

Sistemas de Comunicações Móveis  
**GSM / UMTS**

**Aferição da Qualidade de Serviço**

Avaliação da QoS dos Serviços de Voz (GSM), Videotelefonia (UMTS) e  
Cobertura das Redes (GSM e WCDMA) no Serviço Alfa Pendular da CP  
(Eixo Ferroviário Braga-Porto-Lisboa-Faro)

Abril de 2009



**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).
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*

<b>I</b>	<b>Sumário Executivo .....</b>	<b>7</b>
I.I	Enquadramento Geral.....	7
I.II	Principais Resultados e Conclusões.....	11
<b>1</b>	<b>Aferição da Qualidade de Serviço .....</b>	<b>19</b>
1.1	Objectivo .....	19
1.2	Serviços Analisados.....	19
1.2.1	Serviços de Telefonia:.....	19
1.2.2	Independente dos Serviços:.....	19
<b>2</b>	<b>Metodologia .....</b>	<b>20</b>
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
<b>3</b>	<b>Amostra do Estudo .....</b>	<b>31</b>
3.1	Locais Analisados .....	31
3.2	Dimensão da Amostra.....	31
3.3	Condições de Recolha de Dados.....	31
<b>4</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>32</b>
4.1	Serviço Alfa Pendular no Eixo Ferroviário Braga-Porto-Lisboa .....	32
4.1.1	Serviço de Voz (GSM) .....	32
4.1.2	Serviço de Videotelefonia (UMTS).....	34
4.1.3	Cobertura das Redes .....	37
4.2	Serviço Alfa Pendular no Eixo Ferroviário Lisboa-Faro .....	45
4.2.1	Serviço de Voz (GSM) .....	45
4.2.2	Serviço de Videotelefonia (UMTS).....	47
4.2.3	Cobertura das Redes .....	50
4.3	Global do Serviço Alfa Pendular (Braga-Porto-Lisboa-Faro).....	59
4.3.1	Serviço de Voz (GSM) .....	59
4.3.2	Serviço de Videotelefonia (UMTS).....	61
4.3.3	Cobertura das Redes .....	64



## I SUMÁRIO EXECUTIVO

### I.I ENQUADRAMENTO GERAL

A Autoridade Nacional de Comunicações (ANACOM) realizou uma avaliação da qualidade dos serviços móveis de voz (GSM), videotelefonia (UMTS) e cobertura das redes (GSM e WCDMA), disponibilizados pelos operadores OPTIMUS, TMN e VODAFONE nos comboios que efectuam o Serviço Alfa Pendular da CP-Caminhos de Ferro Portugueses, E.P.E. (eixo ferroviário Braga-Porto-Lisboa-Faro), 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 objecto de estudo os principais indicadores de qualidade, tendo em conta a perspectiva do utilizador e os serviços analisados:

1. **Cobertura das Redes** – Disponibilidade das redes radioelétricas GSM e WCDMA (UMTS);
2. **Acessibilidade do Serviço** (de voz ou de videotelefonia) – probabilidade de sucesso no estabelecimento de chamadas;
3. **Tempo de Estabelecimento de Chamadas** (de voz ou de 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** (de voz ou de 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** (de voz ou de videotelefonia) – perceptibilidade da conversação durante uma chamada;
6. **Qualidade Vídeo de Chamada** (Videotelefonia) – perceptibilidade da componente vídeo da comunicação.

A análise da qualidade vídeo, do serviço de videotelefonia, apresenta melhorias face aos estudos realizados em anos anteriores. Esta avaliação passou a ser efectuada em simultâneo nos dois sentidos da comunicação (*full-duplex*), reflectindo com maior rigor a utilização comum do serviço de videotelefonia.

As medidas de campo decorreram, no interior dos comboios durante o normal funcionamento do Serviço Alfa Pendular da CP, de 21 a 24 de Abril de 2009. Foram efectuadas 3.083 chamadas de teste e 620.326 medidas de sinal radioeléctrico, o que corresponde a aproximadamente 28 horas de medidas ao longo de 2.800 quilómetros.

A amostra utilizada permitiu que os resultados globais obtidos, por cada operador, apresentem erros de precisão máximos inferiores a 4,8%, 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 no Serviço Alfa Pendular da CP, 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;
- As alterações introduzidas na metodologia de análise da qualidade vídeo impossibilitam que os resultados deste indicador, observados neste estudo, sejam directamente comparáveis com os registados em estudos anteriores;
- Foram utilizados equipamentos terminais *NOKIA N95* e *NOKIA 6680*;
- Os testes foram realizados no interior dos comboios, quando estes efectuavam o Serviço Alfa



Pendular, no eixo ferroviário Braga-Porto-Lisboa-Faro;

- A duração das chamadas, tanto em voz como em videotelefonia, foi de 120 segundos;
- Os testes de voz foram realizados com selecção manual da infra-estrutura 2G (GSM), enquanto que os de videotelefonia foram realizados com selecção automática de infra-estrutura 2G ou 3G (GSM/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 no Serviço Alfa Pendular, nos momentos em que foram efectuadas as medidas, não podendo ser retiradas quaisquer conclusões para outros serviços prestados pela CP, mesmo que sejam prestados no eixo ferroviário objecto de análise neste estudo;
- Por outro lado, 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 resultados registados, pelos indicadores de qualidade de serviço analisados neste estudo, mostram diferenças significativas entre os sistemas de comunicações móveis GSM e UMTS. De forma geral, estes sistemas apresentam melhor cobertura em GSM e um melhor desempenho do serviço de voz. Observam-se também melhores níveis de desempenho no eixo ferroviário Braga-Lisboa do que no eixo Lisboa-Faro.

As redes móveis apresentam uma evolução global positiva, face ao estudo realizado no ano anterior (Fevereiro/Março de 2008), no que respeita às capacidades de estabelecer e manter chamadas de voz e de videotelefonia, no entanto os níveis de qualidade observados ficam ainda aquém dos registados nos eixos rodoviários em 2008 (estudo realizado em Outubro/Novembro).

### Coberturas das Redes GSM e WCDMA

Os sistemas de comunicações móveis apresentam melhor cobertura em GSM do que em WCDMA, nos dois eixos ferroviários estudados. No eixo ferroviário Lisboa-Faro observam-se os níveis mais baixos de cobertura WCDMA e são mais acentuadas as diferenças de desempenho entre operadores (Figura 1 e Figura 2).

Os níveis de cobertura, no eixo ferroviário Lisboa-Faro, são ainda significativamente inferiores aos registados nos eixos rodoviários (estudo realizado em Outubro/Novembro de 2008), tanto em GSM como em WCDMA.

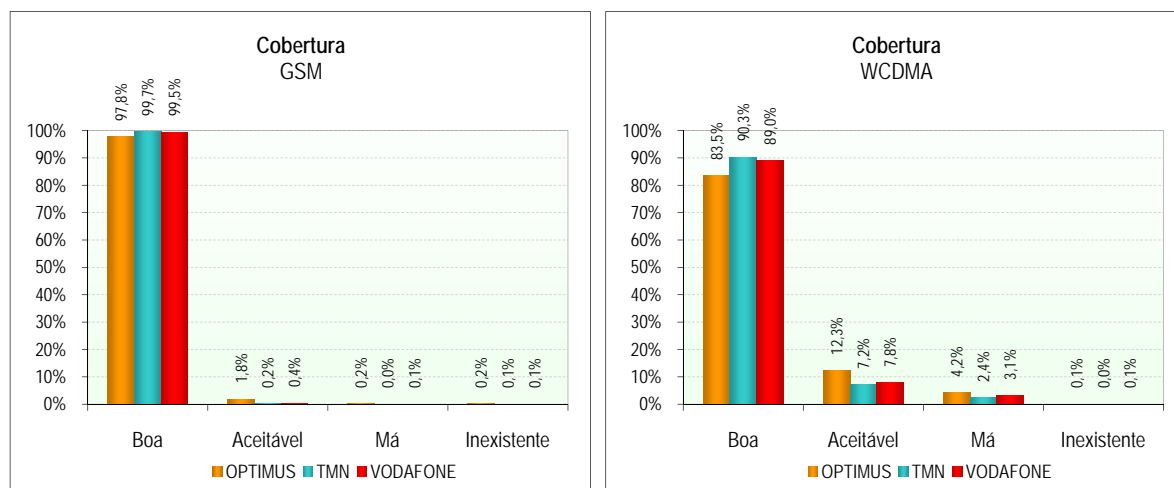


Figura 1 – Indicador *Cobertura*, no Serviço Alfa Pendular no eixo ferroviário Braga-Porto-Lisboa.

