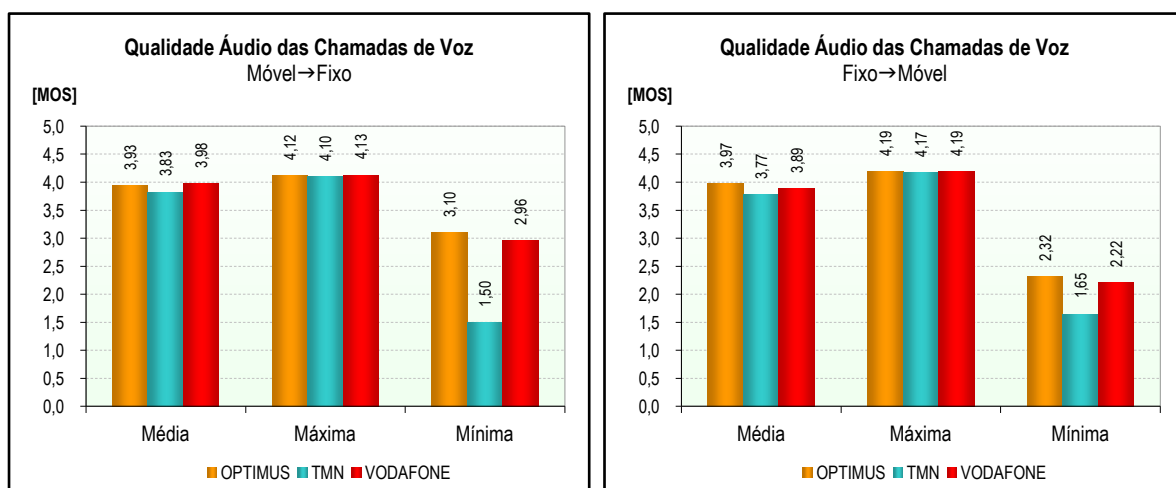


Figura 7 – Indicador *Qualidade Áudio das Chamadas*, nos Aglomerados Urbanos de Portugal Continental.

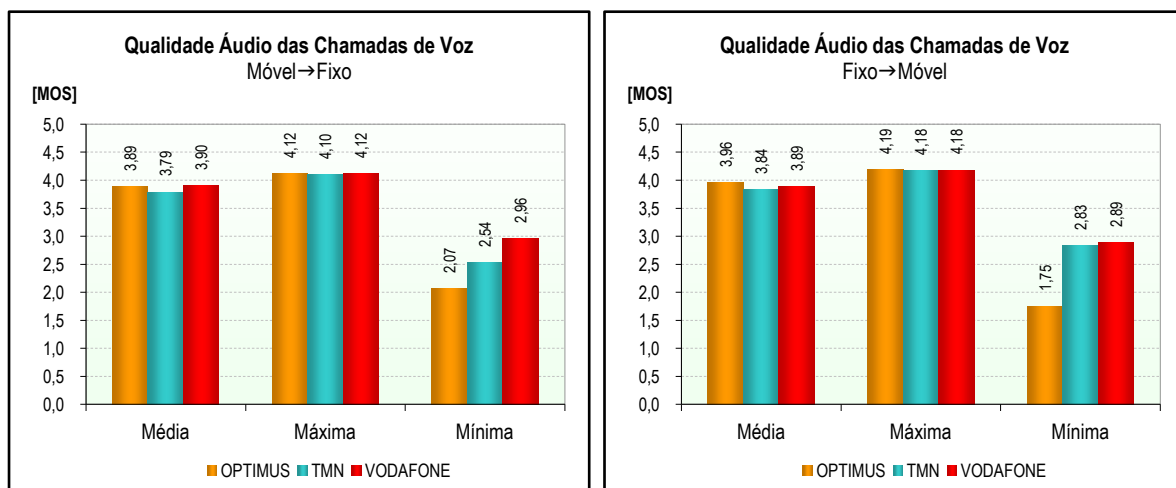


Figura 8 – Indicador *Qualidade Áudio das Chamadas*, nos Eixos Rodoviários de Portugal Continental.

Serviço de Videotelefonia

O serviço de videotelefonia apresenta desempenhos distintos conforme o tipo de local analisado.

Os aglomerados urbanos registam boas *Acessibilidade do Serviço* e *Taxa de Terminação de Chamadas*, com níveis semelhantes aos registados pelo serviço de voz (Figura 9). A OPTIMUS regista a melhor *Acessibilidade do Serviço*, com 98,6% de sucesso no estabelecimento de chamadas, enquanto a VODAFONE apresenta 97,3% e a TMN fica pelos 96,2%. No que respeita a *Taxa de Terminação de Chamadas*, os operadores apresentam níveis muito próximos e todos iguais ou superiores a 98,9%. Comparando os resultados deste estudo com os registados no ano anterior, não se observam alterações significativas (Tabela 5).

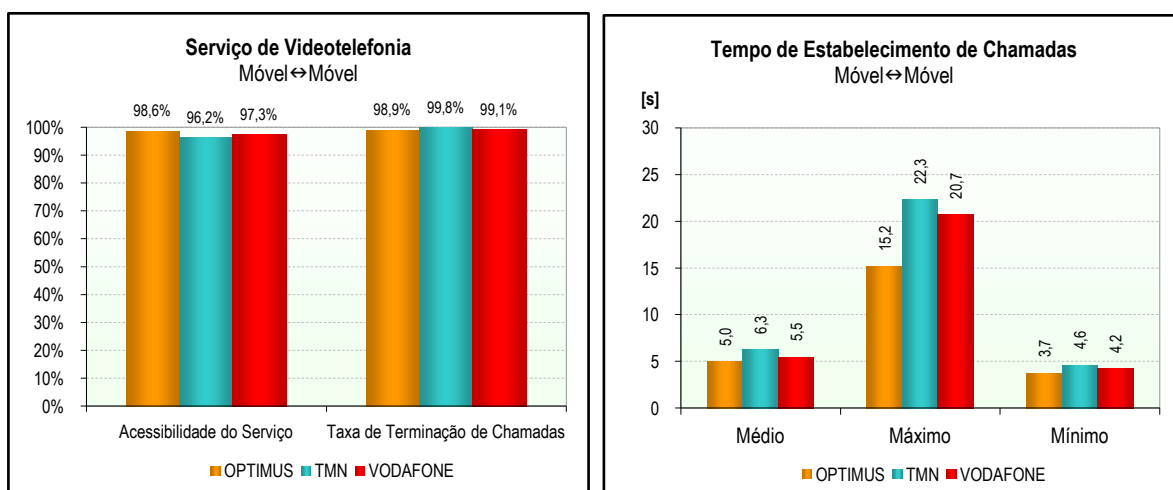


Figura 9 – Indicadores *Acessibilidade de Serviço*, *Taxa de Terminação de Chamadas* e *Tempo de Estabelecimento de Chamadas*, nos Aglomerados Urbanos de Portugal Continental.

Tabela 5 – Evolução dos indicadores *Acessibilidade do Serviço*, *Taxa de Terminação de Chamadas*, *Tempo Médio de Estabelecimento de Chamadas*, *Qualidade Áudio Média* e *Qualidade Vídeo Média*, de 2009 para 2010, nos Aglomerados Urbanos de Portugal Continental.

(Diferença entre os valores observados no estudo de 2010 e os valores observados no estudo de 2009)

| | | OPTIMUS | TMN | VODAFONE |
|---------------------------|--|---------------|---------------|---------------|
| | | Móvel ↔ Móvel | Móvel ↔ Móvel | Móvel ↔ Móvel |
| Serviço de Videotelefonia | Acessibilidade do Serviço | 1,04% | 0,92% | -0,09% |
| | Taxa de Terminação de Chamadas | 0,42% | 0,88% | 0,72% |
| | Tempo Médio de Estabelecimento de Chamadas [s] | -1,99 | -1,39 | -0,32 |
| | Qualidade Áudio Média [MOS] | -0,016 | 0,015 | -0,021 |
| | Qualidade Vídeo Média [MOS] | -0,003 | 0,035 | 0,002 |

Nos eixos rodoviários, os operadores OPTIMUS e TMN apresentam os melhores desempenhos, com níveis de *Acessibilidade do Serviço* de 94,9%, e níveis de *Taxa de Terminação de Chamadas* de 96,1% e 99,5%, respectivamente (Figura 10). A VODAFONE apresenta desempenhos significativamente inferiores, sendo de 82,4%, para a *Acessibilidade do Serviço*, e de 94,5%, para a *Taxa de Terminação de Chamadas*. Em relação ao estudo realizado em 2009, verifica-se que a evolução mais significativa foi registada na *Taxa de Terminação de Chamadas* da TMN, com uma melhoria de 2,7% (Tabela 6).

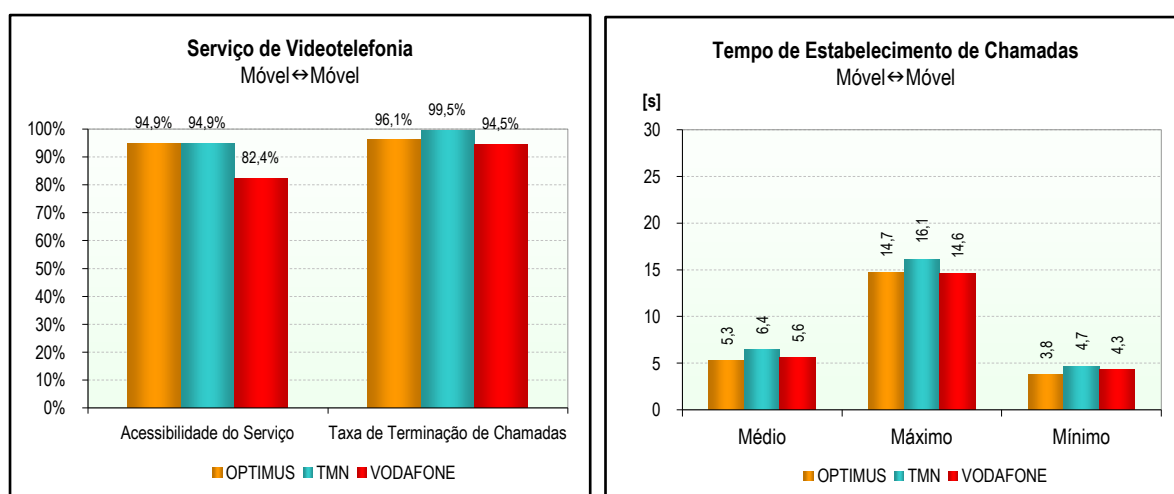


Figura 10 – Indicadores *Acessibilidade de Serviço*, *Taxa de Terminação de Chamadas* e *Tempo de Estabelecimento de Chamadas*, nos Eixos Rodoviários de Portugal Continental.

Tabela 6 – Evolução dos indicadores *Acessibilidade do Serviço*, *Taxa de Terminação de Chamadas*, *Tempo Médio de Estabelecimento de Chamadas*, *Qualidade Áudio Média* e *Qualidade Vídeo Média*, de 2009 para 2010, nos Eixos Rodoviários de Portugal Continental.

(Diferença entre os valores observados no estudo de 2010 e os valores observados no estudo de 2009)

| | OPTIMUS | TMN | VODAFONE |
|--|-------------|-------------|-------------|
| | Móvel↔Móvel | Móvel↔Móvel | Móvel↔Móvel |
| Serviço de Videotelefonia | | | |
| Acessibilidade do Serviço | -0,26% | 1,22% | 0,91% |
| Taxa de Terminação de Chamadas | -0,67% | 2,73% | 1,41% |
| Tempo Médio de Estabelecimento de Chamadas [s] | -1,92 | -1,42 | -0,45 |
| Qualidade Áudio Média [MOS] | -0,013 | -0,004 | -0,026 |
| Qualidade Vídeo Média [MOS] | -0,007 | 0,006 | 0,025 |

O tempo médio de estabelecimento de chamadas não apresenta diferenças significativas entre aglomerados urbanos e eixos rodoviários (Figura 9 e Figura 10). O melhor tempo médio observado foi registado pela OPTIMUS, com 5 segundos, e o mais elevado foi registado pela TMN, com 6,4 segundos. Em relação aos resultados de 2009, observam-se melhorias neste indicador, sendo significativas as registadas pelos operadores OPTIMUS e TMN (Tabela 5 e Tabela 6).

As chamadas de videotelefonía, terminadas de forma normal (120 segundos de duração), apresentam bons níveis médios de *Qualidade Áudio* e níveis médios aceitáveis de *Qualidade Vídeo* (Figura 11 e Figura 12). Não se observam diferenças significativas entre operadores ou entre aglomerados urbanos e eixos rodoviários; nem alterações significativas face aos resultados registados no estudo realizado em 2009 (Tabela 5 e Tabela 6).

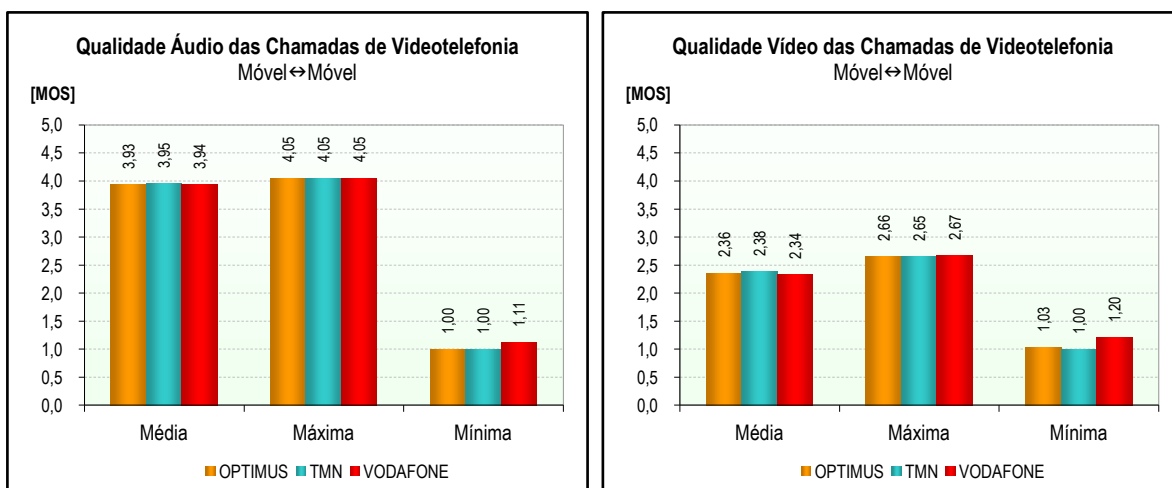


Figura 11 – Indicadores *Qualidade Áudio das Chamadas* e *Qualidade Vídeo das Chamadas*, nos Aglomerados Urbanos de Portugal Continental.

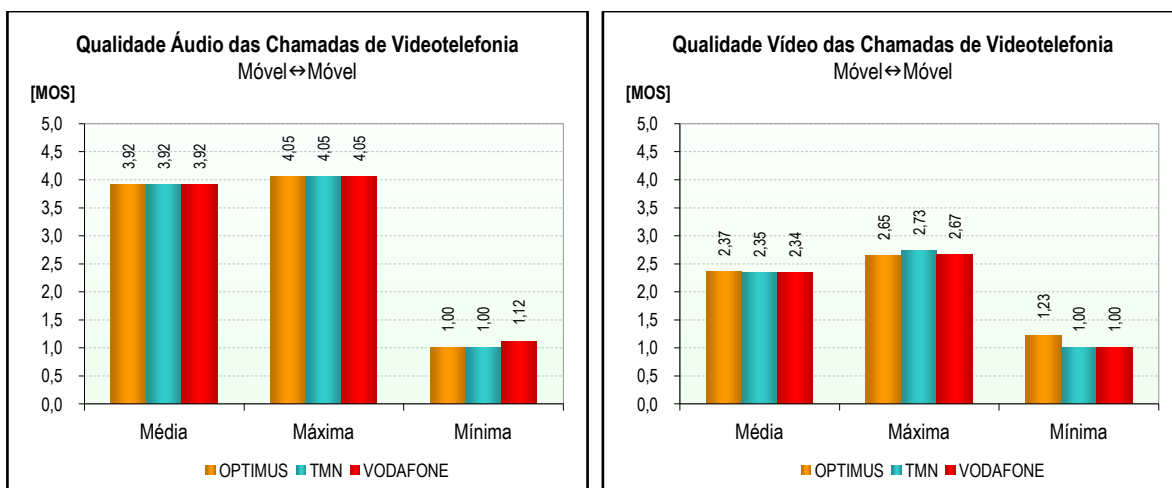


Figura 12 – Indicadores *Qualidade Áudio das Chamadas* e *Qualidade Vídeo das Chamadas*, nos Eixos Rodoviários de Portugal Continental.

1 AFERIÇÃO DA QUALIDADE DE SERVIÇO

1.1 OBJECTIVO

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

1.2 SERVIÇOS ANALISADOS

Numa avaliação da QoS, na perspectiva do utilizador, devem ser considerados os serviços que, em cada tecnologia, apresentem maior relevância para os utilizadores finais, numa lógica de mercado nacional e internacional, e que sejam normalmente disponibilizados por todos os operadores presentes no mercado.

Tendo presente este princípio orientador, e considerando a realidade actual, foram incluídos neste estudo os seguintes serviços:

1.2.1 SERVIÇOS DE TELEFONIA:

- a. Serviço de Voz (GSM / UMTS);
- b. Serviço de Videotelefonia (UMTS);

1.2.2 INDEPENDENTE DOS SERVIÇOS:

- c. Cobertura Radioelétrica das Redes (GSM / WCDMA).

2 METODOLOGIA

A metodologia assenta na realização de testes automáticos extremo-a-extremo permitindo, dessa forma, identificar em campo a qualidade de serviço, dando uma perspectiva tão realista quanto possível do desempenho das redes, do ponto de vista do utilizador.

A recolha de medidas é feita através de *drive-tests* o que, além de possibilitar uma avaliação das redes na perspectiva do utilizador, permite que a realização dos testes seja independente do correcto funcionamento das próprias redes, isto é, por exemplo áreas com cobertura deficiente ou mesmo ausente são também consideradas na análise.

Por outro lado, a utilização de um único sistema de testes para avaliar os serviços, disponibilizados pelas três redes móveis, permite um alto grau de comparabilidade dos resultados, no tempo e no local.

2.1 ASPECTOS FUNDAMENTAIS

A metodologia seguida neste estudo assenta em três aspectos fundamentais:

- a) **Medidas extremo-a-extremo** – nos valores medidos encontram-se reflectidos todos os aspectos que influenciam a qualidade de um serviço.
- b) **Imparcialidade** – as medições são efectuadas em igualdade de condições para os três operadores (OPTIMUS, TMN e VODAFONE).
- c) **Objectividade** – os testes são realizados de uma forma totalmente automática, eliminando-se a subjectividade inerente à intervenção ou decisão humana.

2.2 PRINCIPAIS INDICADORES DE QoS

Numa perspectiva de utilizador, a utilização dos serviços móveis apresenta as seguintes fases (diferentes aspectos 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);
- c. **Acesso ao Serviço** – Corresponde à disponibilização, por parte do operador móvel, do acesso ao serviço que o utilizador pretende utilizar (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 durante uma chamada de voz; Qualidade Vídeo durante uma chamada de videotelefonia);
- 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 aspectos da QoS, foram analisados os principais Indicadores de Qualidade de Serviço.

2.2.1 INDEPENDENTES DO SERVIÇO

2.2.1.1 DISPONIBILIDADE DA REDE RADIOELÉCTRICA (COBERTURA)

A disponibilidade da rede é a probabilidade dos 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 e para WCDMA¹.

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

Tabela 7 – Níveis de Cobertura

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

¹ Wideband Code Division Multiple Access – Tecnologia utilizada na rede radioelétrica dos sistemas de comunicações UMTS.

2.2.2 SERVIÇOS DE TELEFONIA

2.2.2.1 ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO (VOZ E VIDEOTELEFONIA)

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

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

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

2.2.2.2 TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS (VOZ E VIDEOTELEFONIA)

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.

$$\text{Tempo de Estabelecimento de Chamadas [s]} = t_{\text{sinal_chamar}} - t_{\text{envio_endereço}}$$

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

$t_{\text{sinal_chamar}}$ – 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 (VOZ E VIDEOTELEFONIA)

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

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

2.2.2.4 QUALIDADE ÁUDIO DE CHAMADA (VOZ E VIDEOTELEFONIA)

Este indicador quantifica a perceptibilidade da conversação durante uma chamada (de voz ou de videotelefonia). 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 PESQ². O índice objectivo de qualidade áudio obtido através da aplicação deste algoritmo é próximo do que se obteria se a amostra $Y(t)$ fosse submetida à apreciação subjectiva de um painel de utilizadores do serviço.

$$\text{Qualidade \u00c1udio de Chamada}_{\text{lado A}} [MOS_{LQO}] = f\{X_B(t); Y_A(t)\}$$

$$\text{Qualidade \u00c1udio de Chamada}_{\text{lado B}} [MOS_{LQO}] = f\{X_A(t); Y_B(t)\}$$

lado A; lado B – designa\u00e7\u00e3o dos dois extremos de uma chamada de voz.

MOS_{LQO} – escala de quantifica\u00e7\u00e3o da qualidade \u00e1udio percebida (*Mean Opinion Score – Listening-only Quality Objective*).

f – fun\u00e7\u00e3o correspondente \u00e0 aplica\u00e7\u00e3o de um algoritmo de c\u00e1lculo e fun\u00e7\u00e3o de convers\u00e3o dos resultados em valores *MOS_{LQO}*.

X_A(t); X_B(t) – amostra original de \u00e1udio enviada a partir do lado A (B).

Y_A(t); Y_B(t) – amostra degradada de \u00e1udio recebida no lado A (B), resultante da transmiss\u00e3o da amostra original *X_B(t)* (*X_A(t)*).

Os resultados da aplica\u00e7\u00e3o do algoritmo s\u00e3o apresentados numa escala do tipo MOS (*Mean Opinion Score*) de 1 a 5 designada por *MOS_{LQO}* (*Mean Opinion Score – Listening-only Quality Objective*), tal como indicado na Tabela 8. A escala MOS quantifica o esfor\u00e7o necess\u00e1rio para se perceber uma comunica\u00e7\u00e3o. Apresenta como limites os valores 0 (zero), quando n\u00e3o h\u00e1 comunica\u00e7\u00e3o, e 5 (cinco), quando a comunica\u00e7\u00e3o \u00e9 perfeita. O valor “zero” nunca aparece nos resultados porque apenas s\u00e3o consideradas situa\u00e7\u00f5es em que a liga\u00e7\u00e3o foi estabelecida e mantida durante um per\u00edodo pr\u00e9-definido. O “cinco” tamb\u00e9m n\u00e3o ocorre nos resultados porque os *CoDec*³, utilizados pelas redes m\u00f3veis, n\u00e3o possibilitam t\u00e3o 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 8 - Escala *MOS_{LQO}* / *MOS_{VQO}*

| MOS | Qualidade |
|-----|----------------|
| 5 | Excelente |
| 4 | Boa |
| 3 | Aceit\u00e1vel |
| 2 | Pobre |
| 1 | M\u00e1 |

² PESQ – *Perceptual Evaluation of Speech Quality*. Recomendado pelo ITU-International Telecommunications Union (ITU-T Recommendation P.862 (02/2001); ITU-T Recommendation P.862.1 (11/2003)).

³ *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:

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

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

2.2.2.5 QUALIDADE VÍDEO DE CHAMADA DE VIDEOTELEFONIA

Este indicador quantifica a qualidade visual da comunicação, durante uma chamada de videotelefonía. São avaliados, em simultâneo, os dois sentidos da comunicação e apenas são consideradas as chamadas com terminação normal.

O processo de avaliação deste indicador é idêntico ao utilizado para a *Qualidade Áudio de Chamada*, diferindo no facto de ocorrer em **full-duplex**, ou seja, em simultâneo nos dois sentidos da comunicação e enquanto decorrer a chamada de teste. Esta funcionalidade reproduz a situação real da utilização do serviço de videotelefonía.

$$\text{Qualidade Vídeo de Chamada}_{\text{lado A}} [MOS_{VQO}] = f\{W_B(t); Z_A(t)\}$$

$$\text{Qualidade Vídeo de Chamada}_{\text{lado B}} [MOS_{VQO}] = f\{W_A(t); Z_B(t)\}$$

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

MOS_{VQO} – escala de quantificação da qualidade visual percebida (*Mean Opinion Score – Visual Quality Objective*).

f – função correspondente à aplicação de um algoritmo de cálculo e função de conversão dos resultados em valores *MOS_{VQO}*.

W_A(t); W_B(t) – amostra original de vídeo enviada a partir do lado A (B).

Z_A(t); Z_B(t) – amostra degradada de vídeo recebida no lado A (B), resultante da transmissão da amostra original *W_B(t)* (*W_A(t)*).

Actualmente não existe nenhum algoritmo recomendado por organismos de normalização internacionais para avaliação da qualidade vídeo. Contudo, alguns fabricantes de sistemas de medida desenvolveram os seus próprios algoritmos, tendo em conta as linhas orientadoras traçadas pelo ETSI (ETSI TR 102 493 V1.1.1 (2005-08)) e pelo VQEG – *Video Quality Experts Group* (“*Multimedia Group Test Plan*”, Draft Version 1.16, February 7, 2007). É o caso da *SwissQual, AG*, fornecedora do sistema de teste e medida utilizado neste estudo, que utiliza nos seus produtos um algoritmo proprietário designado *VQuad - Objective Model for Video Quality Assessment*.

Na Figura 13 apresenta-se o diagrama funcional do algoritmo VQuad. Este algoritmo baseia-se num modelo do tipo referência total (*full-reference*), ou seja, na comparação perceptual da amostra degradada de vídeo com a sua referência. Uma sequência (amostra) de vídeo de referência é transmitida através da rede móvel em teste. No destino, procede-se à captura da sequência de vídeo e à sua validação objectiva através da comparação perceptual com a sequência de vídeo de referência. O resultado é um índice global de qualidade visual (MOS_{VQO}) e outros parâmetros de qualidade específicos (*block distortion, blurring, jerkiness, level, PSNR, frame jitter, frame loss, lip-sync, etc.*).

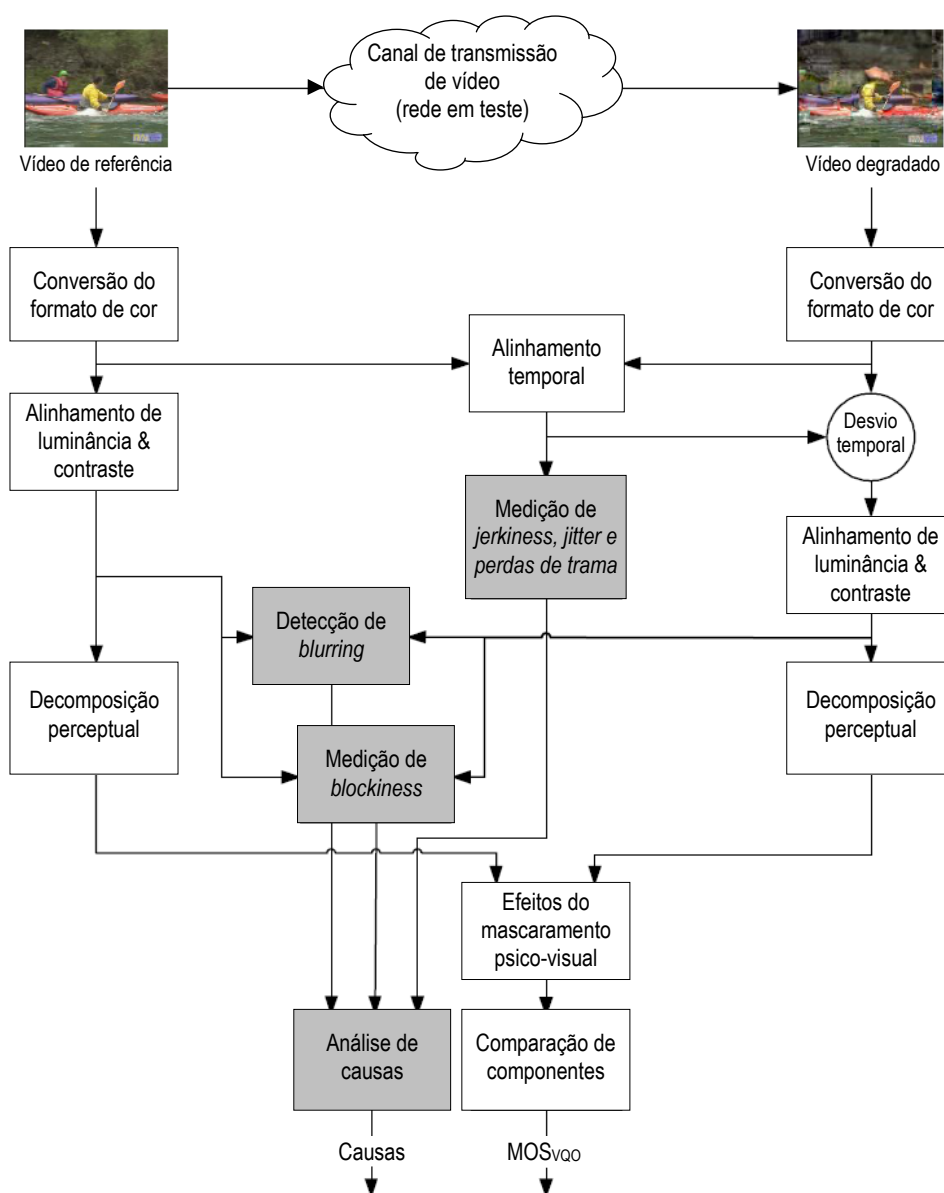


Figura 13 – Diagrama funcional do algoritmo VQuad (SwissQual, AG)

O índice global de qualidade visual, resultante da aplicação do algoritmo VQuad, é apresentado numa escala do tipo MOS (*Mean Opinion Score*) de 1 a 5 designada por MOS_{VQO} (*Mean Opinion Score – Visual Quality Objective*), tal como indicado na Tabela 8.

Nas situações em que em cada sentido da mesma chamada sejam enviadas e recebidas várias amostras de vídeo $\{W_1(t), W_2(t), \dots, W_n(t); Z_1(t), Z_2(t), \dots, Z_n(t)\}$, o indicador *Qualidade Vídeo de Chamada* é obtido através da média aritmética dos valores obtidos pela aplicação da equação anteriormente apresentada a cada par de amostras de vídeo, ou seja:

$$\text{Qualidade Vídeo de Chamada}_{\text{lado A}} [MOS_{VQO}] = \frac{\sum_{i=1}^n f\{W_{i_B}(t); Z_{i_A}(t)\}}{n}$$

$$\text{Qualidade Vídeo de Chamada}_{\text{lado B}} [MOS_{VQO}] = \frac{\sum_{i=1}^n f\{W_{i_A}(t); Z_{i_B}(t)\}}{n}$$

2.3 PERFIS DE MEDIDA⁴

Os perfis de medida definem um conjunto de condições, que devem ser acauteladas, para a correcta 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.

2.3.1 ASPECTOS 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 (sem ganho), e com selecção automática das infra-estruturas GSM e UMTS. Todos os parâmetros recolhidos são georreferenciados, permitindo a sua posterior representação em cartografia digital.

⁴ 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 V1.3.1 (2005-11)), 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 V1.1.1 (2005-10)).

2.3.2 COBERTURA

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

As medidas são efectuadas com um equipamento adequado e dedicado exclusivamente a esta tarefa – um *Scanner de RF* – para que os valores medidos correspondam aos níveis efectivos de sinal. O equipamento de medida dispõe de capacidade para recolher amostras de sinal de todos os canais radioelétricos GSM e WCDMA, utilizados pelos operadores em análise, com uma periodicidade de aproximadamente um segundo. Posteriormente, as amostras recolhidas são analisadas e apenas são consideradas aquelas que apresentarem 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 dos níveis de cobertura das redes móveis nos trajectos objecto de estudo e a identificação de locais com cobertura deficiente ou inexistente.

2.3.3 SERVIÇOS DE TELEFONIA

Estes serviços são avaliados extremo-a-extremo, utilizando-se a “chamada” como unidade base de teste.

As chamadas de teste são estabelecidas entre dois equipamentos terminais, em que pelo menos um é do tipo móvel (*MS – Mobile Station* ou *UE – User Equipment*). Este MS ou UE desloca-se no trajecto/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 elevada estabilidade de desempenho. Pretende-se que o impacto deste extremo nos indicadores de desempenho dos serviços em análise seja mínimo. As soluções passam pela utilização de terminais de rede fixa (RDIS), para avaliação do desempenho do serviço de voz, e de terminais móveis (UE), para avaliação do desempenho do serviço de videotelefonia. Os UE são mantidos estáticos em locais com adequada (boa) cobertura radioelétrica, interferência mínima e com 100% (virtualmente) de probabilidade de acesso ao serviço de

videotelefonia. As chamadas originadas neste extremo, no terminal RDIS ou no UE, 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.

2.3.3.1 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.

Como se pretende estudar a utilização normal do serviço de voz a duração das chamadas de teste apresenta um valor próximo da duração média das chamadas cursadas nas redes. 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 segundos;
- ▶ Janela temporal para realização de uma chamada de teste: 180 segundos;
- ▶ Tempo máximo para estabelecimento de uma chamada: 20 segundos.

2.3.3.2 SERVIÇO DE VIDEOTELEFONIA

São analisadas as capacidades de estabelecimento e terminação de chamadas, bem como a integridade da comunicação – qualidade áudio e vídeo. A qualidade áudio é analisada alternadamente em cada sentido da comunicação, independentemente do lado que iniciou a chamada de teste, enquanto a qualidade vídeo é analisada simultaneamente nos dois sentidos da comunicação.

Os parâmetros de teste para análise do serviço de videotelefonia são semelhantes aos utilizados para o serviço de voz. A diferença ocorre na janela temporal que é maior, dado que os tempos necessários para estabelecimento de chamadas e negociação da comunicação áudio/vídeo entre terminais são mais longos.

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

- ▶ Relação entre MOC/MTC: 1/1;
- ▶ Duração das chamadas de teste: 120 segundos;
- ▶ Janela temporal para realização de uma chamada de teste: 210 segundos;
- ▶ Tempo máximo para estabelecimento de uma chamada: 20 segundos;
- ▶ Tempo máximo para estabelecimento da comunicação áudio e vídeo: 30 segundos.

2.4 SISTEMA DE TESTE/MEDIDA E PÓS-PROCESSAMENTO

Nas medidas no terreno e no seu pós-processamento foi utilizado o sistema *Diversity/NetQual*. Trata-se de um conjunto de ferramentas desenhadas especificamente para análise e *benchmarking* de sistemas de comunicações móveis.

O sistema é composto pelos seguintes módulos:

- a. **Diversity** – Unidade Móvel, com *scanner de RF* e equipamentos terminais móveis comerciais (no estudo realizado foram utilizados terminais NOKIA N95);
- b. **Land Unit** – Unidade Fixa, com cartas de interface RDIS, utilizada para testes de voz;
- c. **Video Call Server** – Unidade Estática, com equipamentos terminais móveis comerciais (NOKIA 6680), utilizado para testes de videotelefonia;
- d. **Media Server** – Unidade Fixa, servidor para testes de dados e de *videostreaming*;
- e. **NQDI** – Sistema de pós-processamento, análise e reporte das medidas realizadas.