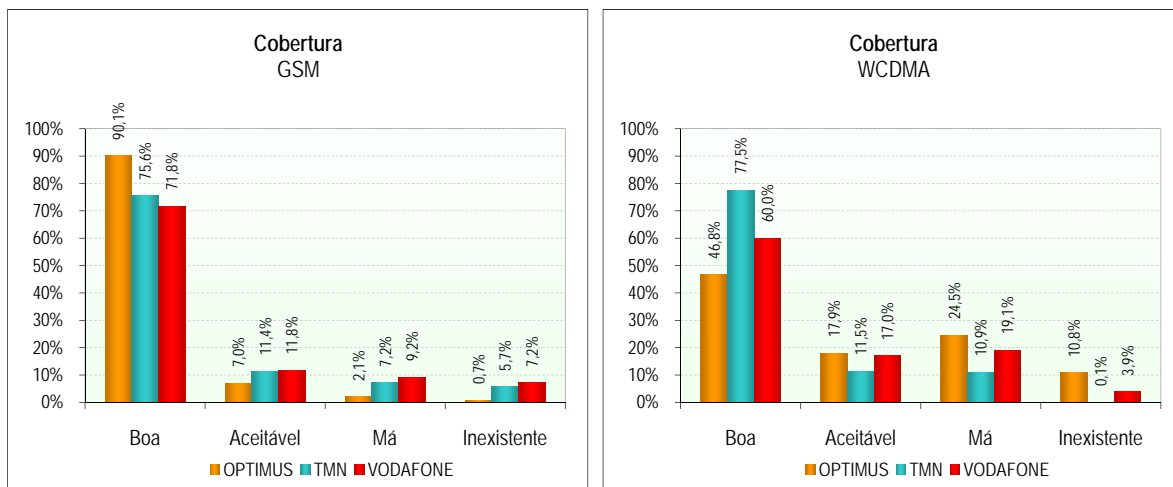


Figura 2 – Indicador *Cobertura*, no Serviço Alfa Pendular no eixo ferroviário Lisboa-Faro.

## Serviço de Voz (GSM)

O desempenho do serviço de voz apresenta diferenças consideráveis entre operadores e locais estudados, em particular no que respeita a *Acessibilidade do Serviço* e a *Taxa de Terminação de Chamadas*.

No eixo Braga-Porto-Lisboa, o operador OPTIMUS apresenta o melhor desempenho, com níveis de 99% para a *Acessibilidade do Serviço* e de 95% para a *Taxa de Terminação de Chamadas*. No extremo oposto encontra-se a TMN com níveis de 96% e 87%, respectivamente para *Acessibilidade do Serviço* e *Taxa de Terminação de Chamadas* (Figura 3).

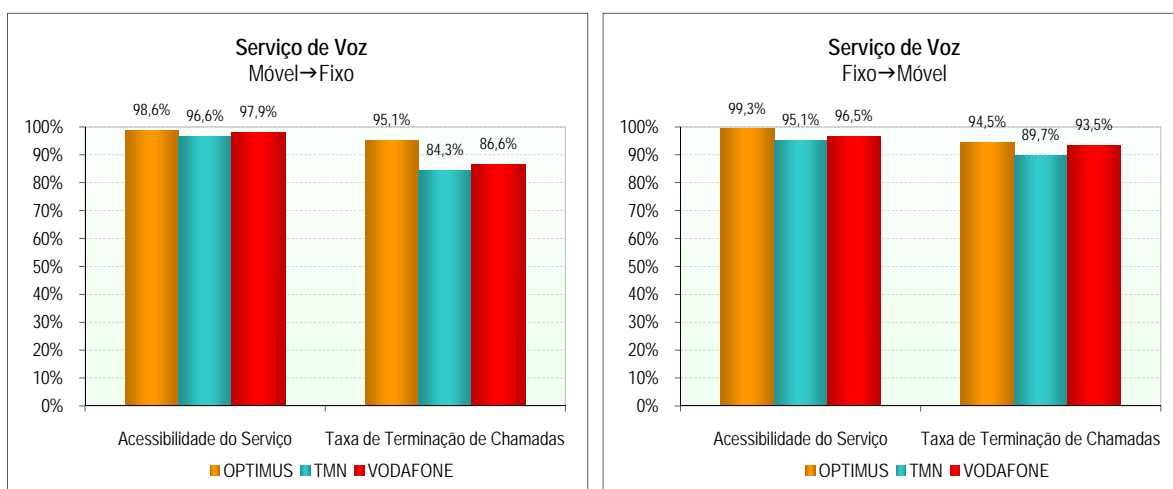


Figura 3 – Indicadores *Acessibilidade de Serviço* e *Taxa de Terminação de Chamadas*, no Serviço Alfa Pendular no eixo ferroviário Braga-Porto-Lisboa.

Por sua vez, no eixo Lisboa-Faro o melhor desempenho foi registado pelo operador OPTIMUS, com cerca de 98% das chamadas de teste estabelecidas com sucesso e, destas, cerca de 97% terminaram de forma normal, ou seja, a ligação manteve-se durante os 120 segundos predefinidos. Para os mesmos indicadores, a TMN apresenta desempenhos da ordem dos 84% e 93% e a VODAFONE 88% e 89%.

Face ao estudo realizado em Fevereiro/Março de 2008, é de salientar a significativa evolução positiva registada pela OPTIMUS nestes indicadores, em particular no eixo ferroviário Braga-Porto-Lisboa.

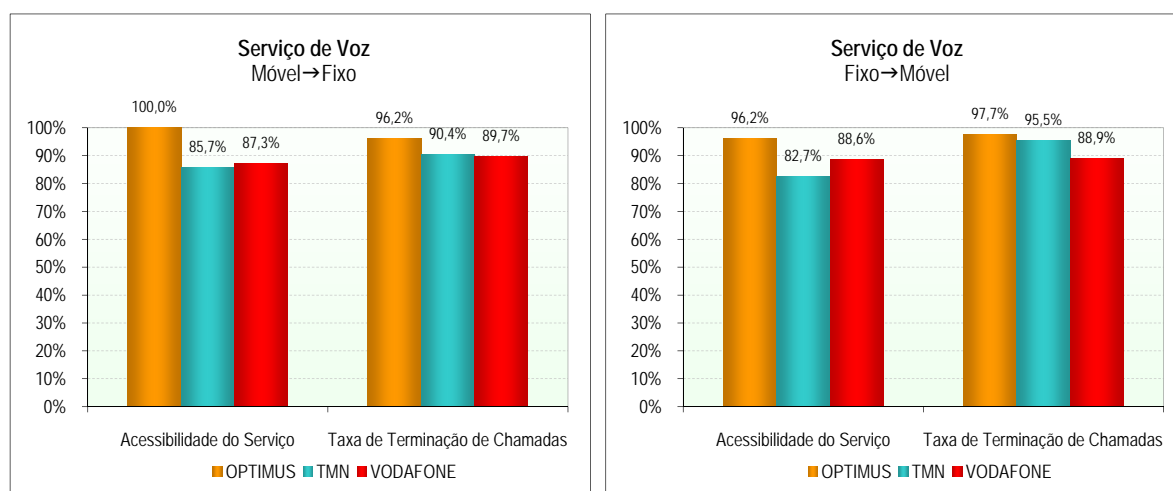


Figura 4 – Indicadores *Acessibilidade de Serviço* e *Taxa de Terminação de Chamadas*, no Serviço Alfa Pendular no eixo ferroviário Lisboa-Faro.

Os tempos médios de estabelecimento de chamadas encontram-se dentro dos patamares expectáveis para este serviço, sendo pouco expressivas as diferenças entre eixos ferroviários ou operadores estudados. Os melhores resultados foram registados pela VODAFONE (Figura 5 e Figura 6).

As chamadas de voz, terminadas de forma normal (120 segundos de duração), apresentam boa *Qualidade Áudio Média*, com os melhores desempenhos a serem registados pela OPTIMUS no eixo Lisboa-Faro (Figura 7 e Figura 8).

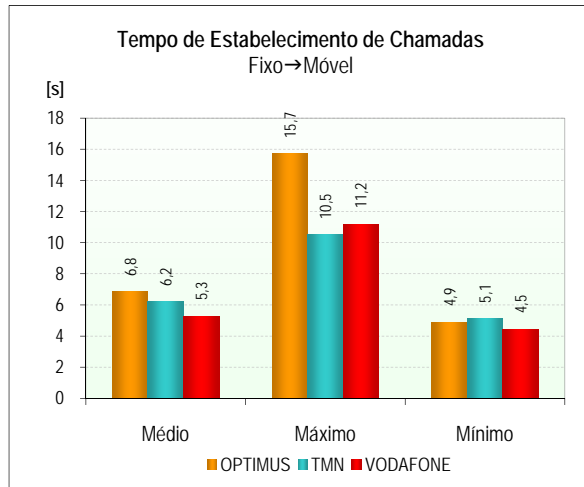
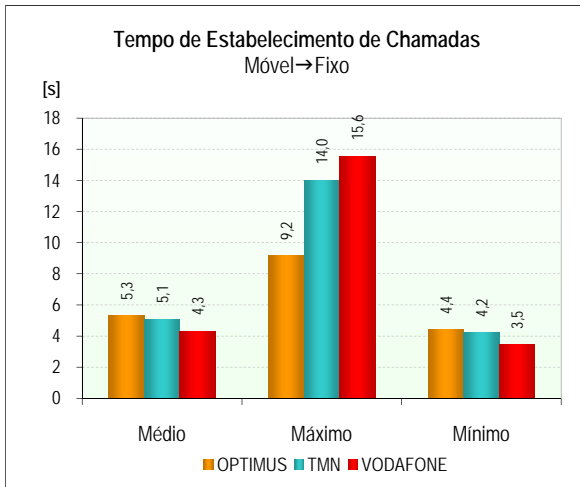


Figura 5 – Indicador *Tempo de Estabelecimento de Chamadas*, no Serviço Alfa Pendular no eixo ferroviário Braga-Porto-Lisboa.

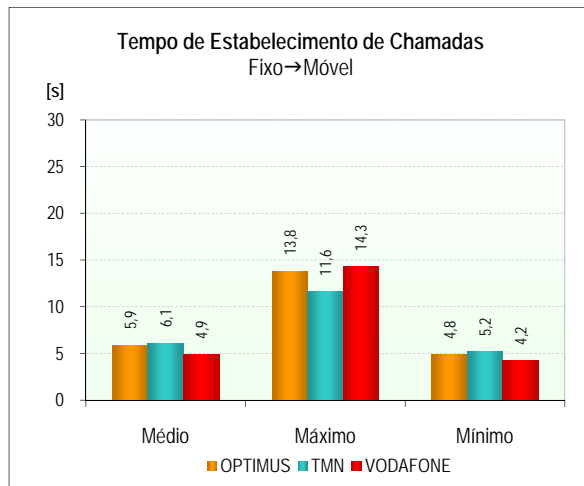
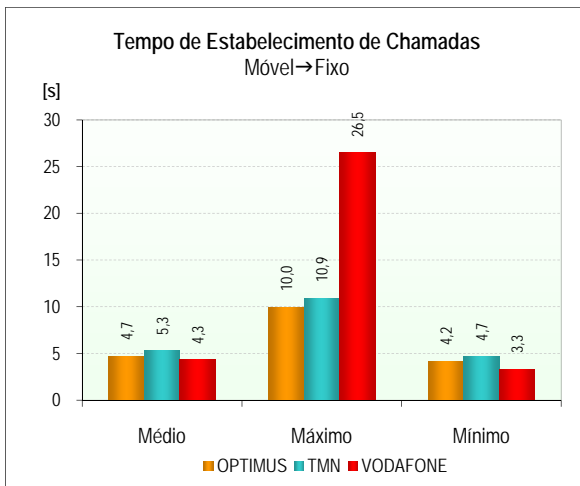


Figura 6 – Indicador *Tempo de Estabelecimento de Chamadas*, no Serviço Alfa Pendular no eixo ferroviário Lisboa-Faro.

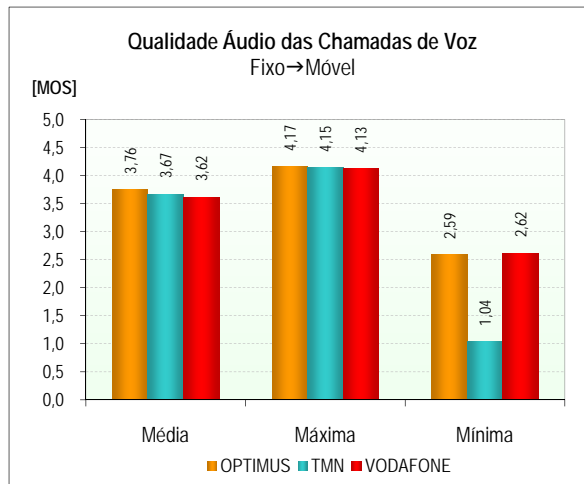
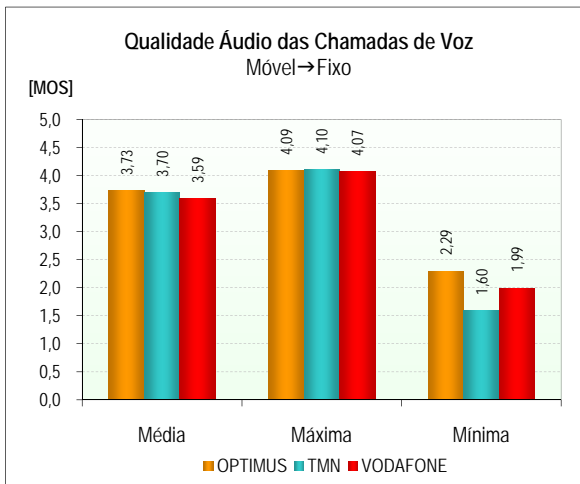


Figura 7 – Indicador *Qualidade Áudio das Chamadas*, no Serviço Alfa Pendular no eixo ferroviário Braga-Porto-Lisboa.

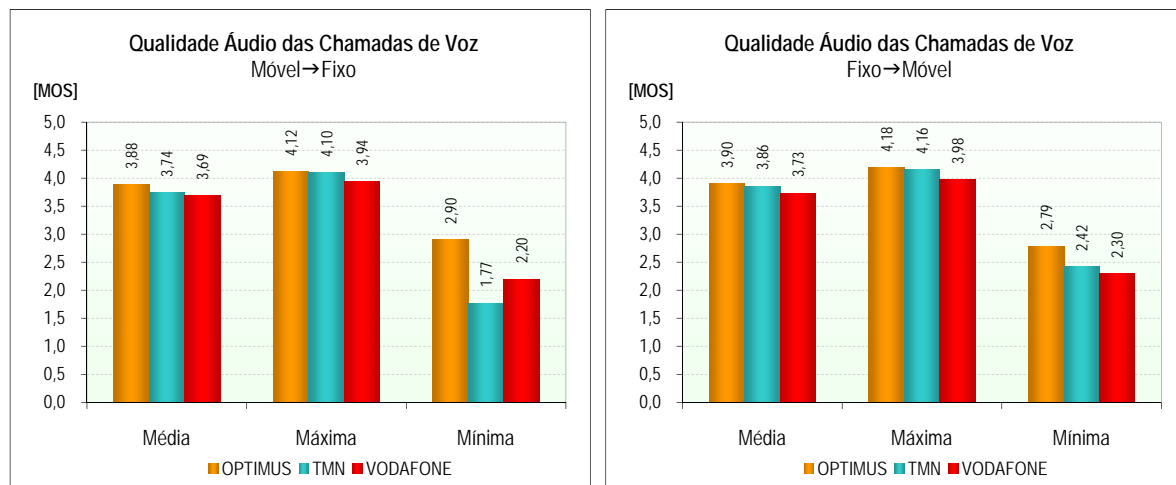


Figura 8 – Indicador *Qualidade Áudio das Chamadas*, no Serviço Alfa Pendular no eixo ferroviário Lisboa-Faro.

### Serviço de Videotelefonia (UMTS)

O desempenho do serviço de videotelefonia é fortemente penalizado pela baixa *Acessibilidade de Serviço* que as redes analisadas apresentam, nomeadamente no eixo Lisboa-Faro (Figura 9 e Figura 10). O operador TMN apresenta os melhores desempenhos para este indicador, com níveis de 84,3% no eixo Braga-Porto-Lisboa, e de 77,8% no eixo Lisboa-Faro. A OPTIMUS e a VODAFONE apresentam desempenhos com níveis de aproximadamente 83% e 69%, respectivamente para os mesmos eixos ferroviários.

Os operadores OPTIMUS e TMN apresentam uma evolução positiva significativa da capacidade de estabelecimento de chamadas, face aos resultados obtidos no estudo realizado no ano anterior, em particular no eixo ferroviário Lisboa-Faro.