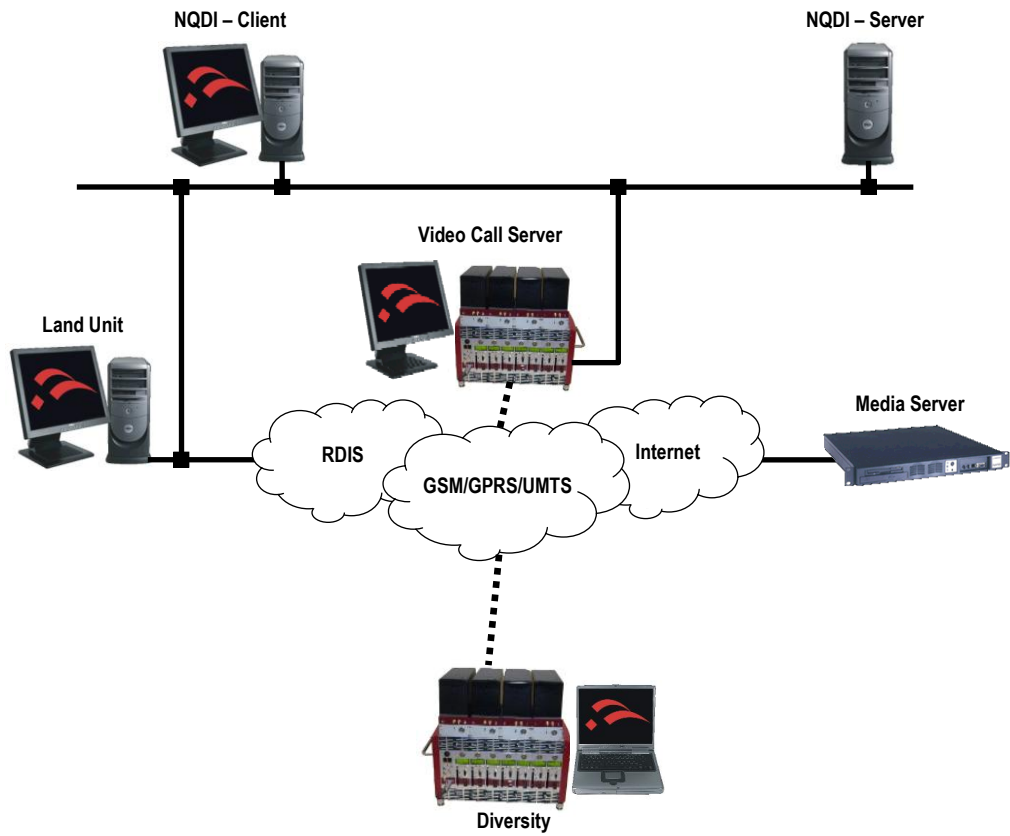


Figura 14 – Arquitectura do sistema *Diversity/NetQual*

3 AMOSTRA DO ESTUDO

Para uma adequada avaliação da qualidade dos serviços de Voz, Videotelefonia e Cobertura das Redes GSM e WCDMA, 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, seria desejável que fossem efectuadas medições em todos os locais em que este tipo de telecomunicações são ou poderiam ser disponibilizadas, no limite deveríamos considerar toda a área geográfica de Portugal, não esquecendo o interior dos edifícios. Como se depreende, a realização de testes em todos estes locais torna-se impraticável.

Todavia o objectivo 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 nos eixos rodoviários.

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

Assim, foram efectuados 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 seleccionadas, representa 41,7% da população portuguesa, de acordo com os resultados dos últimos Censos (2001).

Tabela 9 – Localidades e respectiva população

| Unidade Territorial | População Residente | População Presente |
|----------------------|---------------------|--------------------|
| Aveiro | 73.136 | 76.415 |
| Beja | 35.659 | 37.001 |
| Braga | 163.981 | 165.048 |
| Bragança | 34.689 | 37.170 |
| Castelo Branco | 55.909 | 56.280 |
| Coimbra | 148.122 | 159.039 |
| Évora | 56.359 | 58.564 |
| Faro | 57.151 | 59.527 |
| Guarda | 43.759 | 44.593 |
| Leiria | 119.319 | 119.065 |
| Portalegre | 25.814 | 26.511 |
| Santarém | 63.418 | 63.106 |
| Setúbal | 113.480 | 112.227 |
| Viana do Castelo | 88.409 | 86.355 |
| Vila Real | 49.928 | 52.129 |
| Viseu | 93.259 | 93.041 |
| Total | 1.222.392 | 1.246.071 |
| Grande Porto | | |
| Porto | 262.928 | 266.790 |
| Gondomar | 163.462 | 159.547 |
| Maia | 119.718 | 117.539 |
| Matosinhos | 166.275 | 162.671 |
| Vila Nova de Gaia | 287.597 | 280.466 |
| Total | 999.980 | 987.013 |
| Grande Lisboa | | |
| Lisboa | 556.797 | 559.248 |
| Amadora | 174.788 | 169.507 |
| Cascais | 168.827 | 166.539 |
| Loures | 198.685 | 193.320 |
| Oeiras | 160.147 | 157.152 |
| Sintra | 363.556 | 351.976 |
| Almada | 159.550 | 156.746 |
| Seixal | 150.095 | 146.843 |
| Odivelas | 132.971 | 130.569 |
| Total | 2.065.416 | 2.031.900 |
| Total Global | 4.287.788 | 4.264.984 |

Fonte: INE - Instituto Nacional de Estatística

Tabela 10 – Eixos Rodoviários

| Eixos Rodoviários | Distância Aproximada [Km] |
|--|---------------------------|
| Aveiro-Viseu-Vilar Formoso (A25) | 200 |
| Chaves-Vila Real-Figueira da Foz (A24 / IP3 / A14) | 285 |
| Lagos-Vila Real de S ^o . António-Faro-Lagos (A22 / EN125) | 275 |
| Lisboa-Algarve (A2) | 245 |
| Lisboa-Cascais-Sintra-Lisboa (A5 / A16 / IC19) | 60 |
| Lisboa-Évora-Elvas (A12 / A2 / A6) | 220 |
| Lisboa-Leiria-Aveiro (A8 / A17) | 245 |
| 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) | 260 |
| Porto-Braga-Valença-Viana do Castelo-Porto (A3 / A28) | 230 |
| Póvoa de Varzim-Vila Pouca de Aguiar (A7) | 110 |
| Total | 2.890 |

3.2 DIMENSÃO DA AMOSTRA

Tabela 11 – Amostra, para os três operadores estudados

| | Horas em Medidas | Quilómetros em Medidas | Chamadas de Voz | Chamadas de Videotelefonia | Medidas de Cobertura | | |
|----------------------------------|--|------------------------|-----------------|----------------------------|----------------------|------------------|----------------|
| | | | | | GSM | WCDMA | |
| Aglomerados Urbanos | Aveiro | 6 h 31 | 158 | 374 | 311 | 66.934 | 67.238 |
| | Beja | 6 h 10 | 115 | 372 | 304 | 65.550 | 65.684 |
| | Braga | 6 h 24 | 176 | 374 | 309 | 66.674 | 66.883 |
| | Bragança | 6 h 20 | 167 | 371 | 313 | 66.084 | 66.296 |
| | Castelo Branco | 6 h 12 | 181 | 365 | 306 | 65.550 | 65.446 |
| | Coimbra | 6 h 09 | 161 | 359 | 290 | 64.279 | 64.366 |
| | Évora | 6 h 04 | 131 | 360 | 302 | 63.825 | 63.881 |
| | Faro | 6 h 17 | 135 | 372 | 311 | 65.857 | 66.167 |
| | Guarda | 6 h 13 | 141 | 369 | 300 | 65.309 | 65.503 |
| | Leiria | 6 h 15 | 159 | 364 | 311 | 65.077 | 65.293 |
| | Portalegre | 6 h 11 | 153 | 363 | 301 | 64.872 | 65.036 |
| | Santarém | 6 h 05 | 169 | 358 | 292 | 63.537 | 63.738 |
| | Setúbal | 6 h 02 | 125 | 359 | 286 | 63.547 | 63.587 |
| | Viana do Castelo | 6 h 19 | 147 | 372 | 305 | 66.097 | 66.362 |
| | Vila Real | 6 h 14 | 161 | 359 | 301 | 64.243 | 64.612 |
| | Viseu | 6 h 19 | 168 | 372 | 305 | 65.916 | 66.330 |
| | Grande Porto | 18 h 31 | 507 | 1.094 | 901 | 193.922 | 195.408 |
| Grande Lisboa | 36 h 11 | 918 | 2.121 | 1.756 | 377.389 | 379.419 | |
| Total Aglomerados Urbanos | 154 h 27 | 3.872 | 9.078 | 7.504 | 1.614.662 | 1.621.249 | |
| Eixos Rodoviários | Aveiro-Viseu-Vilar Formoso (A25) | 4 h 31 | 403 | 264 | 218 | 46.906 | 47.332 |
| | Chaves-Vila Real-Figueira da Foz (A24 / IP3 / A14) | 6 h 26 | 568 | 375 | 306 | 66.741 | 67.319 |
| | Lagos-Vila Real de Sto. António-Faro-Lagos (A22 / EN125) | 8 h 03 | 561 | 470 | 403 | 83.031 | 83.983 |
| | Lisboa-Algarve (A2) | 4 h 24 | 486 | 255 | 216 | 45.565 | 45.977 |
| | Lisboa-Cascais-Sintra-Lisboa (A5 / A16 / IC19) | 6 h 04 | 390 | 359 | 303 | 63.030 | 63.369 |
| | Lisboa-Évora-Elvas (A12 / A2 / A6) | 4 h 18 | 440 | 251 | 205 | 44.494 | 44.902 |
| | Lisboa-Leiria-Aveiro (A8 / A17) | 4 h 38 | 487 | 270 | 222 | 48.284 | 48.713 |
| | Lisboa-Porto (A1) | 5 h 56 | 617 | 347 | 282 | 61.654 | 62.221 |
| | Maia-Guimarães-Braga-Esposende (A41 / A42 / A11) | 2 h 13 | 234 | 120 | 103 | 22.183 | 22.517 |
| | Oeiras-Castelo Branco-Guarda (A9 / A10 / A1 / A23) | 6 h 45 | 656 | 394 | 321 | 69.921 | 70.540 |
| | Porto-Bragança (A4 / IP4) | 7 h 25 | 534 | 436 | 360 | 76.653 | 77.604 |
| | Porto-Braga-Valença-Viana do Castelo-Porto (A3 / A28) | 4 h 37 | 477 | 272 | 221 | 48.182 | 49.018 |
| | Póvoa de Varzim-Vila Pouca de Aguiar (A7) | 2 h 23 | 222 | 136 | 111 | 24.469 | 24.886 |
| | Total Eixos Rodoviários | 67 h 43 | 6.075 | 3.949 | 3.271 | 701.113 | 708.381 |
| Total Global | 222 h 10 | 9.947 | 13.027 | 10.775 | 2.315.775 | 2.329.630 | |

3.3 CONDIÇÕES DE RECOLHA DE DADOS

As campanhas no terreno decorreram em dias úteis do período de 30 de Setembro a 26 de Novembro.

Nas regiões da Grande Lisboa e do Grande Porto foram efectuadas sessões de medidas entre as 8h00 e as 12h00 e entre as 16h00 e as 20h00. Nos restantes aglomerados urbanos as sessões de medida foram efectuadas durante os períodos normais de trabalho.

Em cada eixo rodoviário foram efectuados dois percursos em medidas, com excepção do eixo rodoviário A5/A16/IC19 em que foram feitos vários percursos ao longo de um dia (6h04).

4 RESULTADOS AGREGADOS

4.1 AGLOMERADOS URBANOS

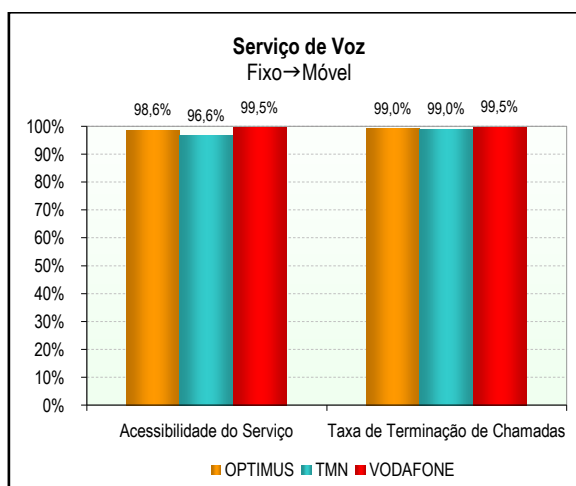
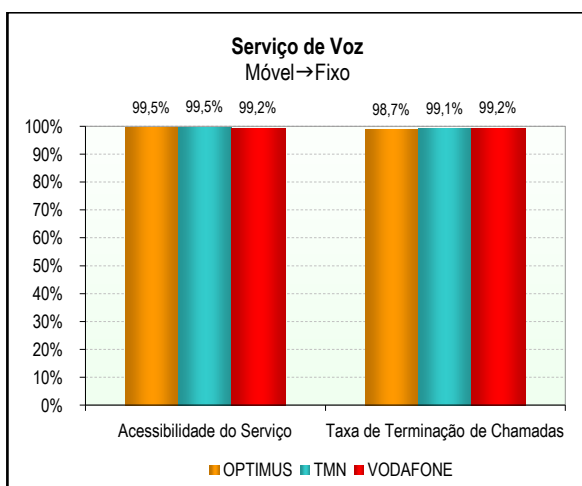
4.1.1 SERVIÇO DE VOZ

| | | OPTIMUS | | TMN | | VODAFONE | |
|------------------------------|--------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel |
| Chamadas Realizadas | Número de Chamadas | 1.532 | 1.493 | 1.530 | 1.493 | 1.535 | 1.495 |
| | Falhadas no Estabelecimento | 8 | 21 | 7 | 51 | 12 | 8 |
| | Falhadas Durante a Chamada | 20 | 14 | 14 | 15 | 12 | 7 |
| | Com Terminação Normal | 1.504 | 1.458 | 1.509 | 1.427 | 1.511 | 1.480 |
| | Acessibilidade do Serviço | 99,5% | 98,6% | 99,5% | 96,6% | 99,2% | 99,5% |
| | Taxa de Terminação de Chamadas | 98,7% | 99,0% | 99,1% | 99,0% | 99,2% | 99,5% |
| Estabelecimento das Chamadas | Número de Amostras (Chamadas) | 1.524 | 1.472 | 1.523 | 1.442 | 1.523 | 1.487 |
| | Tempo Médio [s] | 3,5 | 4,7 | 4,7 | 5,2 | 3,5 | 4,7 |
| | Tempo Máximo [s] | 10,8 | 16,6 | 15,2 | 14,5 | 13,0 | 13,7 |
| | Tempo Mínimo [s] | 2,6 | 3,0 | 3,6 | 3,6 | 2,8 | 3,4 |
| | Desvio Padrão [s] | 0,8 | 1,9 | 0,9 | 1,3 | 0,7 | 1,2 |
| Qualidade Áudio | Número de Amostras (Chamadas) | 2.962 | 2.962 | 2.936 | 2.935 | 2.991 | 2.989 |
| | Média [MOS] | 3,93 | 3,97 | 3,83 | 3,77 | 3,98 | 3,89 |
| | Máxima [MOS] | 4,12 | 4,19 | 4,10 | 4,17 | 4,13 | 4,19 |
| | Mínima [MOS] | 3,10 | 2,32 | 1,50 | 1,65 | 2,96 | 2,22 |
| | Desvio Padrão [MOS] | 0,14 | 0,19 | 0,15 | 0,23 | 0,15 | 0,21 |

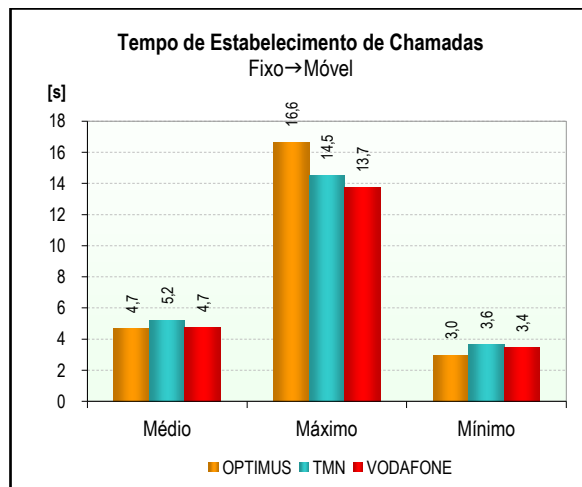
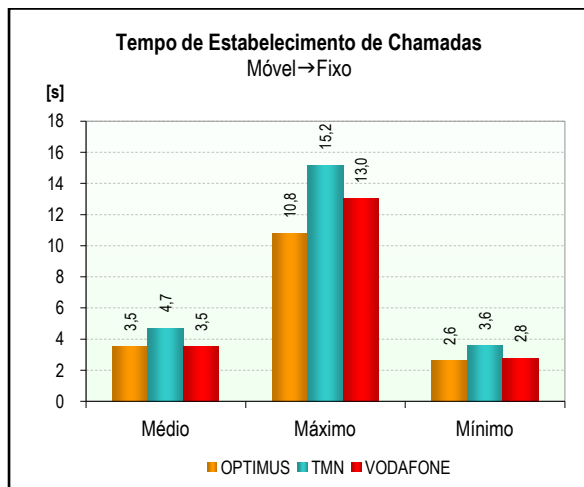
| | | OPTIMUS | | TMN | | VODAFONE | |
|------------------|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel |
| Erro de Precisão | Acessibilidade do Serviço | 0,5% | 0,7% | 0,5% | 1,1% | 0,6% | 0,5% |
| | Taxa de Terminação de Chamadas | 0,7% | 0,6% | 0,6% | 0,7% | 0,6% | 0,5% |
| | Tempo de Estabelecimento de Chamadas [s] | 0,038 | 0,095 | 0,044 | 0,068 | 0,035 | 0,063 |
| | Qualidade Áudio [MOS] | 0,005 | 0,007 | 0,006 | 0,008 | 0,005 | 0,008 |

Nível de Confiança = 95 %

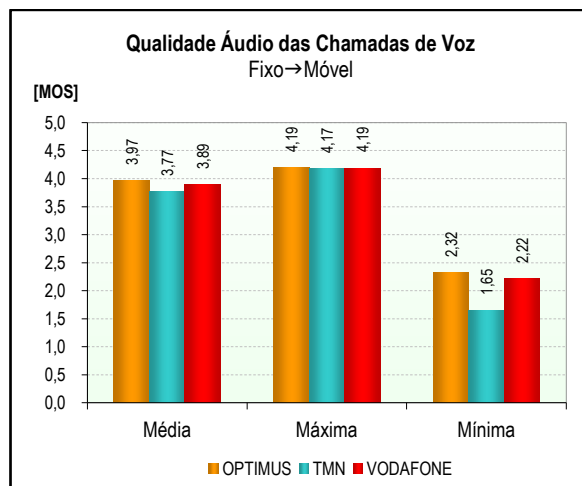
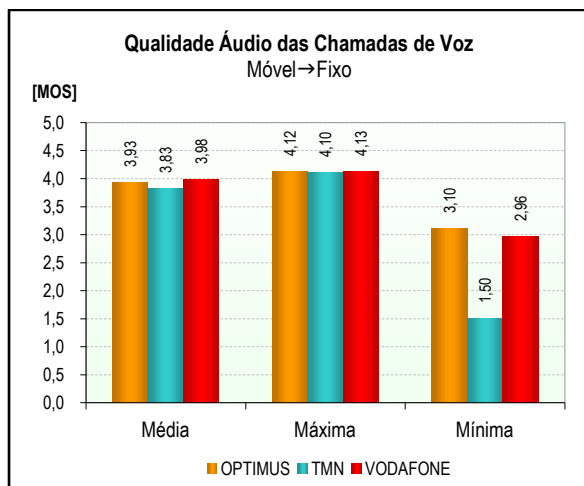
4.1.1.1 INDICADORES ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO E TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS



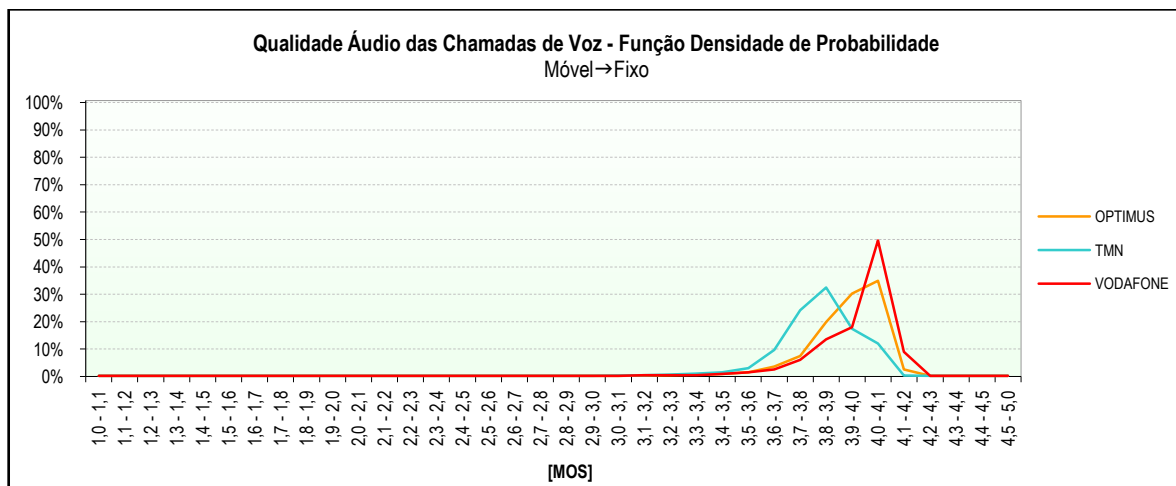
4.1.1.2 INDICADOR *TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS*

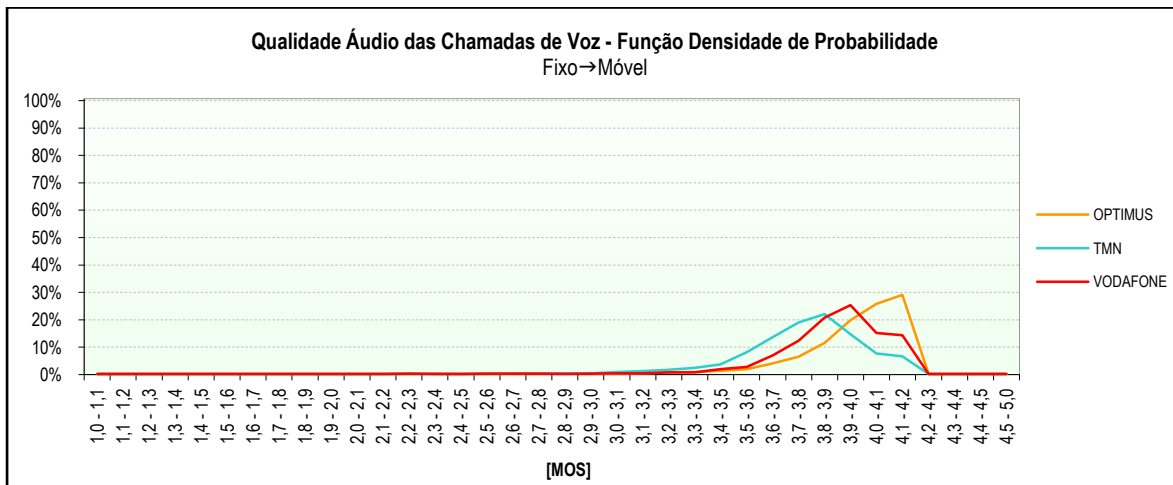


4.1.1.3 INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VOZ*



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





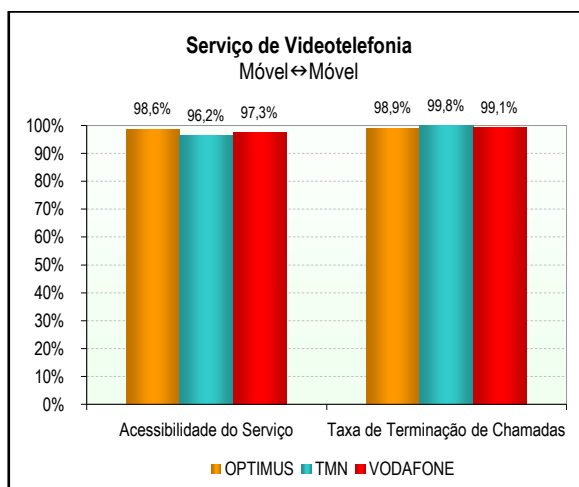
4.1.2 SERVIÇO DE VIDEOTELEFONIA

| | | OPTIMUS | TMN | VODAFONE |
|------------------------------|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | | Móvel↔Móvel | Móvel↔Móvel | Móvel↔Móvel |
| Chamadas Realizadas | Número de Chamadas | 2.511 | 2.486 | 2.507 |
| | Falhadas no Estabelecimento | 36 | 94 | 67 |
| | Falhadas Durante a Chamada | 28 | 4 | 23 |
| | Com Terminação Normal | 2.447 | 2.388 | 2.417 |
| | Acessibilidade do Serviço | 98,6% | 96,2% | 97,3% |
| | Taxa de Terminação de Chamadas | 98,9% | 99,8% | 99,1% |
| Estabelecimento das Chamadas | Número de Amostras (Chamadas) | 2.475 | 2.392 | 2.440 |
| | Tempo Médio [s] | 5,0 | 6,3 | 5,5 |
| | Tempo Máximo [s] | 15,2 | 22,3 | 20,7 |
| | Tempo Mínimo [s] | 3,7 | 4,6 | 4,2 |
| | Desvio Padrão [s] | 1,1 | 1,2 | 1,1 |
| Qualidade Áudio | Número de Amostras (Chamadas) | 4.894 | 4.772 | 4.834 |
| | Média [MOS] | 3,93 | 3,95 | 3,94 |
| | Máxima [MOS] | 4,05 | 4,05 | 4,05 |
| | Mínima [MOS] | 1,00 | 1,00 | 1,11 |
| | Desvio Padrão [MOS] | 0,21 | 0,21 | 0,17 |
| Qualidade Vídeo | Número de Amostras (Chamadas) | 4.894 | 4.768 | 4.834 |
| | Média [MOS] | 2,36 | 2,38 | 2,34 |
| | Máxima [MOS] | 2,66 | 2,65 | 2,67 |
| | Mínima [MOS] | 1,03 | 1,00 | 1,20 |
| | Desvio Padrão [MOS] | 0,25 | 0,28 | 0,26 |

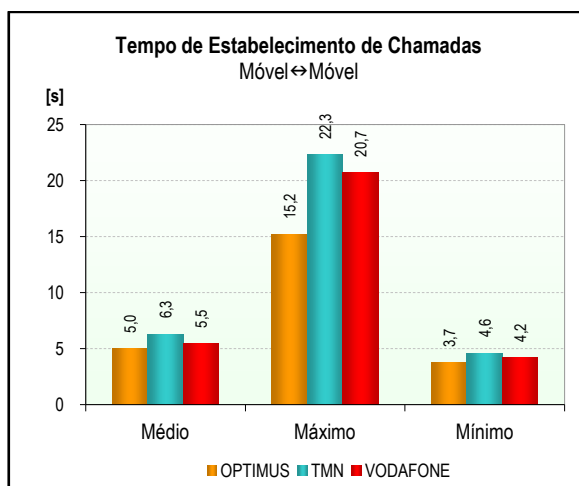
| | | OPTIMUS | TMN | VODAFONE |
|------------------|--|-------------|-------------|-------------|
| | | Móvel↔Móvel | Móvel↔Móvel | Móvel↔Móvel |
| Erro de Precisão | Acessibilidade do Serviço | 0,5% | 0,8% | 0,7% |
| | Taxa de Terminação de Chamadas | 0,5% | 0,3% | 0,5% |
| | Tempo de Estabelecimento de Chamadas [s] | 0,041 | 0,047 | 0,043 |
| | Qualidade Áudio [MOS] | 0,006 | 0,006 | 0,005 |
| | Qualidade Vídeo [MOS] | 0,007 | 0,008 | 0,007 |

Nível de Confiança = 95 %

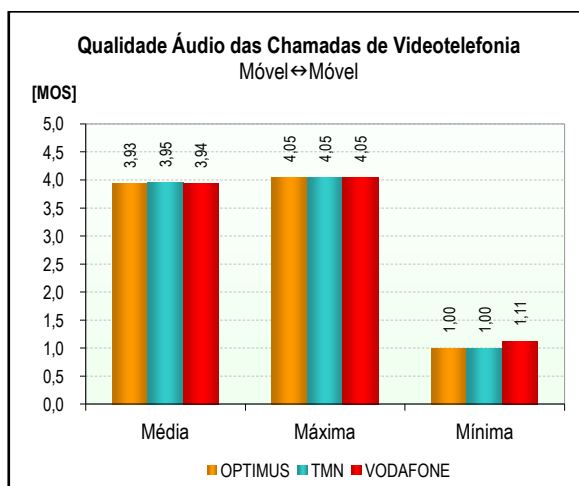
4.1.2.1 INDICADORES ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO E TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS



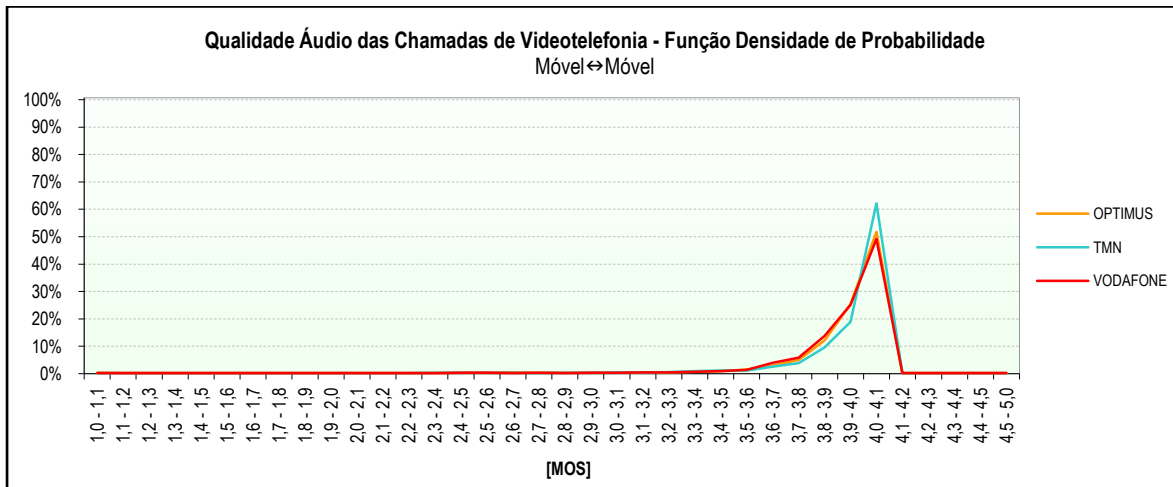
4.1.2.2 INDICADOR TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS



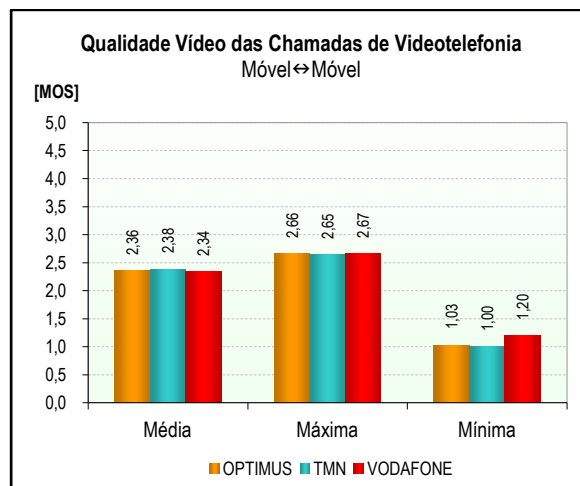
4.1.2.3 INDICADOR QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA



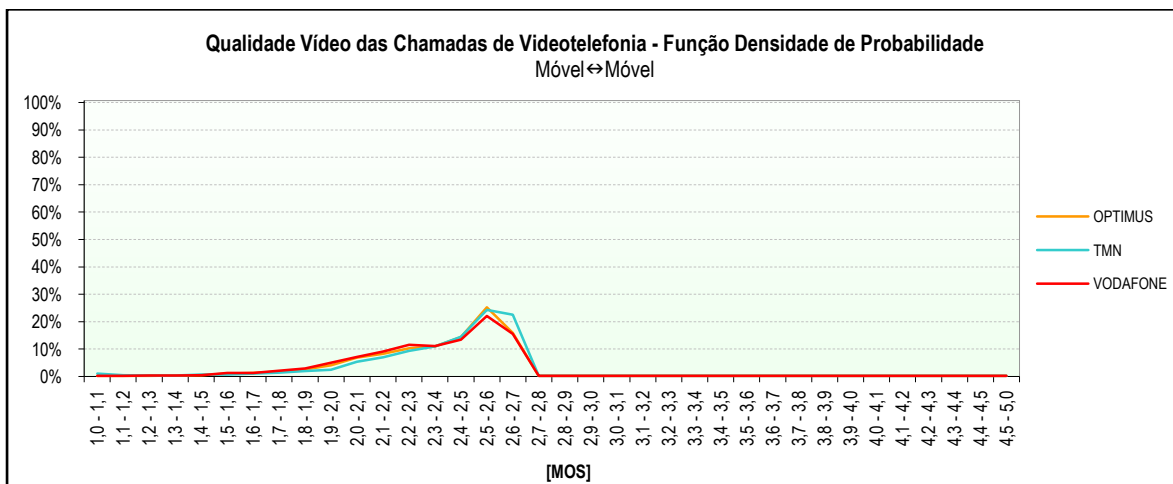
4.1.2.4 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA



4.1.2.5 INDICADOR QUALIDADE VÍDEO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA



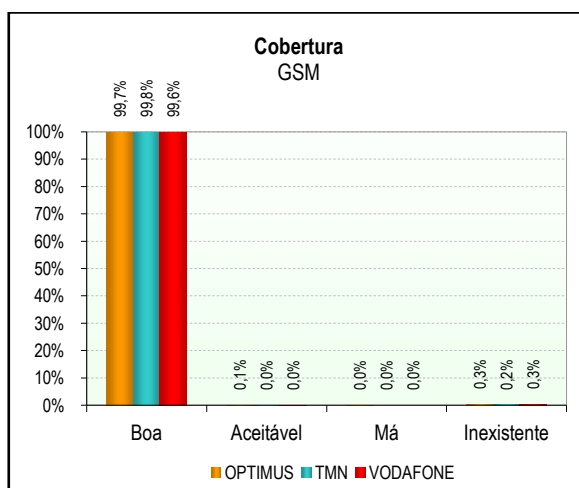
4.1.2.6 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR QUALIDADE VÍDEO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA



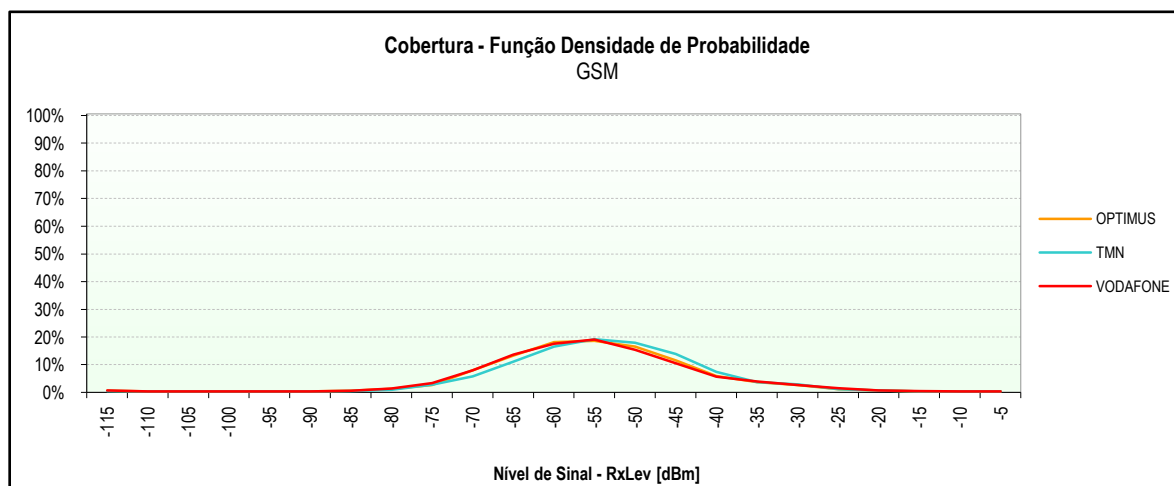
4.1.3 COBERTURA DAS REDES

| | GSM | | | WCDMA | | |
|-------------------------------|---------|---------|----------|---------|---------|----------|
| | OPTIMUS | TMN | VODAFONE | OPTIMUS | TMN | VODAFONE |
| Cobertura | | | | | | |
| Número de Amostras (Medições) | 537.256 | 539.249 | 538.157 | 540.565 | 540.279 | 540.405 |
| Nível Médio de Sinal [dBm] | -53 | -51 | -53 | -74 | -73 | -73 |
| Nível Máximo de Sinal [dBm] | -14 | -14 | -11 | -37 | -25 | -31 |
| Nível Mínimo de Sinal [dBm] | -118 | -115 | -115 | -125 | -134 | -129 |
| Desvio Padrão [dBm] | 11 | 11 | 12 | 10 | 11 | 12 |
| Boa | 99,7% | 99,8% | 99,6% | 98,2% | 97,5% | 97,1% |
| Aceitável | 0,1% | 0,0% | 0,0% | 1,6% | 2,1% | 2,5% |
| Má | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,2% | 0,3% | 0,4% |
| Inexistente | 0,3% | 0,2% | 0,3% | 0,0% | 0,0% | 0,1% |