O indicador *Taxa de Terminação de Chamadas* apresenta níveis bastante mais elevados do que os observados para a *Acessibilidade ao Serviço*, denotando capacidade das redes em manter as chamadas depois de estabelecidas com sucesso (Figura 9 e Figura 10). Também para este indicador, os melhores desempenhos registam-se no eixo Braga-Porto-Lisboa.

Os tempos médios de estabelecimento de chamadas encontram-se dentro dos patamares expectáveis para este serviço, sendo pouco expressivas as diferenças entre eixos ferroviários estudados. Os

melhores resultados foram registados pela VODAFONE, com tempos médios de estabelecimento de chamadas de aproximadamente 6 segundos, enquanto os tempos médios mais elevados foram registados pela TMN, com cerca de 8 segundos (Figura 9 e Figura 10).

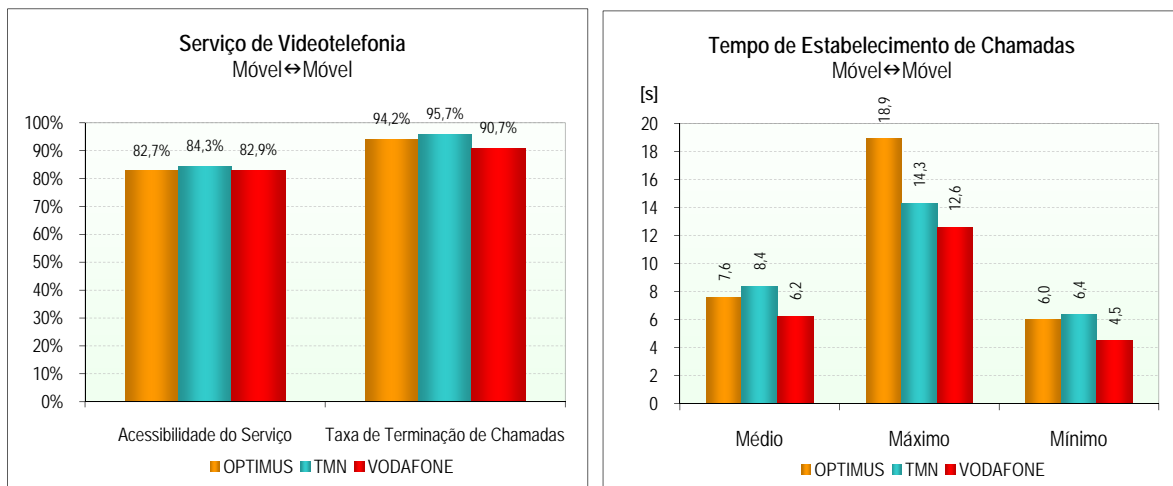


Figura 9 – Indicadores *Acessibilidade de Serviço*, *Taxa de Terminação de Chamadas* e *Tempo de Estabelecimento de Chamadas*, no Serviço Alfa Pendular no eixo ferroviário Braga-Porto-Lisboa.

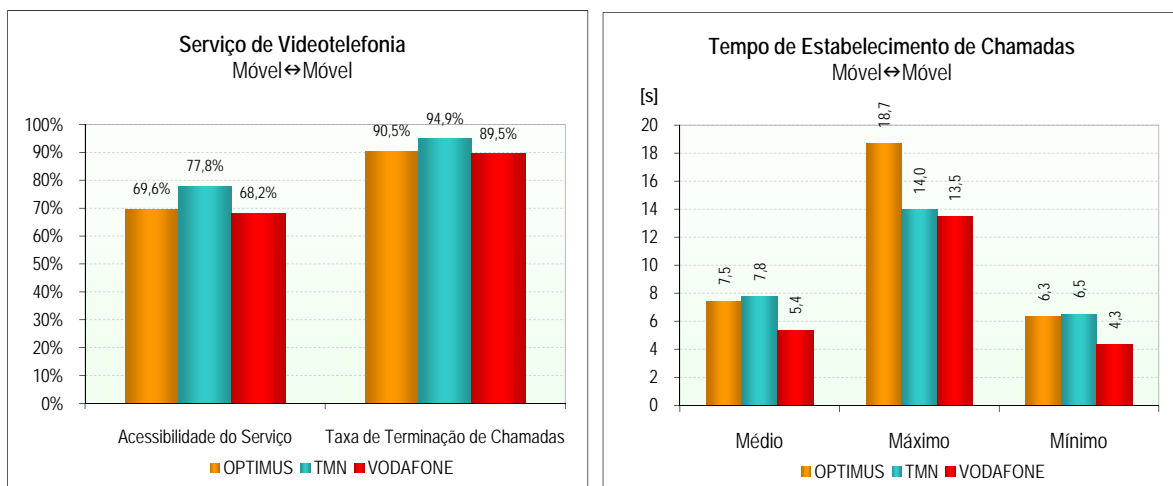


Figura 10 – Indicadores *Acessibilidade de Serviço*, *Taxa de Terminação de Chamadas* e *Tempo de Estabelecimento de Chamadas*, no Serviço Alfa Pendular no eixo ferroviário Lisboa-Faro.

As chamadas de videotelefonia, terminadas de forma normal (120 segundos de duração), apresentam boa *Qualidade Áudio* e aceitável *Qualidade Vídeo* médias. A OPTIMUS e a VODAFONE apresentam melhores desempenhos do que a TMN (Figura 11 e Figura 12).



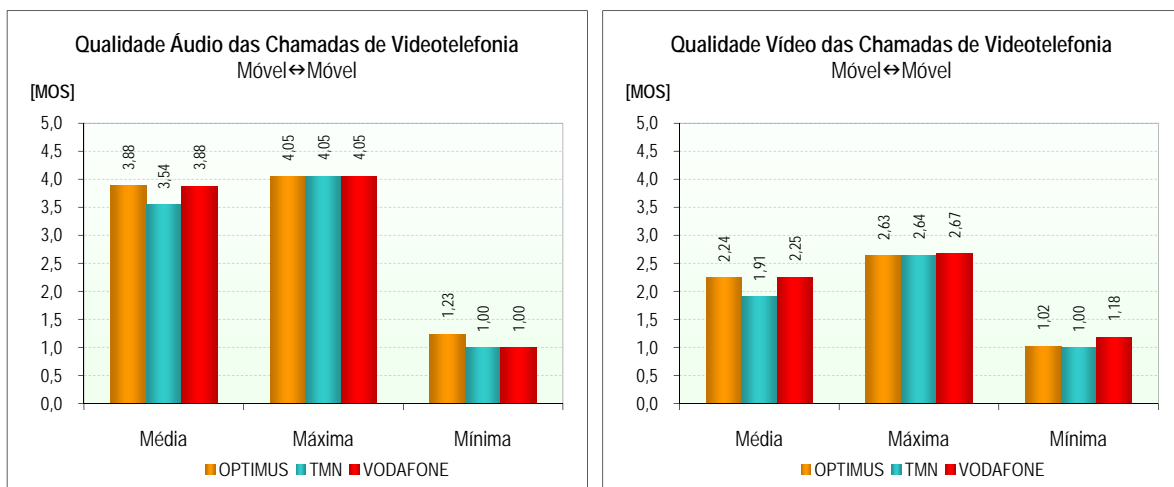


Figura 11 – Indicadores *Qualidade Áudio das Chamadas* e *Qualidade Vídeo das Chamadas*, no Serviço Alfa Pendular no eixo ferroviário Braga-Porto-Lisboa.

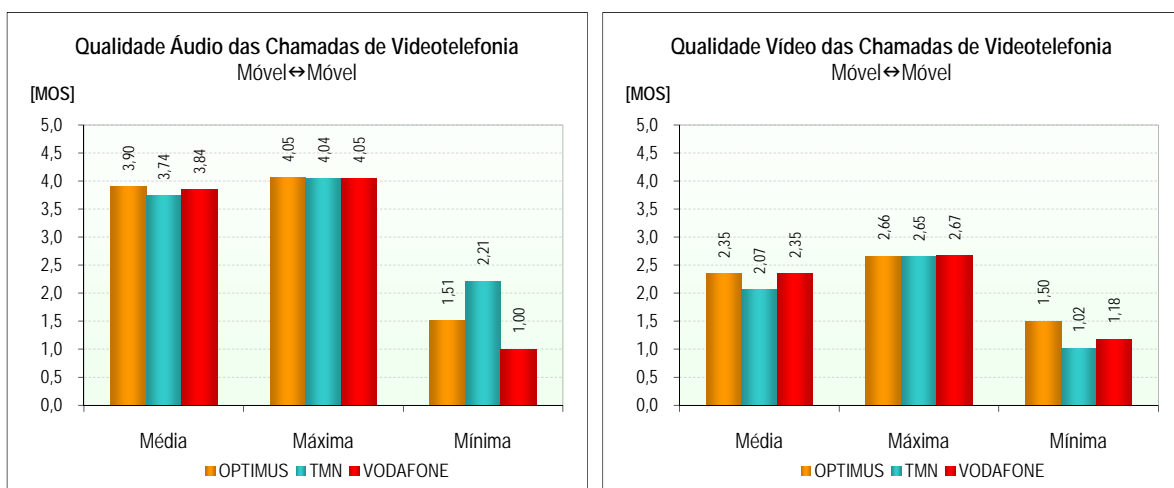


Figura 12 – Indicadores *Qualidade Áudio das Chamadas* e *Qualidade Vídeo das Chamadas*, no Serviço Alfa Pendular no eixo ferroviário Lisboa-Faro.