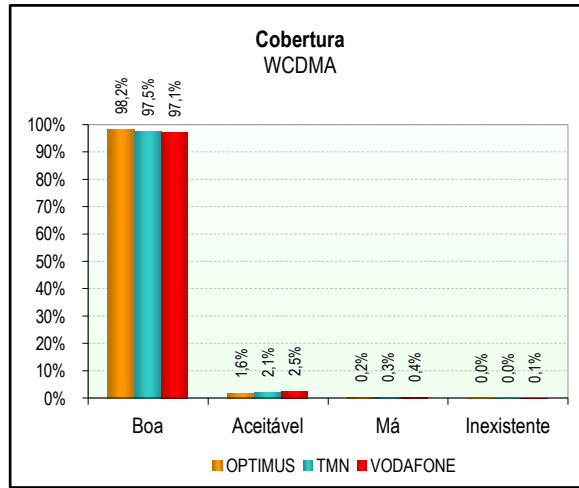
4.1.3.1 GSM



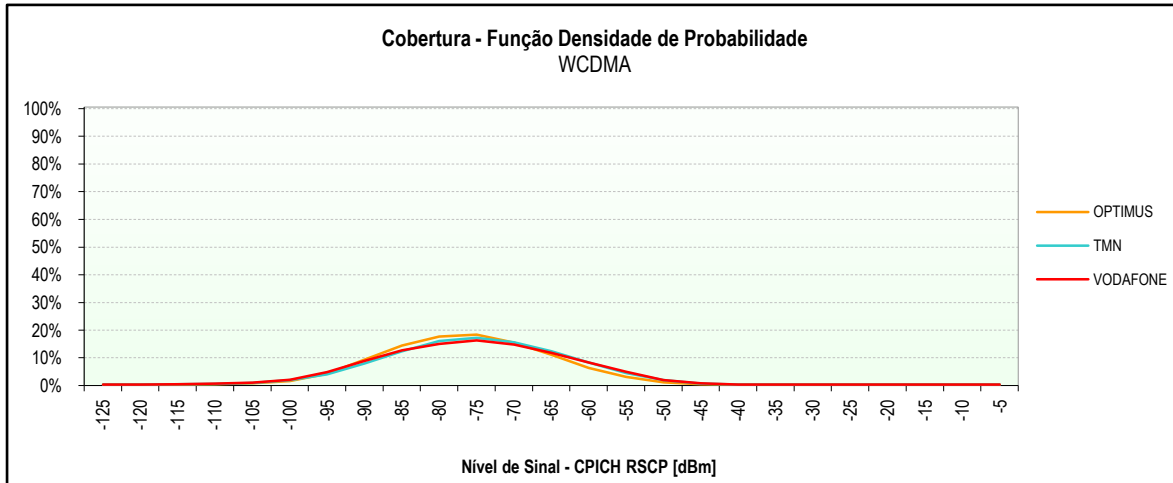
4.1.3.2 GSM - FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE



4.1.3.3 WCDMA



4.1.3.4 WCDMA - FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE



4.2 EIXOS RODVIÁRIOS

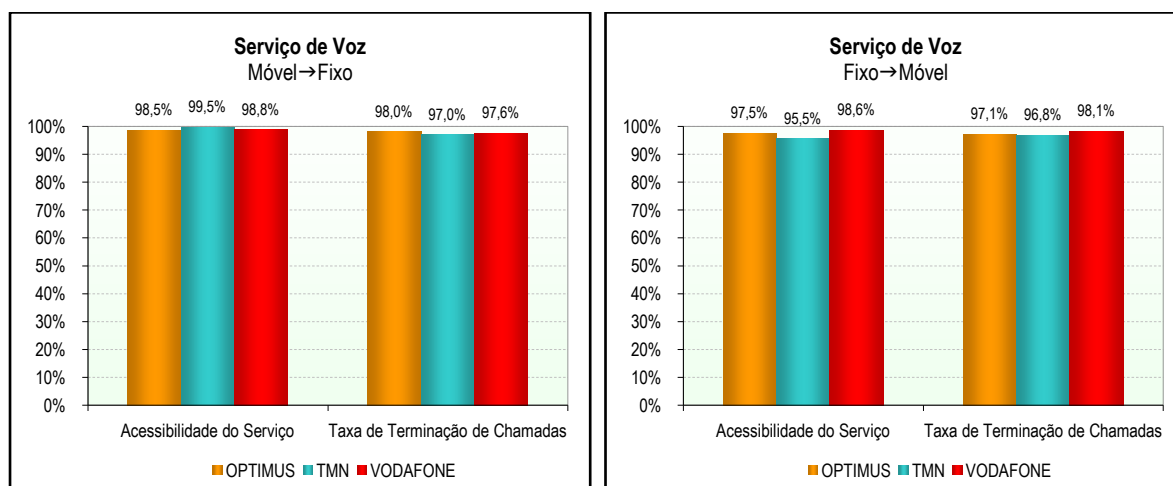
4.2.1 SERVIÇO DE VOZ

| | | OPTIMUS | | TMN | | VODAFONE | |
|------------------------------|--------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel |
| Chamadas Realizadas | Número de Chamadas | 667 | 647 | 665 | 648 | 672 | 650 |
| | Falhadas no Estabelecimento | 10 | 16 | 3 | 29 | 8 | 9 |
| | Falhadas Durante a Chamada | 13 | 18 | 20 | 20 | 16 | 12 |
| | Com Terminação Normal | 644 | 613 | 642 | 599 | 648 | 629 |
| | Acessibilidade do Serviço | 98,5% | 97,5% | 99,5% | 95,5% | 98,8% | 98,6% |
| | Taxa de Terminação de Chamadas | 98,0% | 97,1% | 97,0% | 96,8% | 97,6% | 98,1% |
| Estabelecimento das Chamadas | Número de Amostras (Chamadas) | 657 | 631 | 662 | 619 | 664 | 641 |
| | Tempo Médio [s] | 3,7 | 4,7 | 4,9 | 5,3 | 3,7 | 5,1 |
| | Tempo Máximo [s] | 10,1 | 14,4 | 14,1 | 12,4 | 28,7 | 12,0 |
| | Tempo Mínimo [s] | 2,8 | 2,9 | 3,6 | 3,6 | 2,8 | 3,4 |
| | Desvio Padrão [s] | 0,9 | 1,7 | 1,0 | 1,4 | 1,3 | 1,5 |
| Qualidade Áudio | Número de Amostras (Chamadas) | 1.257 | 1.257 | 1.241 | 1.239 | 1.277 | 1.277 |
| | Média [MOS] | 3,89 | 3,96 | 3,79 | 3,84 | 3,90 | 3,89 |
| | Máxima [MOS] | 4,12 | 4,19 | 4,10 | 4,18 | 4,12 | 4,18 |
| | Mínima [MOS] | 2,07 | 1,75 | 2,54 | 2,83 | 2,96 | 2,89 |
| | Desvio Padrão [MOS] | 0,19 | 0,23 | 0,18 | 0,22 | 0,17 | 0,19 |

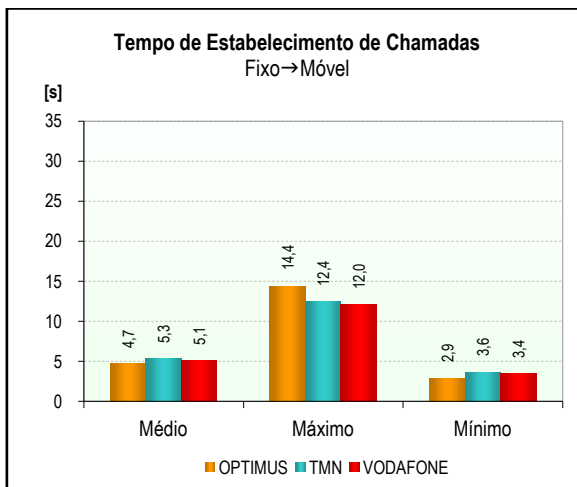
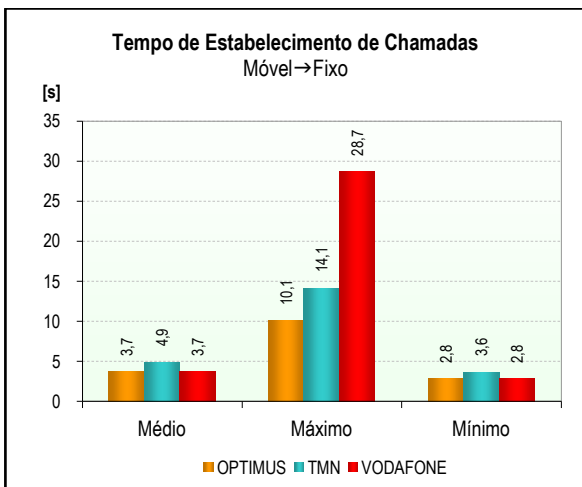
| | | OPTIMUS | | TMN | | VODAFONE | |
|------------------|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel |
| Erro de Precisão | Acessibilidade do Serviço | 1,2% | 1,5% | 0,9% | 1,9% | 1,1% | 1,2% |
| | Taxa de Terminação de Chamadas | 1,4% | 1,6% | 1,6% | 1,7% | 1,5% | 1,4% |
| | Tempo de Estabelecimento de Chamadas [s] | 0,070 | 0,134 | 0,076 | 0,107 | 0,099 | 0,114 |
| | Qualidade Áudio [MOS] | 0,010 | 0,013 | 0,010 | 0,012 | 0,009 | 0,011 |

Nível de Confiança = 95 %

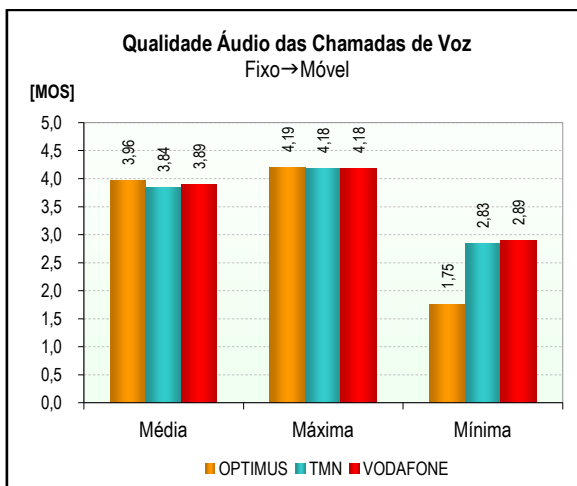
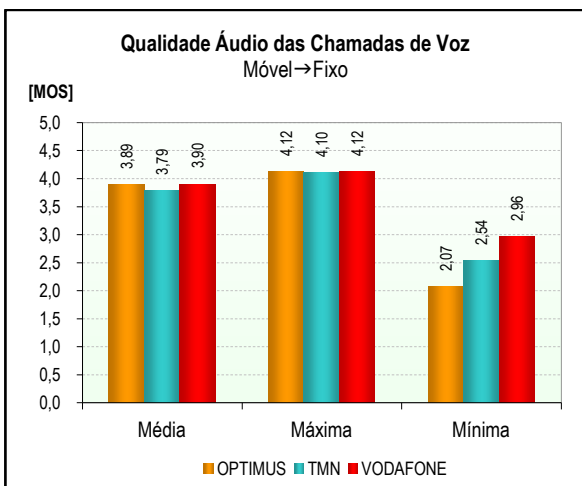
4.2.1.1 INDICADORES ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO E TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS



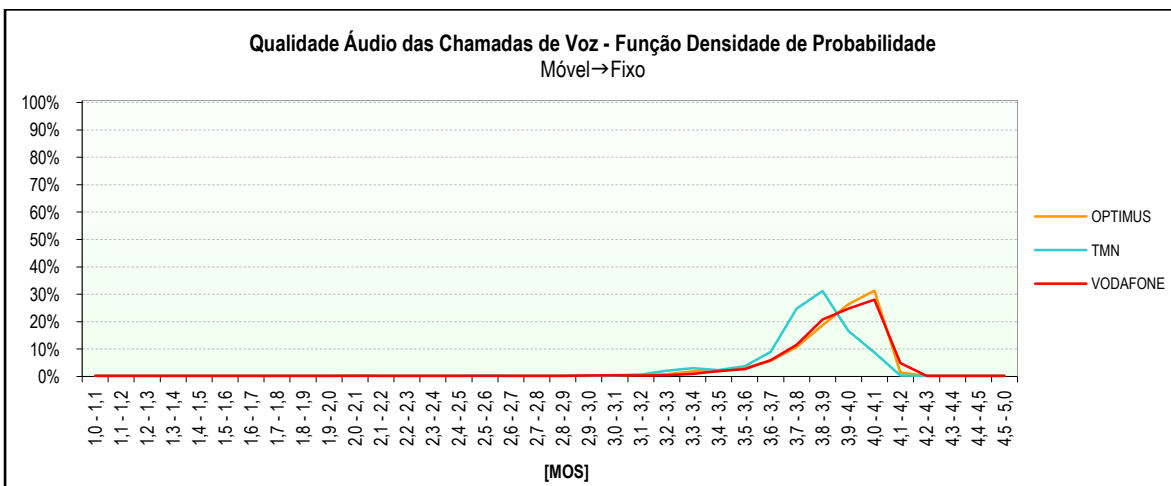
4.2.1.2 INDICADOR *TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS*

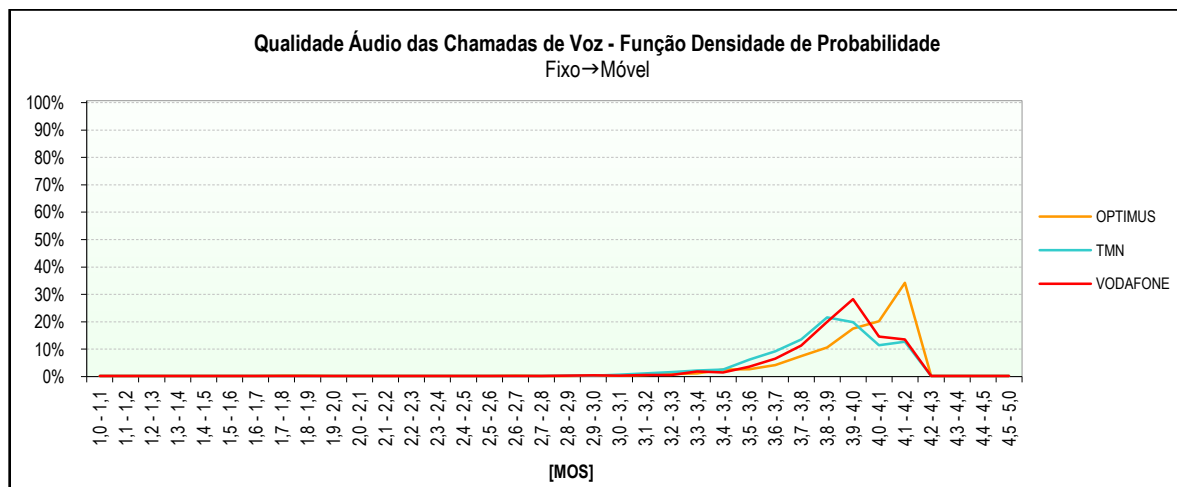


4.2.1.3 INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VOZ*



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





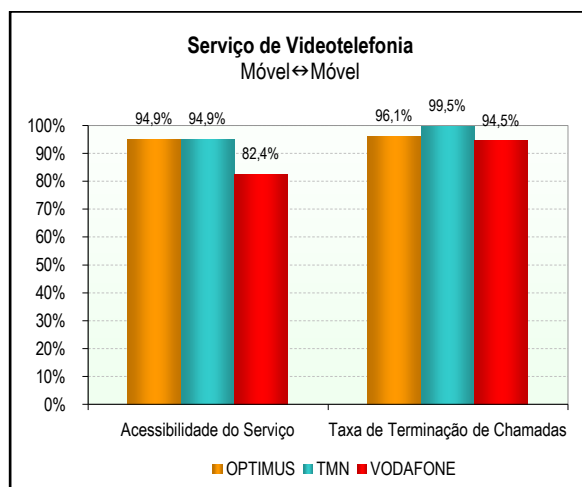
4.2.2 SERVIÇO DE VIDEOTELEFONIA

| | | OPTIMUS | TMN | VODAFONE |
|-------------------------------------|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | | Móvel↔Móvel | Móvel↔Móvel | Móvel↔Móvel |
| Chamadas Realizadas | Número de Chamadas | 1.094 | 1.083 | 1.094 |
| | Falhadas no Estabelecimento | 56 | 55 | 193 |
| | Falhadas Durante a Chamada | 41 | 5 | 50 |
| | Com Terminação Normal | 997 | 1.023 | 851 |
| | Acessibilidade do Serviço | 94,9% | 94,9% | 82,4% |
| | Taxa de Terminação de Chamadas | 96,1% | 99,5% | 94,5% |
| Estabelecimento das Chamadas | Número de Amostras (Chamadas) | 1.038 | 1.028 | 901 |
| | Tempo Médio [s] | 5,3 | 6,4 | 5,6 |
| | Tempo Máximo [s] | 14,7 | 16,1 | 14,6 |
| | Tempo Mínimo [s] | 3,8 | 4,7 | 4,3 |
| | Desvio Padrão [s] | 1,4 | 1,2 | 1,1 |
| Qualidade Áudio | Número de Amostras (Chamadas) | 1.994 | 2.046 | 1.702 |
| | Média [MOS] | 3,92 | 3,92 | 3,92 |
| | Máxima [MOS] | 4,05 | 4,05 | 4,05 |
| | Mínima [MOS] | 1,00 | 1,00 | 1,12 |
| | Desvio Padrão [MOS] | 0,28 | 0,29 | 0,22 |
| Qualidade Vídeo | Número de Amostras (Chamadas) | 1.994 | 2.045 | 1.702 |
| | Média [MOS] | 2,37 | 2,35 | 2,34 |
| | Máxima [MOS] | 2,65 | 2,73 | 2,67 |
| | Mínima [MOS] | 1,23 | 1,00 | 1,00 |
| | Desvio Padrão [MOS] | 0,24 | 0,35 | 0,26 |