## **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, no Serviço Alfa Pendular da CP-Caminhos de Ferro Portugueses, E.P.E. (eixo ferroviário Braga-Porto-Lisboa-Faro).

### **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);
- 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 a um serviço que o utilizador pretende aceder. (*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).

$$\text{Disponibilidade da Rede Radioelétrica [\%]} = \frac{N.^{\circ} \text{ de Medições com os Serviços Móveis Disponíveis}}{N.^{\circ} \text{ Total de Medições}} \times 100\%$$

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 WCDMA<sup>1</sup>.

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 georeferenciadas permitindo a sua representação em mapas, facilitando a visualização dos níveis de cobertura das redes móveis nos trajectos objecto de estudo.

---

<sup>1</sup> *Wideband Code Division Multiple Access* – Tecnologia utilizada na rede radioelétrica dos sistemas de comunicações UMTS.

Tabela 1 – 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

## 2.2.2 SERVIÇOS DE TELEFONIA

### 2.2.2.1 ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO (DE VOZ OU DE VIDEOTELEFONIA)

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

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

$$\text{Acessibilidade do Serviço [\%]} = \frac{N.^{\circ} \text{ de Chamadas Estabelecidas com Sucesso}}{N.^{\circ} \text{ Total de Tentativas de Estabelecimento de Chamadas}} \times 100\%$$

### 2.2.2.2 TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS (DE VOZ OU DE 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 (DE VOZ OU DE 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.

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

#### 2.2.2.4 QUALIDADE ÁUDIO DE CHAMADA (DE VOZ OU DE VIDEOTELEFONIA)

Este indicador quantifica a perceptibilidade da conversação durante uma chamada (de voz ou de videotelefonía). 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 PESQ<sup>2</sup>.

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.

$$\begin{array}{l} \text{Qualidade Áudio de Chamada}_{\text{lado A}} [MOS\_LQO] = f \{ X_B(t); Y_A(t) \} \\ \text{Qualidade Áudio de Chamada}_{\text{lado B}} [MOS\_LQO] = f \{ X_A(t); Y_B(t) \} \end{array}$$

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

*MOS\_LQO* – 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\_LQO.

*X<sub>A</sub>(t); X<sub>B</sub>(t)* – amostra original de áudio enviada a partir do lado A (B).

*Y<sub>A</sub>(t); Y<sub>B</sub>(t)* – amostra degradada de áudio recebida no lado A (B), resultante da transmissão da amostra original *X<sub>B</sub>(t)* (*X<sub>A</sub>(t)*).

Os resultados da aplicação do algoritmo são 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 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>3</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).

<sup>2</sup> 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)).

<sup>3</sup> CoDec – Codificador/Descodificador.

Tabela 2 - Escala MOS\_LQO / MOS\_VQO

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

Nas situações em que em cada sentido da mesma chamada sejam enviadas e recebidas várias amostras de áudio  $\{X_1(t), \dots, X_n(t); Y_1(t), \dots, Y_n(t)\}$ , 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:

$$\begin{aligned}
 \text{Qualidade Áudio de Chamada}_{\text{lado A}} [MOS\_LQO] &= \frac{f\{X_{1B}(t); Y_{1A}(t)\} + \dots + f\{X_{nB}(t); Y_{nA}(t)\}}{n} \\
 \text{Qualidade Áudio de Chamada}_{\text{lado B}} [MOS\_LQO] &= \frac{f\{X_{1A}(t); Y_{1B}(t)\} + \dots + f\{X_{nA}(t); Y_{nB}(t)\}}{n}
 \end{aligned}$$

#### 2.2.2.5 QUALIDADE VÍDEO DE CHAMADA DE VIDEOTELEFONIA

Este indicador quantifica a qualidade visual da comunicação, durante uma chamada de videotelefonia. 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 videotelefonia.

$$\begin{aligned}
 \text{Qualidade Vídeo de Chamada}_{\text{lado A}} [MOS\_VQO] &= f\{W_B(t); Z_A(t)\} \\
 \text{Qualidade Vídeo de Chamada}_{\text{lado B}} [MOS\_VQO] &= f\{W_A(t); Z_B(t)\}
 \end{aligned}$$

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

*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<sub>A</sub>(t); W<sub>B</sub>(t)* – amostra original de vídeo enviada a partir do lado A (B).

*Z<sub>A</sub>(t); Z<sub>B</sub>(t)* – amostra degradada de vídeo recebida no lado A (B), resultante da transmissão da amostra original *W<sub>B</sub>(t)* (*W<sub>A</sub>(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*.

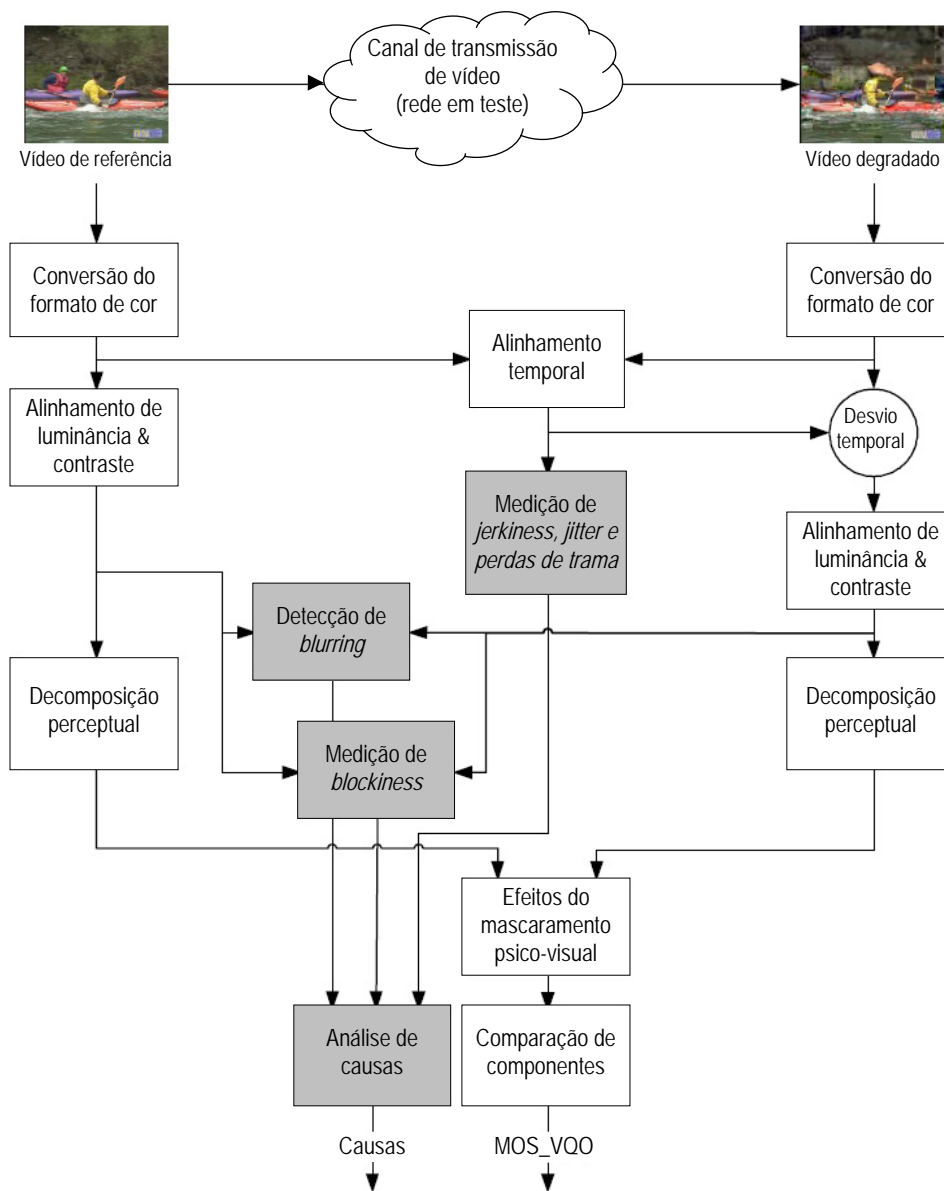


Figura 13 – Diagrama funcional do algoritmo VQuad (*SwissQual, AG*)

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.*).