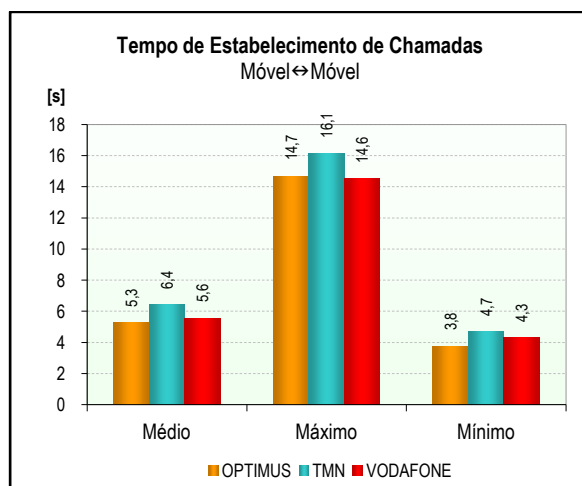
| | | OPTIMUS | TMN | VODAFONE |
|-------------------------|--|-------------|-------------|-------------|
| | | Móvel↔Móvel | Móvel↔Móvel | Móvel↔Móvel |
| Erro de Precisão | Acessibilidade do Serviço | 1,5% | 1,5% | 2,4% |
| | Taxa de Terminação de Chamadas | 1,4% | 0,6% | 1,7% |
| | Tempo de Estabelecimento de Chamadas [s] | 0,087 | 0,070 | 0,070 |
| | Qualidade Áudio [MOS] | 0,012 | 0,012 | 0,011 |
| | Qualidade Vídeo [MOS] | 0,010 | 0,015 | 0,012 |

Nível de Confiança = 95 %

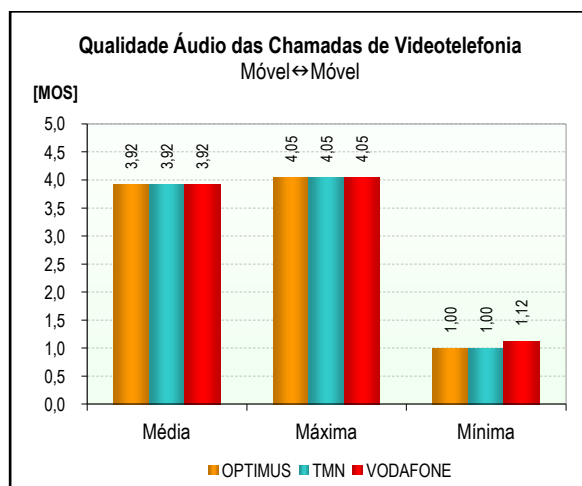
4.2.2.1 INDICADORES ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO E TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS



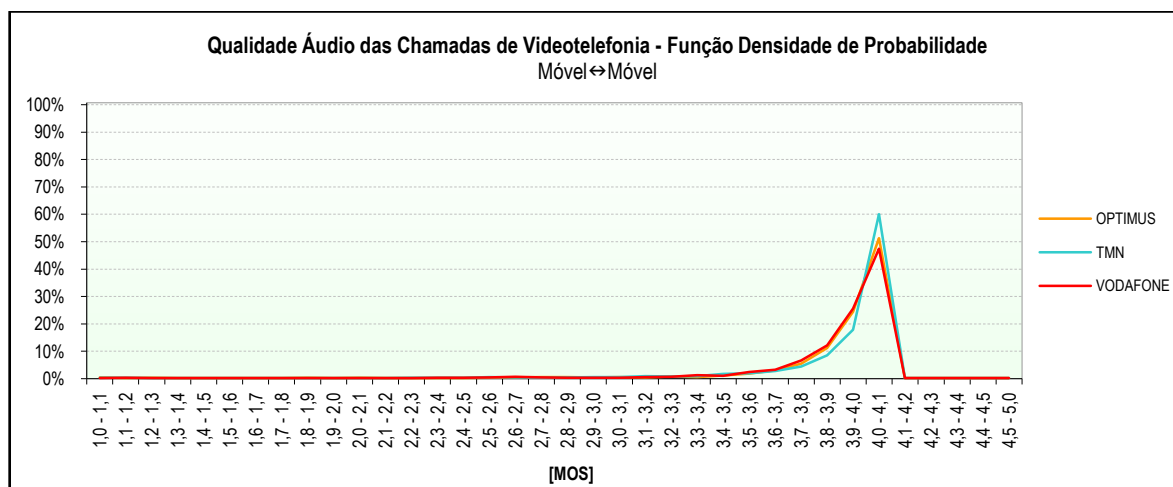
4.2.2.2 INDICADOR TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS



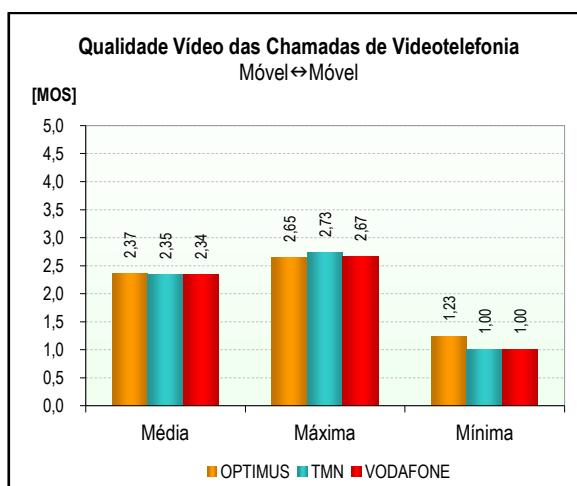
4.2.2.3 INDICADOR QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA



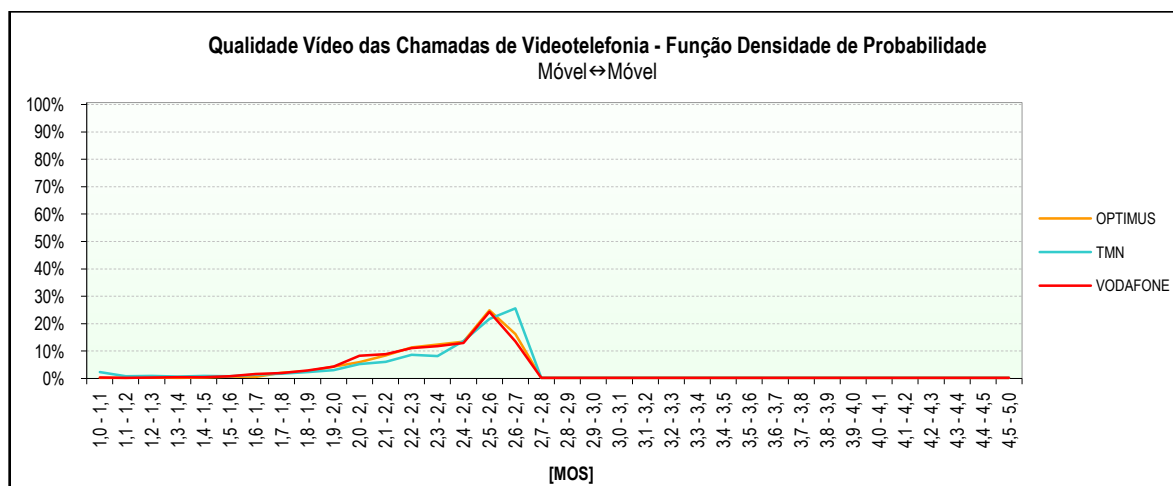
4.2.2.4 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA



4.2.2.5 INDICADOR QUALIDADE VÍDEO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA



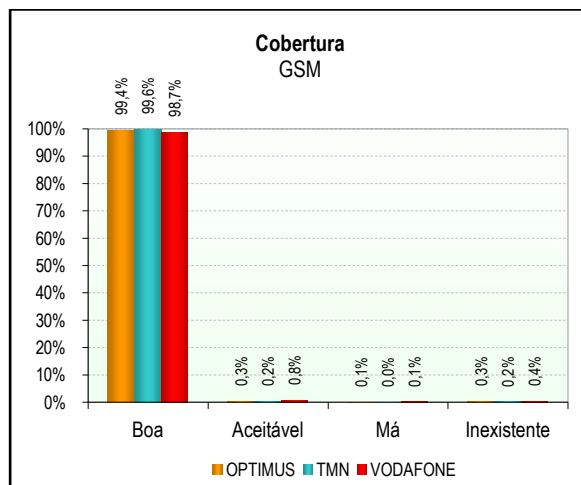
4.2.2.6 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR QUALIDADE VÍDEO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA



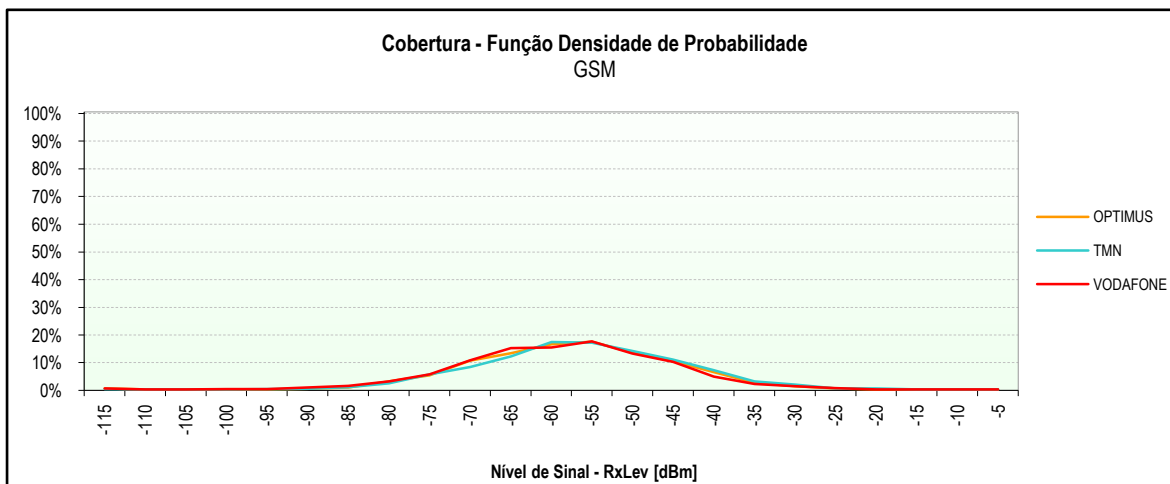
4.2.3 COBERTURA DAS REDES

| | GSM | | | WCDMA | | |
|-------------------------------|---------|---------|----------|---------|---------|----------|
| | OPTIMUS | TMN | VODAFONE | OPTIMUS | TMN | VODAFONE |
| Cobertura | | | | | | |
| Número de Amostras (Medições) | 232.773 | 234.972 | 233.368 | 236.296 | 236.357 | 235.728 |
| Nível Médio de Sinal [dBm] | -55 | -54 | -56 | -80 | -77 | -84 |
| Nível Máximo de Sinal [dBm] | -20 | -17 | -14 | -33 | -32 | -30 |
| Nível Mínimo de Sinal [dBm] | -115 | -115 | -115 | -136 | -136 | -140 |
| Desvio Padrão [dBm] | 12 | 12 | 12 | 14 | 14 | 19 |
| Boa | 99,4% | 99,6% | 98,7% | 87,1% | 90,0% | 75,3% |
| Aceitável | 0,3% | 0,2% | 0,8% | 8,7% | 7,2% | 10,1% |
| Má | 0,1% | 0,0% | 0,1% | 3,0% | 2,1% | 5,6% |
| Inexistente | 0,3% | 0,2% | 0,4% | 1,2% | 0,7% | 9,0% |

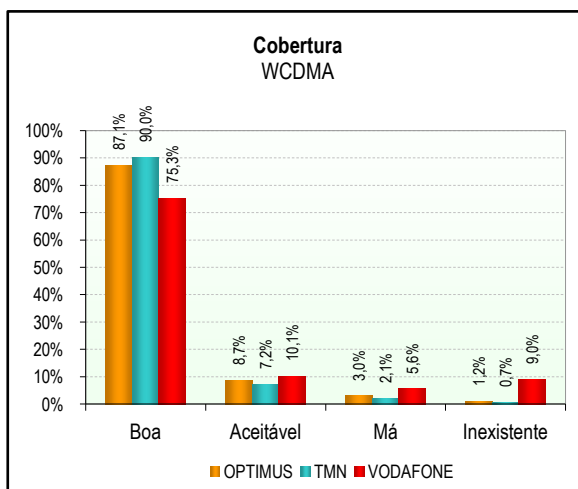
4.2.3.1 GSM



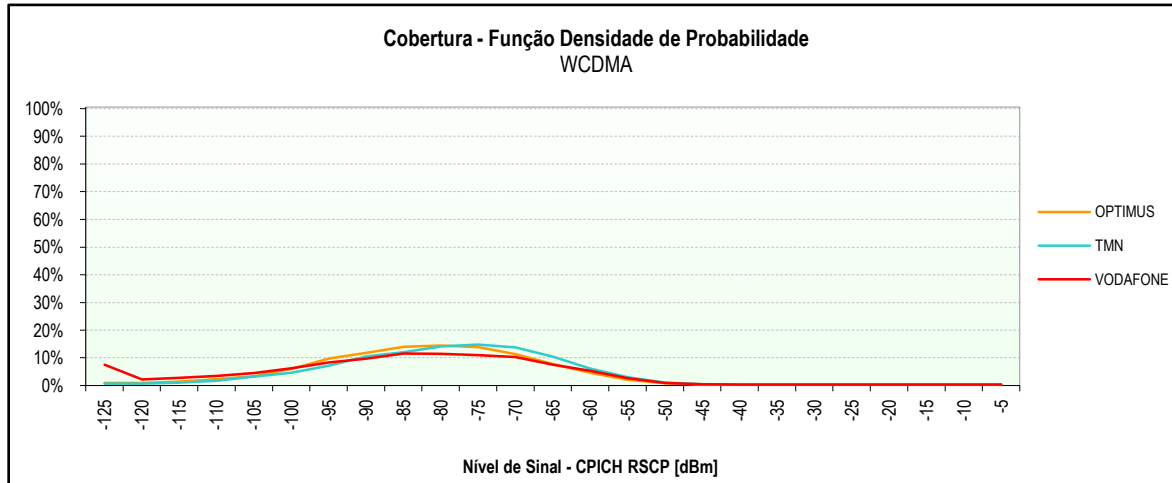
4.2.3.2 GSM - FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE



4.2.3.3 WCDMA



4.2.3.4 WCDMA - FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE



4.3 GLOBAL

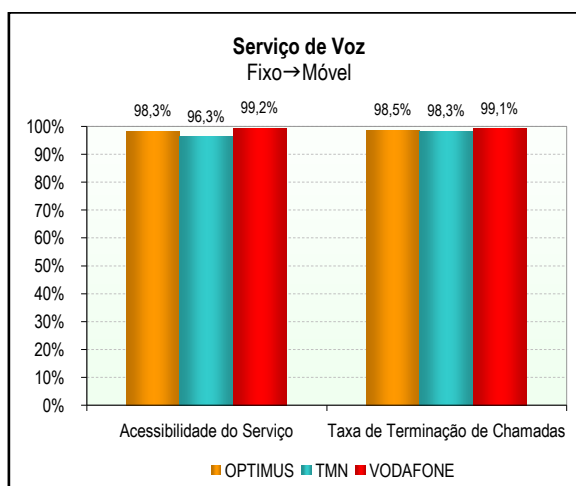
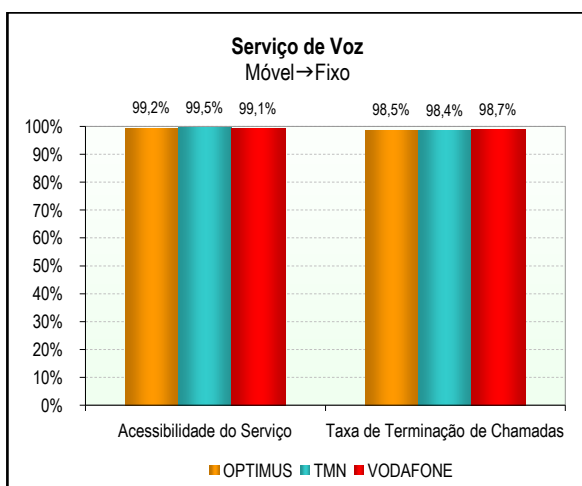
4.3.1 SERVIÇO DE VOZ

| | | OPTIMUS | | TMN | | VODAFONE | |
|------------------------------|--------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel |
| Chamadas Realizadas | Número de Chamadas | 2.199 | 2.140 | 2.195 | 2.141 | 2.207 | 2.145 |
| | Falhadas no Estabelecimento | 18 | 37 | 10 | 80 | 20 | 17 |
| | Falhadas Durante a Chamada | 33 | 32 | 34 | 35 | 28 | 19 |
| | Com Terminação Normal | 2.148 | 2.071 | 2.151 | 2.026 | 2.159 | 2.109 |
| | Acessibilidade do Serviço | 99,2% | 98,3% | 99,5% | 96,3% | 99,1% | 99,2% |
| | Taxa de Terminação de Chamadas | 98,5% | 98,5% | 98,4% | 98,3% | 98,7% | 99,1% |
| Estabelecimento das Chamadas | Número de Amostras (Chamadas) | 2.181 | 2.103 | 2.185 | 2.061 | 2.187 | 2.128 |
| | Tempo Médio [s] | 3,6 | 4,7 | 4,7 | 5,2 | 3,6 | 4,8 |
| | Tempo Máximo [s] | 10,8 | 16,6 | 15,2 | 14,5 | 28,7 | 13,7 |
| | Tempo Mínimo [s] | 2,6 | 2,9 | 3,6 | 3,6 | 2,8 | 3,4 |
| | Desvio Padrão [s] | 0,8 | 1,8 | 0,9 | 1,3 | 0,9 | 1,3 |
| Qualidade Áudio | Número de Amostras (Chamadas) | 4.219 | 4.219 | 4.177 | 4.174 | 4.268 | 4.266 |
| | Média [MOS] | 3,92 | 3,97 | 3,82 | 3,79 | 3,96 | 3,89 |
| | Máxima [MOS] | 4,12 | 4,19 | 4,10 | 4,18 | 4,13 | 4,19 |
| | Mínima [MOS] | 2,07 | 1,75 | 1,50 | 1,65 | 2,96 | 2,22 |
| | Desvio Padrão [MOS] | 0,16 | 0,20 | 0,16 | 0,23 | 0,16 | 0,21 |

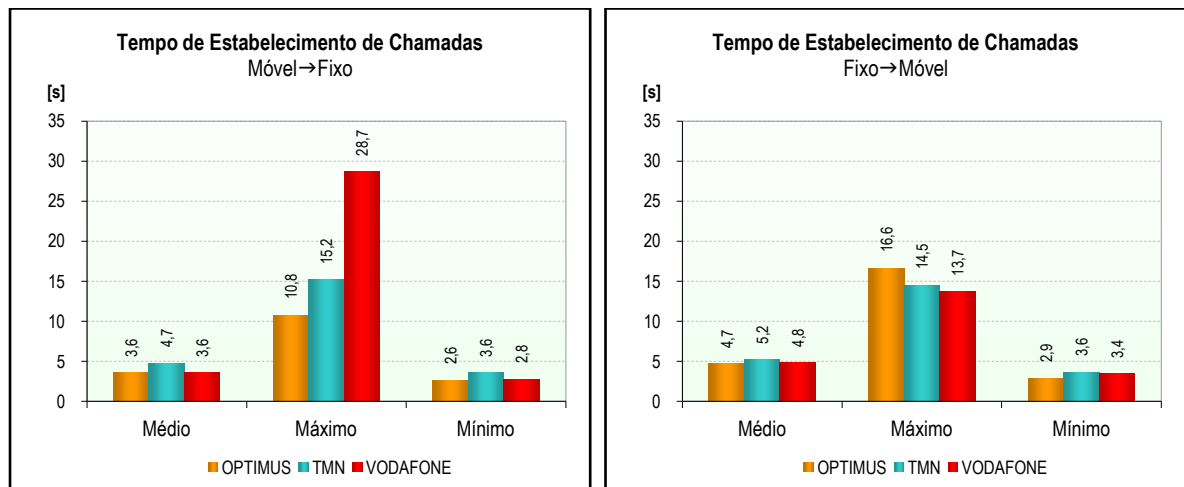
| | | OPTIMUS | | TMN | | VODAFONE | |
|------------------|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel |
| Erro de Precisão | Acessibilidade do Serviço | 0,5% | 0,6% | 0,4% | 0,9% | 0,5% | 0,5% |
| | Taxa de Terminação de Chamadas | 0,6% | 0,6% | 0,6% | 0,7% | 0,6% | 0,5% |
| | Tempo de Estabelecimento de Chamadas [s] | 0,034 | 0,077 | 0,038 | 0,057 | 0,039 | 0,056 |
| | Qualidade Áudio [MOS] | 0,005 | 0,006 | 0,005 | 0,007 | 0,005 | 0,006 |

Nível de Confiança = 95 %

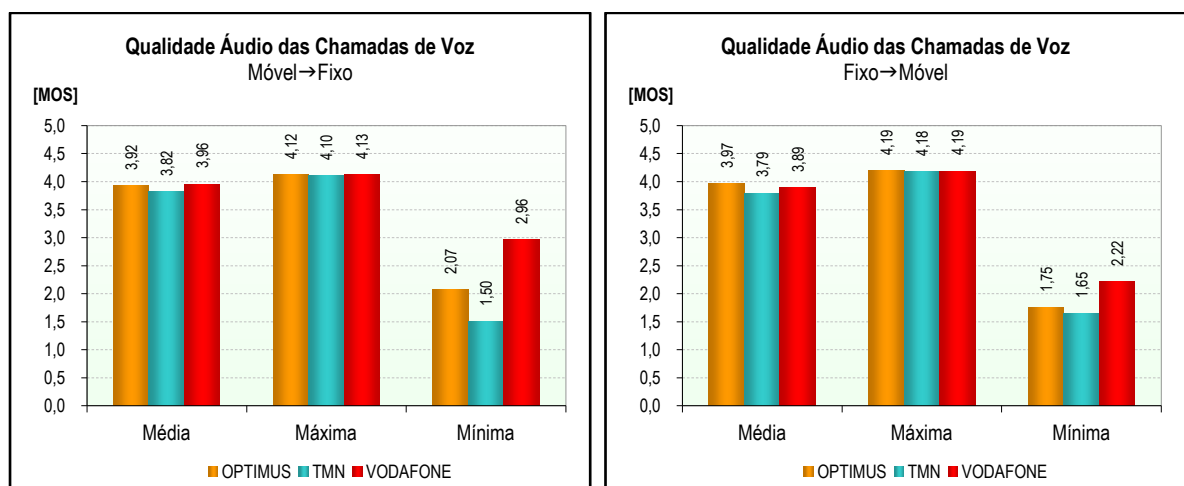
4.3.1.1 INDICADORES ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO E TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS



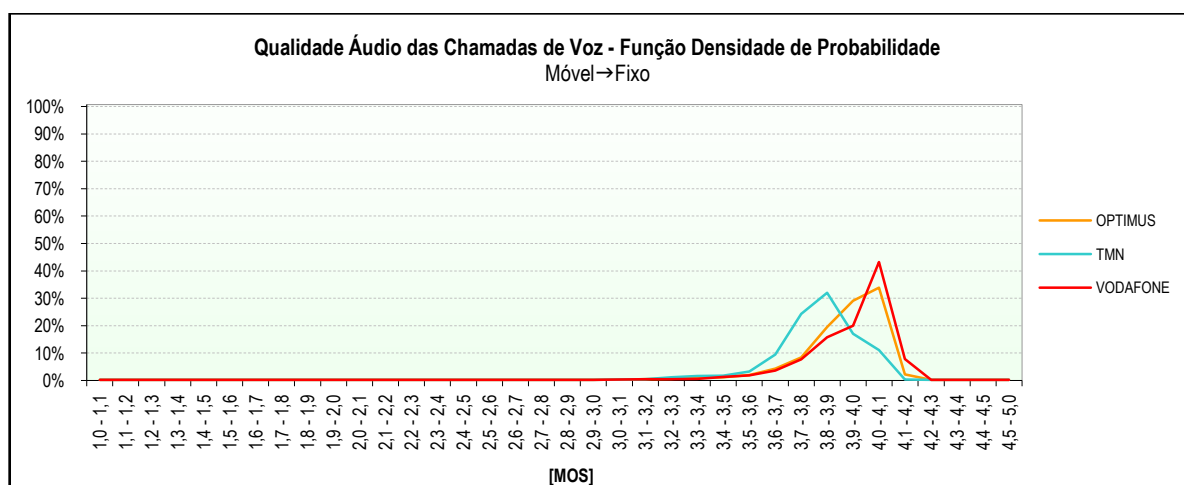
4.3.1.2 INDICADOR *TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS*

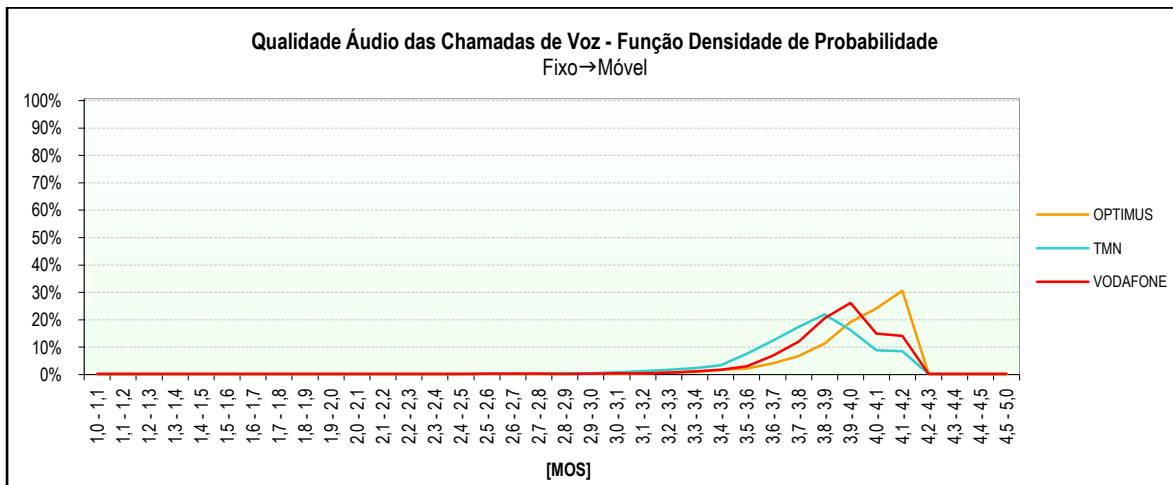


4.3.1.3 INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VOZ*



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





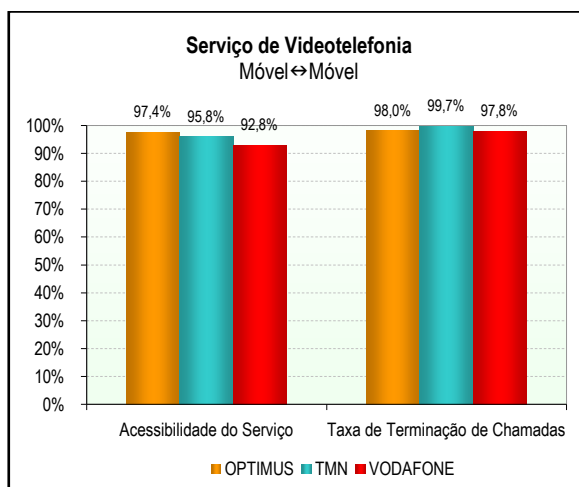
4.3.2 SERVIÇO DE VIDEOTELEFONIA

| | | OPTIMUS | TMN | VODAFONE |
|-------------------------------------|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | | Móvel↔Móvel | Móvel↔Móvel | Móvel↔Móvel |
| Chamadas Realizadas | Número de Chamadas | 3.605 | 3.569 | 3.601 |
| | Falhadas no Estabelecimento | 92 | 149 | 260 |
| | Falhadas Durante a Chamada | 69 | 9 | 73 |
| | Com Terminação Normal | 3.444 | 3.411 | 3.268 |
| | Acessibilidade do Serviço | 97,4% | 95,8% | 92,8% |
| | Taxa de Terminação de Chamadas | 98,0% | 99,7% | 97,8% |
| Estabelecimento das Chamadas | Número de Amostras (Chamadas) | 3.513 | 3.420 | 3.341 |
| | Tempo Médio [s] | 5,1 | 6,3 | 5,5 |
| | Tempo Máximo [s] | 15,2 | 22,3 | 20,7 |
| | Tempo Mínimo [s] | 3,7 | 4,6 | 4,2 |
| | Desvio Padrão [s] | 1,2 | 1,2 | 1,1 |
| Qualidade Áudio | Número de Amostras (Chamadas) | 6.888 | 6.818 | 6.536 |
| | Média [MOS] | 3,93 | 3,94 | 3,93 |
| | Máxima [MOS] | 4,05 | 4,05 | 4,05 |
| | Mínima [MOS] | 1,00 | 1,00 | 1,11 |
| | Desvio Padrão [MOS] | 0,23 | 0,24 | 0,19 |
| Qualidade Vídeo | Número de Amostras (Chamadas) | 6.888 | 6.813 | 6.536 |
| | Média [MOS] | 2,36 | 2,37 | 2,34 |
| | Máxima [MOS] | 2,66 | 2,73 | 2,67 |
| | Mínima [MOS] | 1,03 | 1,00 | 1,00 |
| | Desvio Padrão [MOS] | 0,25 | 0,30 | 0,26 |

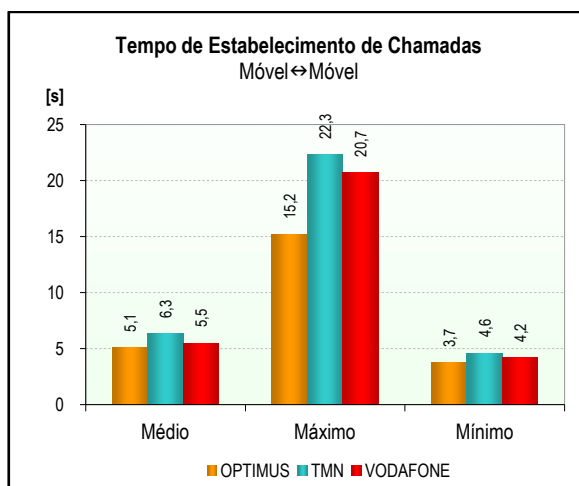
| | | OPTIMUS | TMN | VODAFONE |
|-------------------------|--|-------------|-------------|-------------|
| | | Móvel↔Móvel | Móvel↔Móvel | Móvel↔Móvel |
| Erro de Precisão | Acessibilidade do Serviço | 0,6% | 0,7% | 0,9% |
| | Taxa de Terminação de Chamadas | 0,5% | 0,2% | 0,6% |
| | Tempo de Estabelecimento de Chamadas [s] | 0,039 | 0,039 | 0,037 |
| | Qualidade Áudio [MOS] | 0,005 | 0,006 | 0,005 |
| | Qualidade Vídeo [MOS] | 0,006 | 0,007 | 0,006 |

Nível de Confiança = 95 %

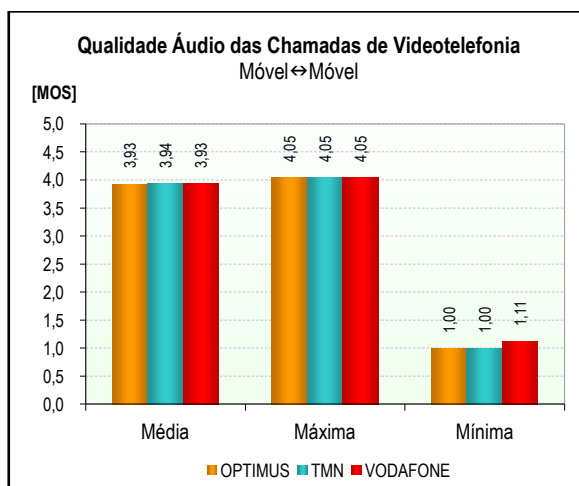
4.3.2.1 INDICADORES ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO E TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS



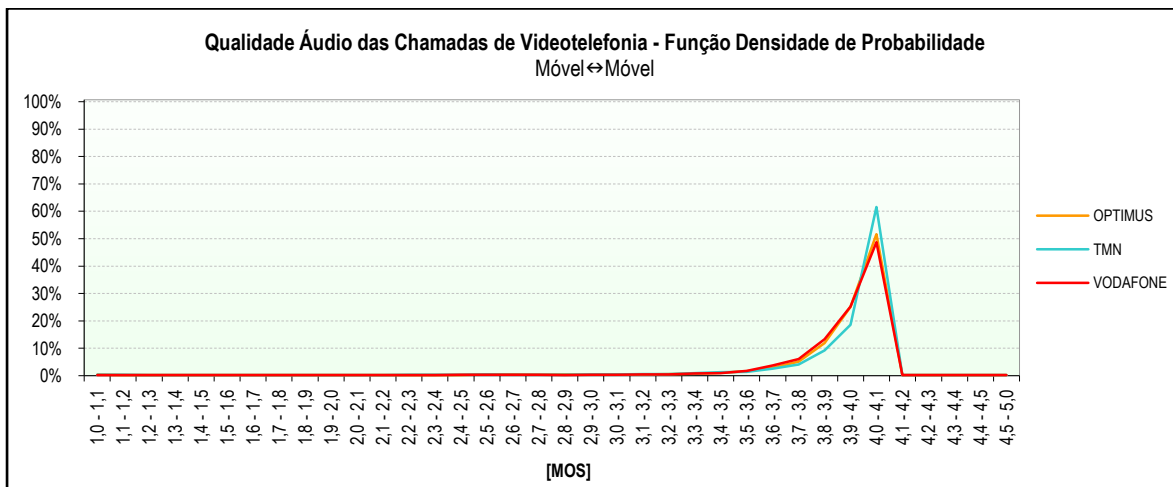
4.3.2.2 INDICADOR TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS



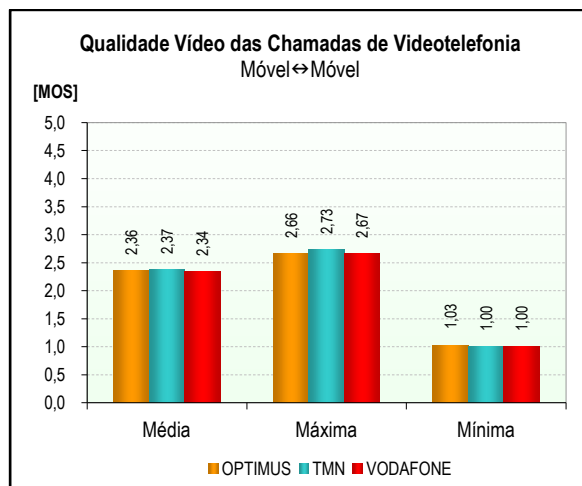
4.3.2.3 INDICADOR QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA



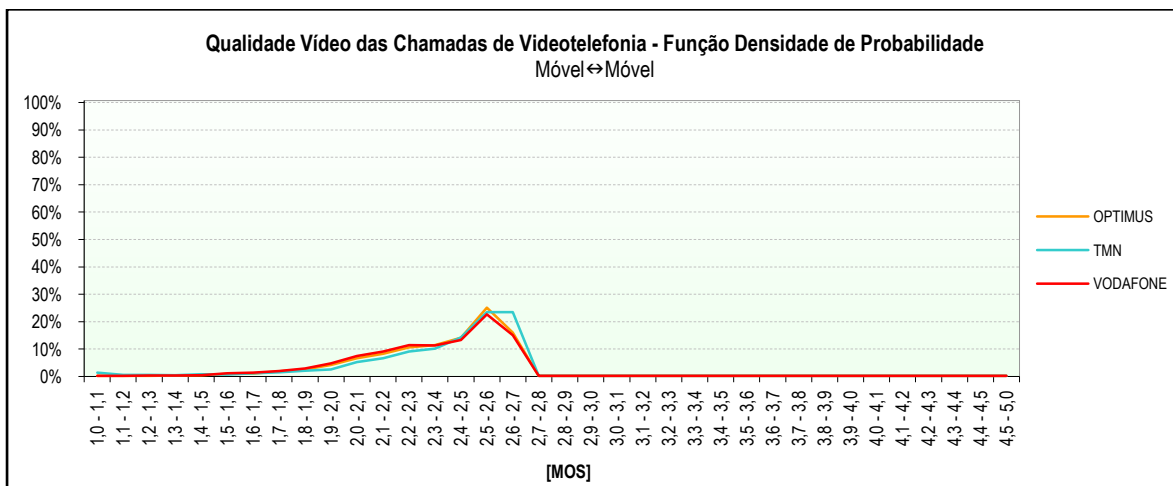
4.3.2.4 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA



4.3.2.5 INDICADOR QUALIDADE VÍDEO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA



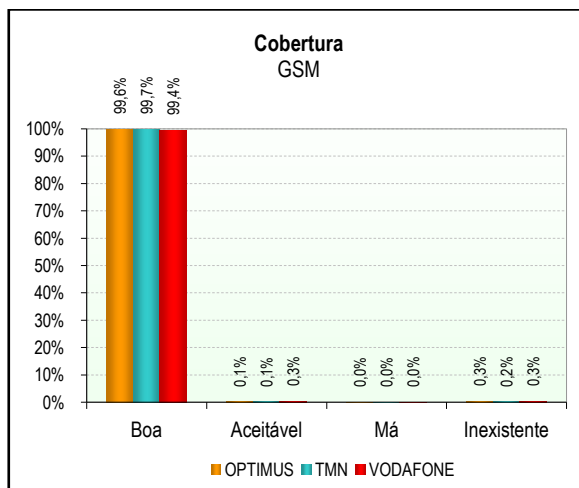
4.3.2.6 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR QUALIDADE VÍDEO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA



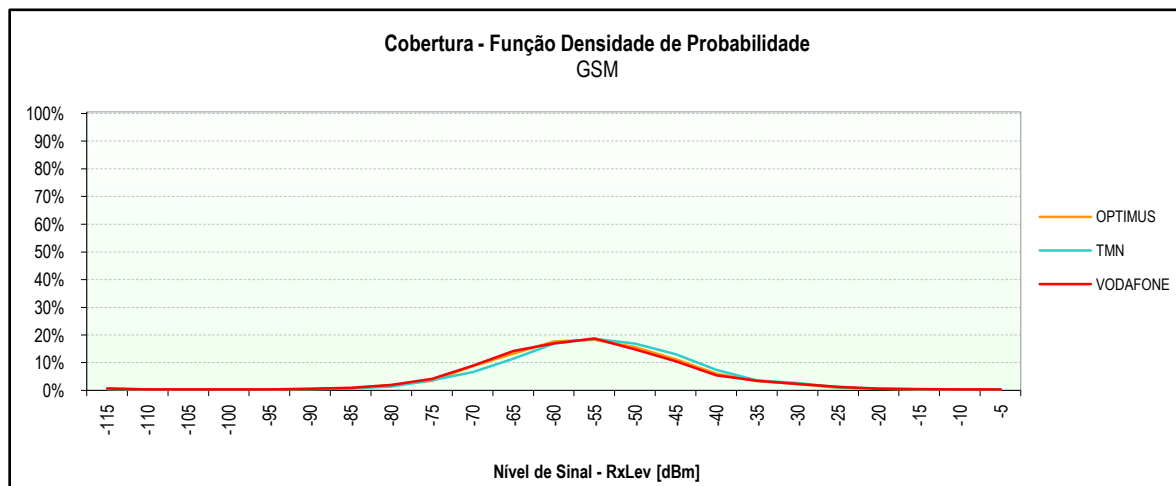
4.3.3 COBERTURA DAS REDES

| | GSM | | | WCDMA | | |
|-------------------------------|---------|---------|----------|---------|---------|----------|
| | OPTIMUS | TMN | VODAFONE | OPTIMUS | TMN | VODAFONE |
| Cobertura | | | | | | |
| Número de Amostras (Medições) | 770.029 | 774.221 | 771.525 | 776.861 | 776.636 | 776.133 |
| Nível Médio de Sinal [dBm] | -53 | -52 | -54 | -76 | -74 | -77 |
| Nível Máximo de Sinal [dBm] | -14 | -14 | -11 | -33 | -25 | -30 |
| Nível Mínimo de Sinal [dBm] | -118 | -115 | -115 | -136 | -136 | -140 |
| Desvio Padrão [dBm] | 12 | 11 | 12 | 12 | 12 | 15 |
| Boa | 99,6% | 99,7% | 99,4% | 94,8% | 95,2% | 90,5% |
| Aceitável | 0,1% | 0,1% | 0,3% | 3,8% | 3,7% | 4,8% |
| Má | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 1,0% | 0,8% | 2,0% |
| Inexistente | 0,3% | 0,2% | 0,3% | 0,4% | 0,2% | 2,8% |

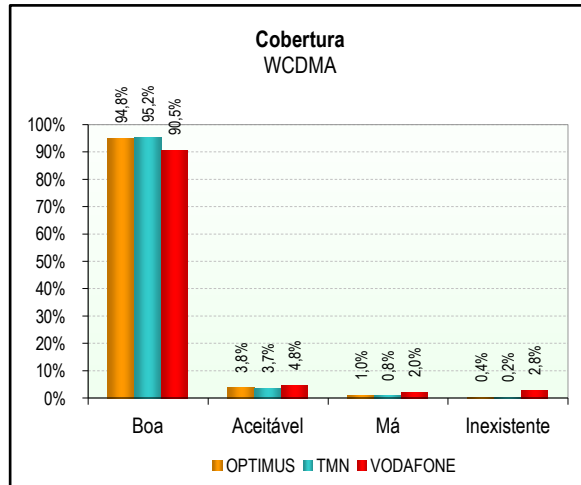
4.3.3.1 GSM



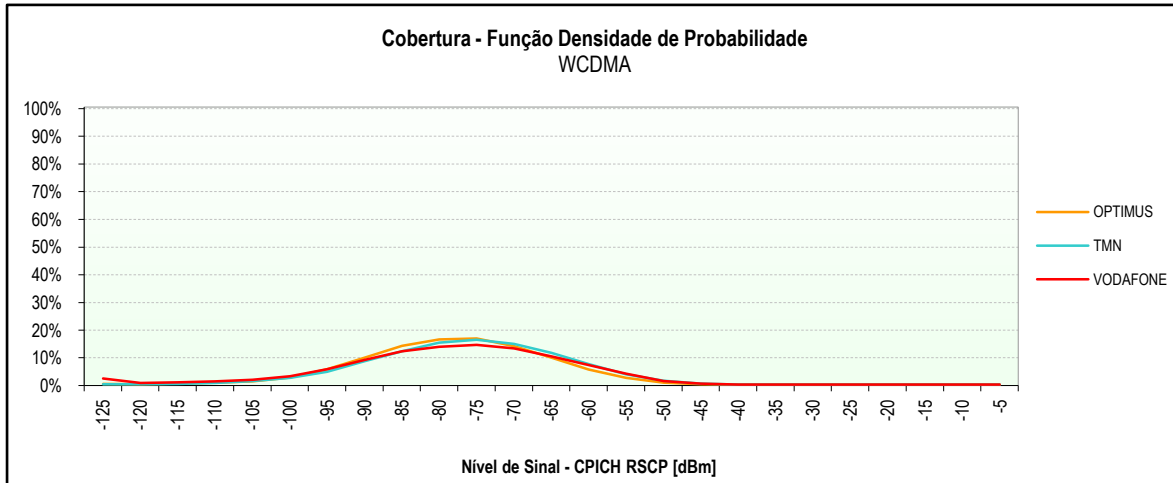
4.3.3.2 GSM - FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE



4.3.3.3 WCDMA



4.3.3.4 WCDMA - FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE



4.3.3.4.1 MAPAS DE COBERTURA

(Páginas seguintes)

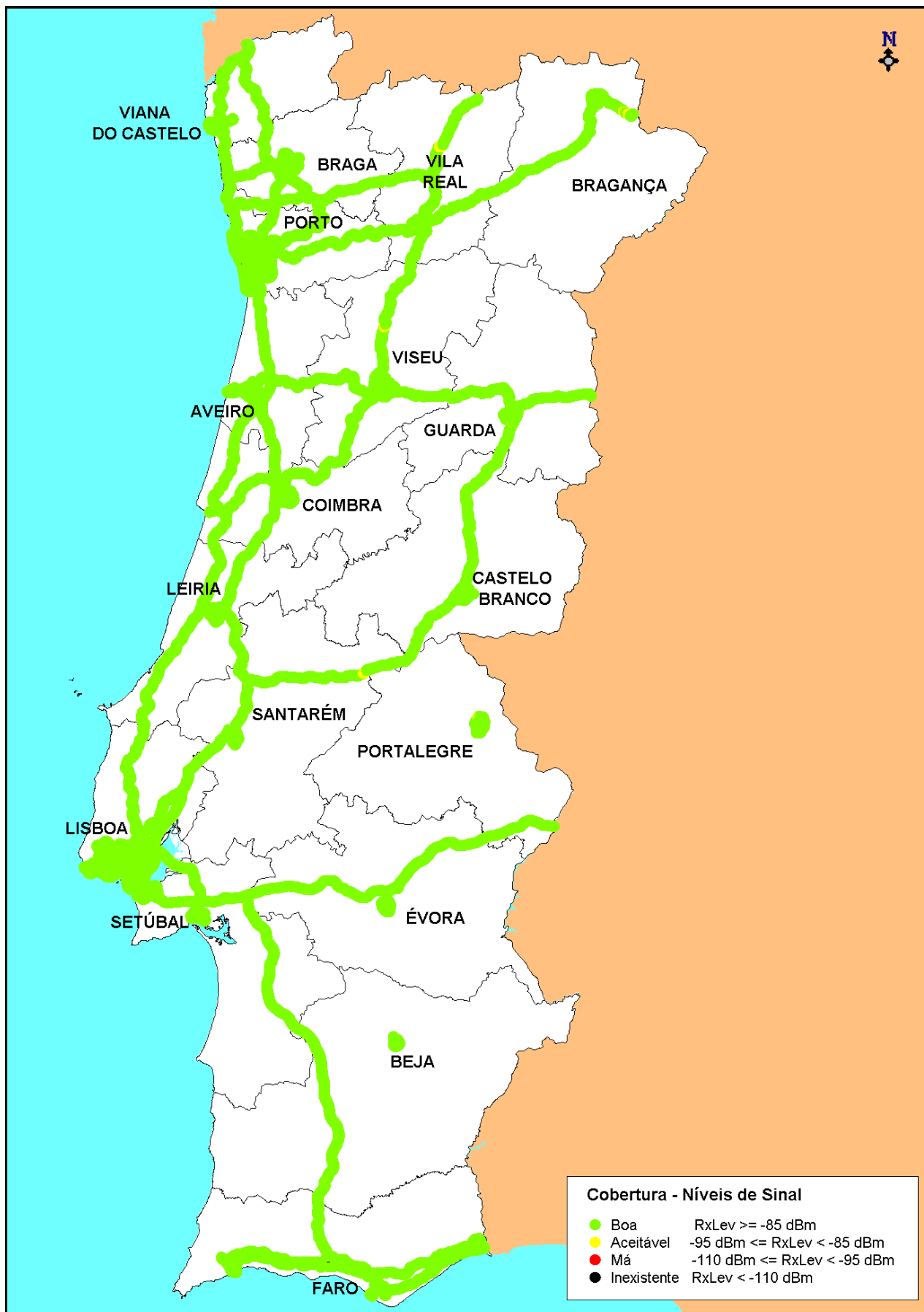
PORTUGAL CONTINENTAL

OPTIMUS – Cobertura GSM



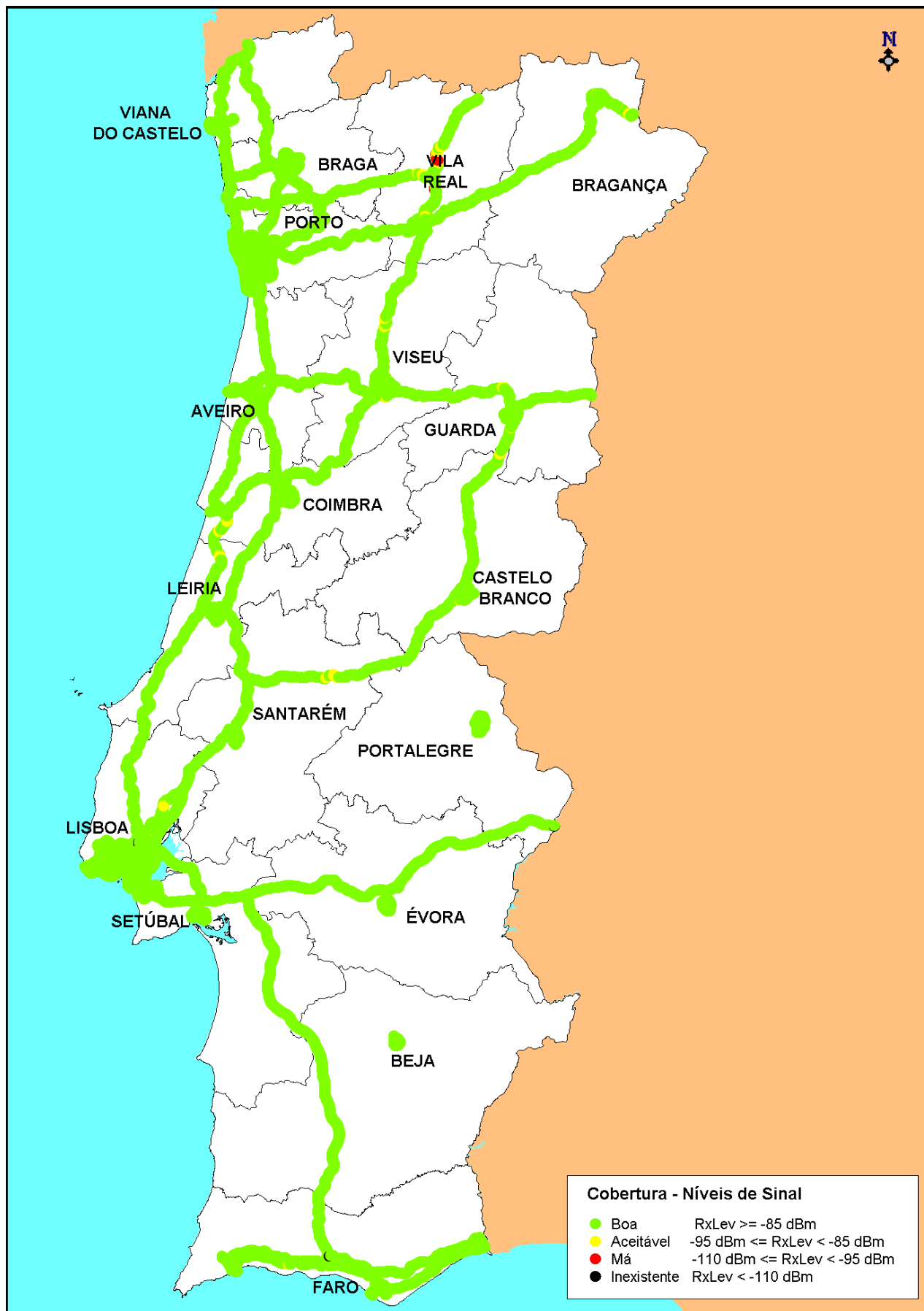
PORTUGAL CONTINENTAL

TMN – Cobertura GSM



PORTUGAL CONTINENTAL

VODAFONE – Cobertura GSM



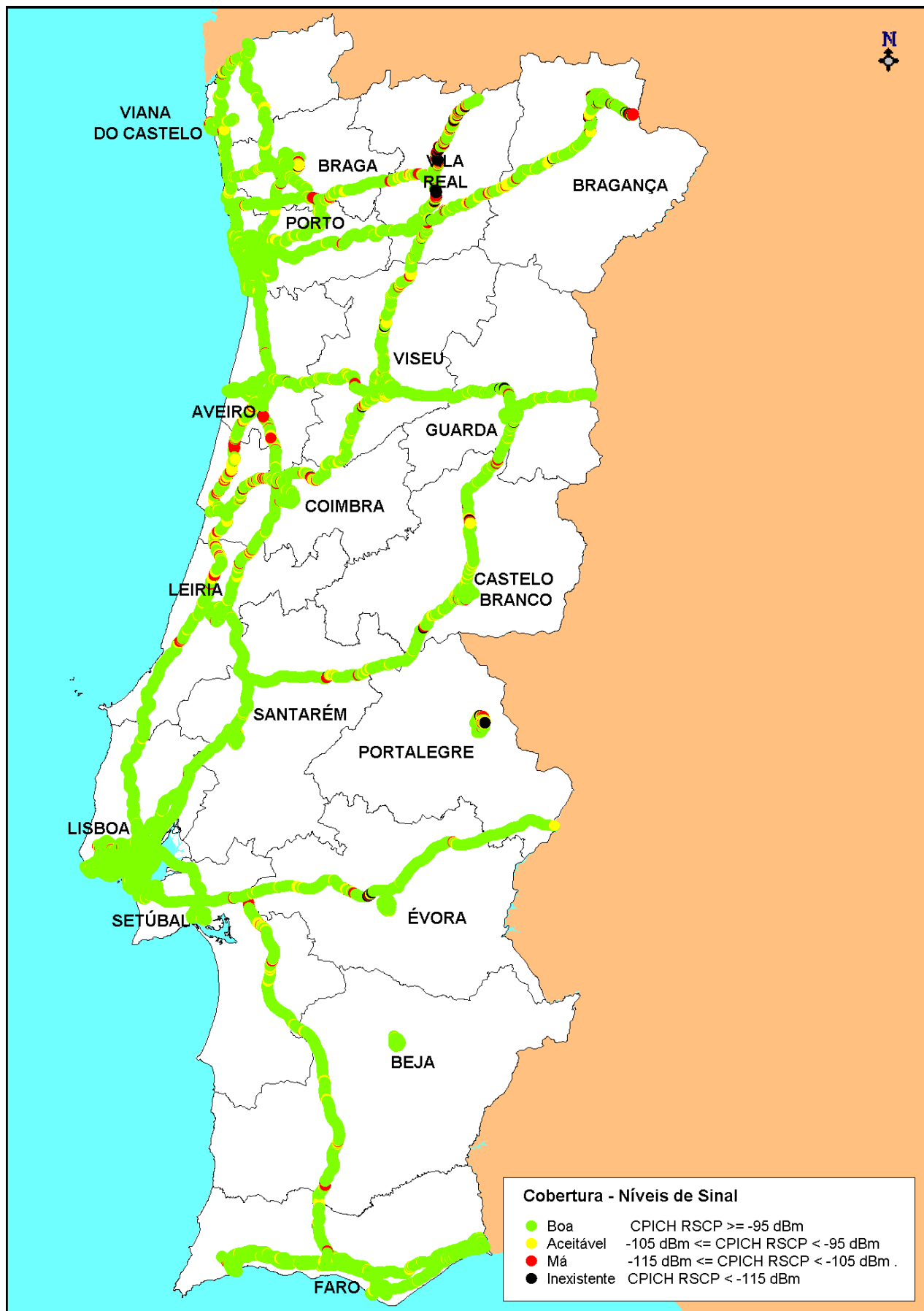
PORTUGAL CONTINENTAL

OPTIMUS – Cobertura WCDMA



PORTUGAL CONTINENTAL

TMN – Cobertura WCDMA



PORTUGAL CONTINENTAL

VODAFONE – Cobertura WCDMA