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 2.

Nas situações em que em cada sentido da mesma chamada sejam enviadas e recebidas várias amostras de vídeo  $\{W_1(t), \dots, W_n(t); Z_1(t), \dots, Z_n(t)\}$ , 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:

$$\begin{aligned} \text{Qualidade Vídeo de Chamada}_{\text{lado A}} [MOS\_VQO] &= \frac{f\{W_{1B}(t); Z_{1A}(t)\} + \dots + f\{W_{nB}(t); Z_{nA}(t)\}}{n} \\ \text{Qualidade Vídeo de Chamada}_{\text{lado B}} [MOS\_VQO] &= \frac{f\{W_{1A}(t); Z_{1B}(t)\} + \dots + f\{W_{nA}(t); Z_{nB}(t)\}}{n} \end{aligned}$$

## 2.3 PERFIS DE MEDIDA<sup>4</sup>

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).

<sup>4</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 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)).

Os testes de voz são realizados com selecção manual da infra-estrutura 2G (GSM), enquanto que os testes de videotelefonia são realizados com selecção automática das infra-estruturas 2G ou 3G (GSM/UMTS).

As medidas são realizadas no interior dos comboios no decorrer do funcionamento normal do Serviço Alfa Pendular da CP. Todos os parâmetros recolhidos são georeferenciados, permitindo a sua posterior representação em cartografia digital.

### 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, em cada ponto, 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 georeferenciado 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 grande 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.

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 videotelefonía 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 videotelefonía 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*, concebido e desenvolvido pela *SwissQual, A.G.* 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), utilizada para testes de videotelefonía;

- d. *Media Server* – Unidade Fixa, servidor utilizado para testes de dados e de *videostreaming*;
- e. *NQDI* – Sistema de pós-processamento, para análise e reporte das medidas realizadas.

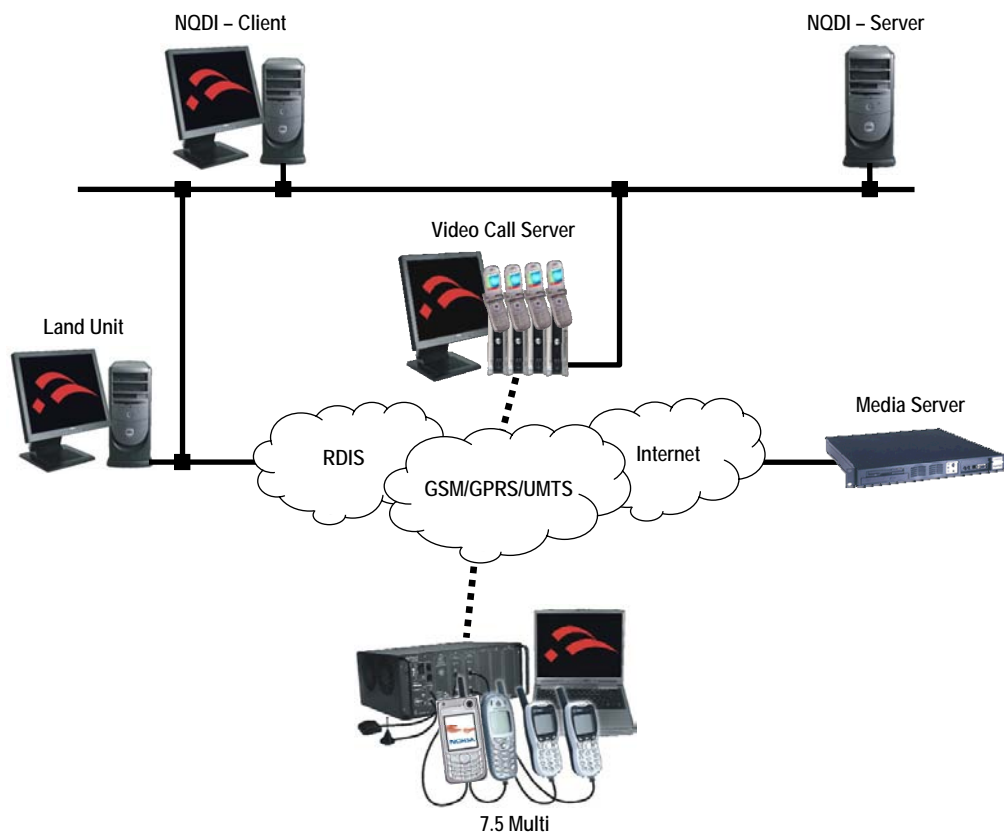


Figura 14 – Arquitectura do sistema *Diversity/NetQual*

### 3 AMOSTRA DO ESTUDO

Para uma adequada avaliação da qualidade dos serviços de Voz (GSM), Videotelefonia (UMTS) e Cobertura das Redes (GSM e WCDMA), foi escolhida uma amostra representativa da utilização destes serviços nos comboios que efectuem o serviço Alfa Pendular.

#### 3.1 LOCAIS ANALISADOS

Foram analisados todos os locais onde está disponível o Serviço Alfa Pendular da CP, ou seja, nos eixos ferroviários Braga-Porto-Lisboa e Lisboa-Faro.

Tabela 3 – Eixos Ferroviários analisados

Eixos Ferroviários	Distância Aproximada (Km)
Braga-Porto-Lisboa	390
Lisboa-Faro	310
<b>Total</b>	<b>700</b>

#### 3.2 DIMENSÃO DA AMOSTRA

Tabela 4 – Amostra, para os três operadores estudados

	Eixos Ferroviários	Horas em Medidas	Quilómetros em Medidas	Chamadas de Voz	Chamadas de Videotelefonia	Medidas Cobertura	
						GSM	WCDMA
	Braga-Porto-Lisboa	14 h 39	1.560	869	743	159.219	159.510
	Lisboa-Faro	13 h 38	1.240	796	675	145.530	156.067
	<b>Total</b>	<b>28 h 17</b>	<b>2.800</b>	<b>1.665</b>	<b>1.418</b>	<b>304.749</b>	<b>315.577</b>

#### 3.3 CONDIÇÕES DE RECOLHA DE DADOS

As medidas de campo decorreram em dias úteis, do período de 21 a 24 de Abril de 2009, durante o normal funcionamento do Serviço Alfa Pendular.

Os eixos ferroviários analisados foram percorridos quatro vezes em medidas.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 SERVIÇO ALFA PENDULAR NO EIXO FERROVIÁRIO BRAGA-PORTO-LISBOA

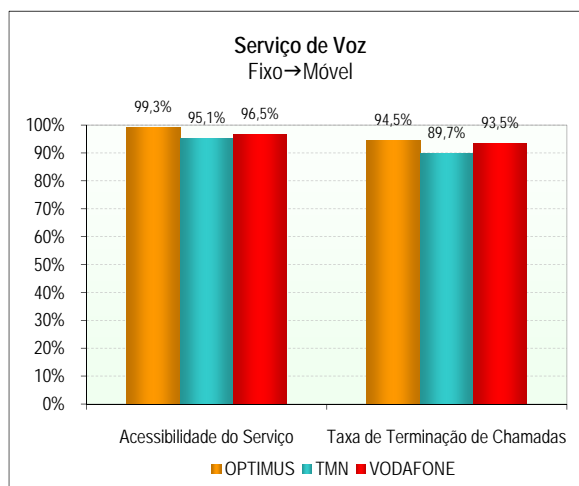
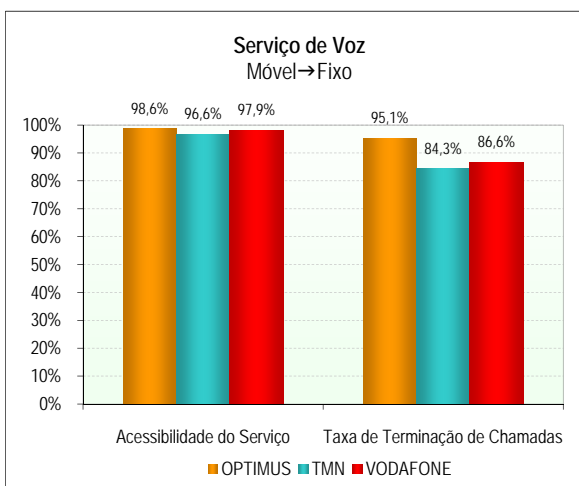
Sessões de Medidas realizadas em:

- 21 de Abril de 2009, entre as 13h55 e as 21h35;
- 22 de Abril de 2009, entre as 13h55 e as 22h05.

#### 4.1.1 SERVIÇO DE VOZ (GSM)

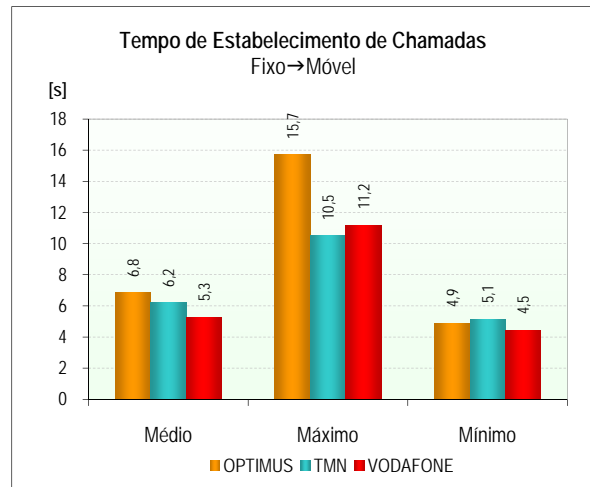
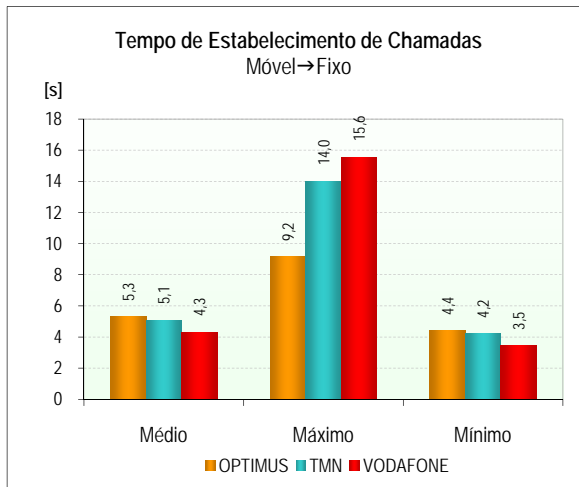
		OPTIMUS		TMN		VODAFONE	
		Móvel→Fixo	Fixo→Móvel	Móvel→Fixo	Fixo→Móvel	Móvel→Fixo	Fixo→Móvel
Chamadas Realizadas	Número de Chamadas	146	146	145	143	145	144
	Falhadas no Estabelecimento	2	1	5	7	3	5
	Falhadas Durante a Chamada	7	8	22	14	19	9
	Com Terminação Normal	137	137	118	122	123	130
	Acessibilidade do Serviço	98,6%	99,3%	96,6%	95,1%	97,9%	96,5%
	Taxa de Terminação de Chamadas	95,1%	94,5%	84,3%	89,7%	86,6%	93,5%
Estabelecimento das Chamadas	Número de Amostras (Chamadas)	144	145	140	136	142	139
	Tempo Médio [s]	5,3	6,8	5,1	6,2	4,3	5,3
	Tempo Máximo [s]	9,2	15,7	14,0	10,5	15,6	11,2
	Tempo Mínimo [s]	4,4	4,9	4,2	5,1	3,5	4,5
	Desvio Padrão [s]	0,9	1,6	1,3	0,9	1,5	0,9
Qualidade de Áudio	Número de Amostras (Chamadas)	274	274	239	240	253	253
	Média [MOS]	3,73	3,76	3,70	3,67	3,59	3,62
	Máxima [MOS]	4,09	4,17	4,10	4,15	4,07	4,13
	Mínima [MOS]	2,29	2,59	1,60	1,04	1,99	2,62
	Desvio Padrão [MOS]	0,30	0,31	0,42	0,44	0,29	0,28

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

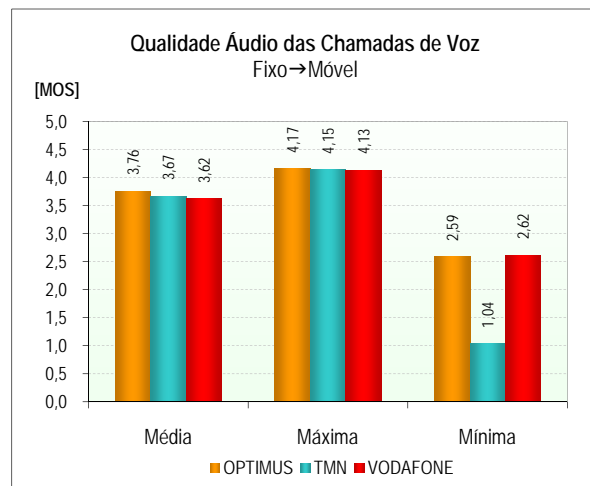
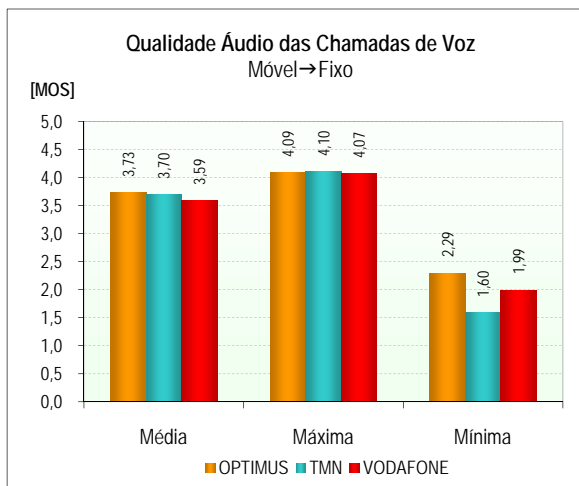




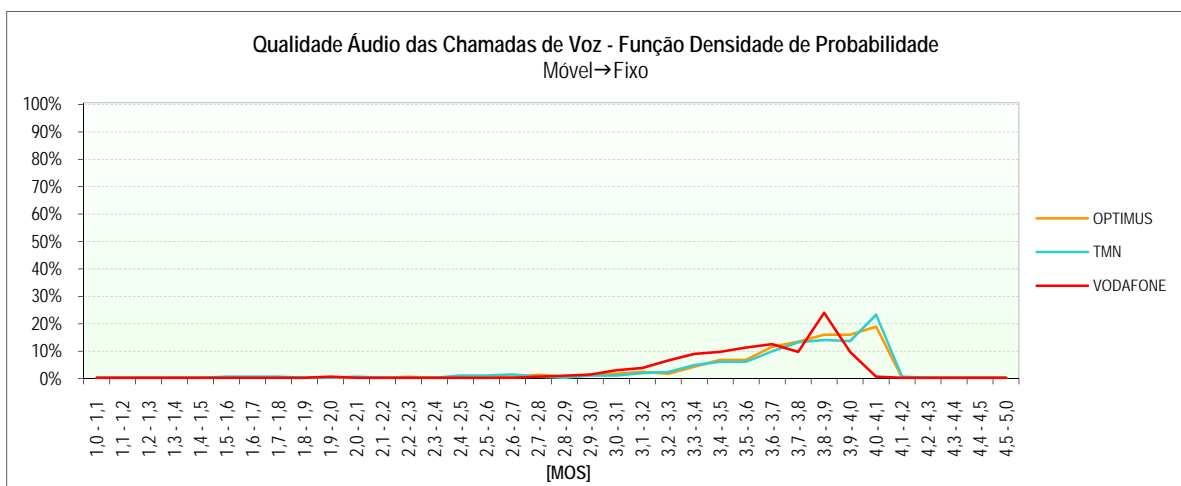
## 4.1.1.2 INDICADOR *TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS*

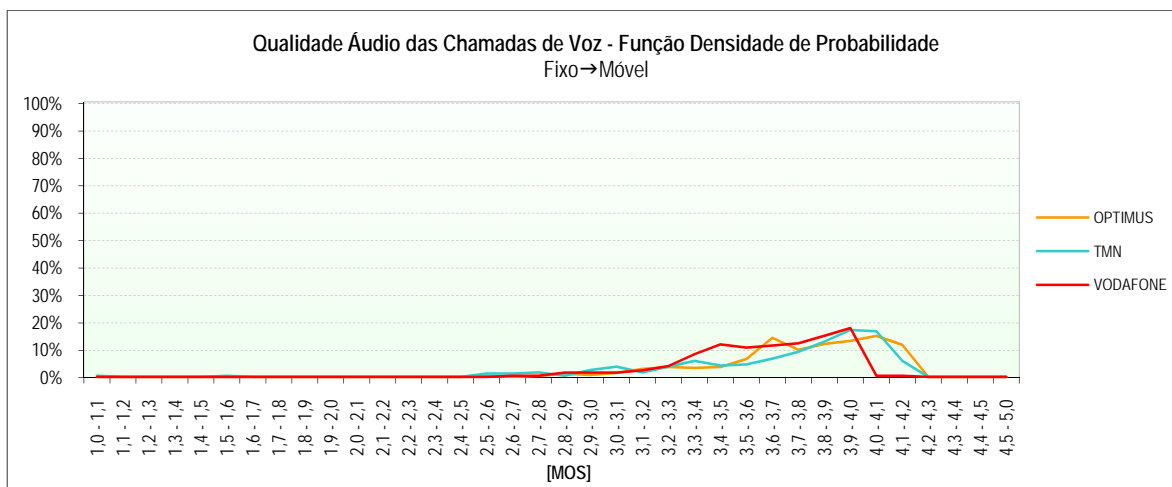


## 4.1.1.3 INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VOZ*



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

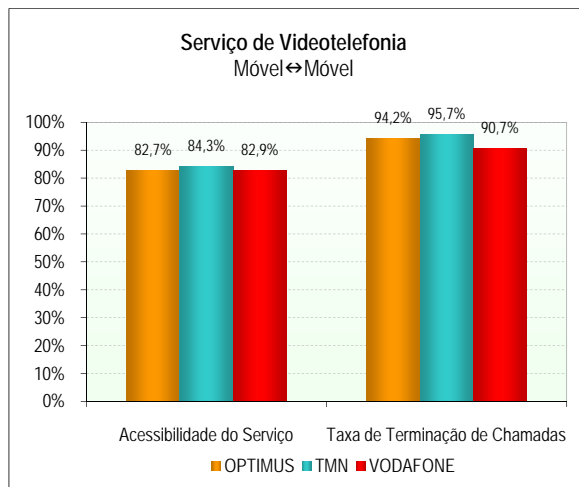




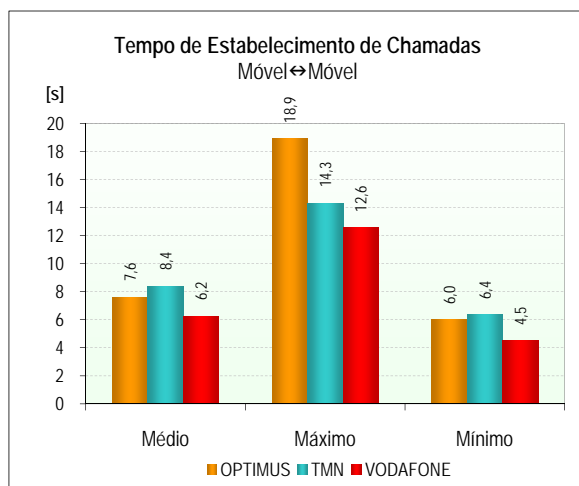
## 4.1.2 SERVIÇO DE VIDEOTELEFONIA (UMTS)

		OPTIMUS	TMN	VODAFONE
		Móvel↔Móvel	Móvel↔Móvel	Móvel↔Móvel
Chamadas Realizadas	Número de Chamadas	249	248	246
	Falhadas no Estabelecimento	43	39	42
	Falhadas Durante a Chamada	12	9	19
	Com Terminação Normal	194	200	185
	Acessibilidade do Serviço	82,7%	84,3%	82,9%
	Taxa de Terminação de Chamadas	94,2%	95,7%	90,7%
Estabelecimento das Chamadas	Número de Amostras (Chamadas)	206	209	204
	Tempo Médio [s]	7,6	8,4	6,2
	Tempo Máximo [s]	18,9	14,3	12,6
	Tempo Mínimo [s]	6,0	6,4	4,5
	Desvio Padrão [s]	1,8	1,5	1,6
Qualidade Áudio	Número de Amostras (Chamadas)	388	400	370
	Média [MOS]	3,88	3,54	3,88
	Máxima [MOS]	4,05	4,05	4,05
	Mínima [MOS]	1,23	1,00	1,00
	Desvio Padrão [MOS]	0,32	0,40	0,26
Qualidade Vídeo	Número de Amostras (Chamadas)	388	400	370
	Média [MOS]	2,24	1,91	2,25
	Máxima [MOS]	2,63	2,64	2,67
	Mínima [MOS]	1,02	1,00	1,18
	Desvio Padrão [MOS]	0,29	0,34	0,28

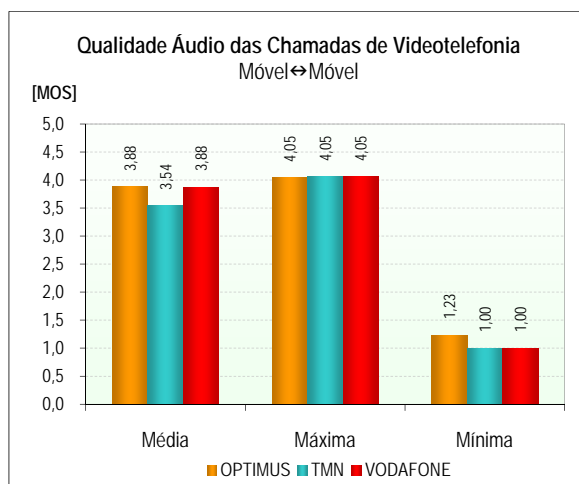
4.1.2.1 INDICADORES *ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO* E *TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS*



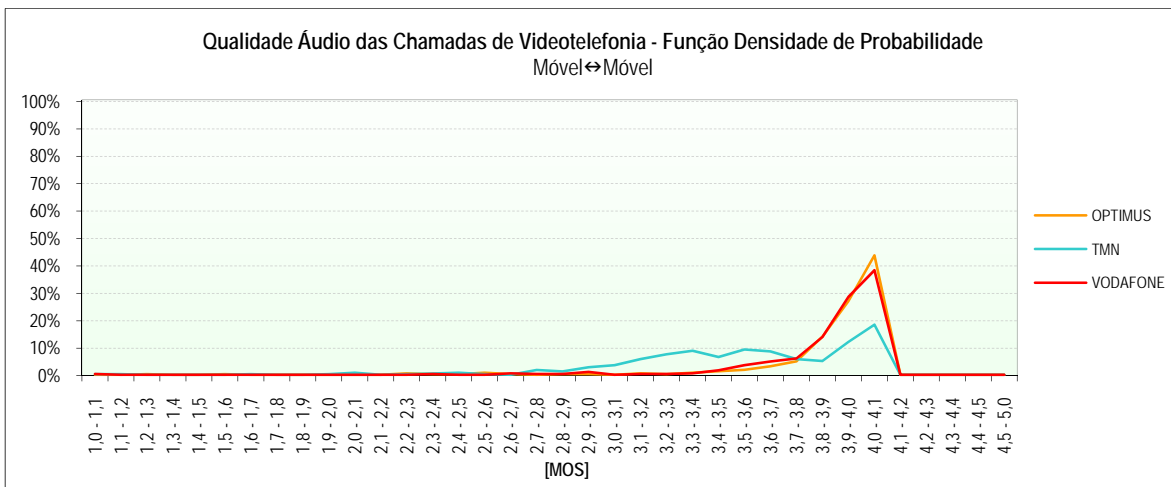
4.1.2.2 INDICADOR *TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS*



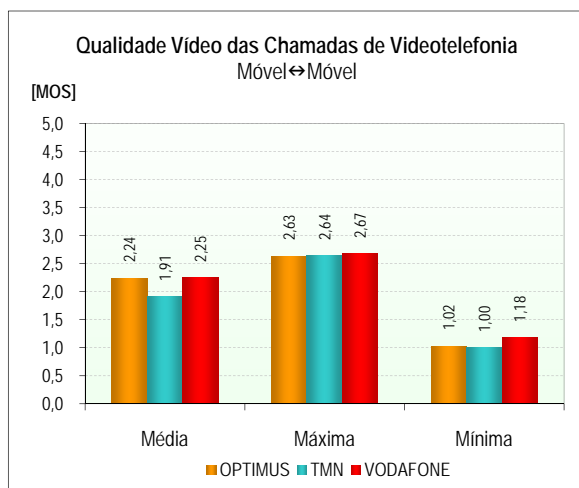
4.1.2.3 INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*



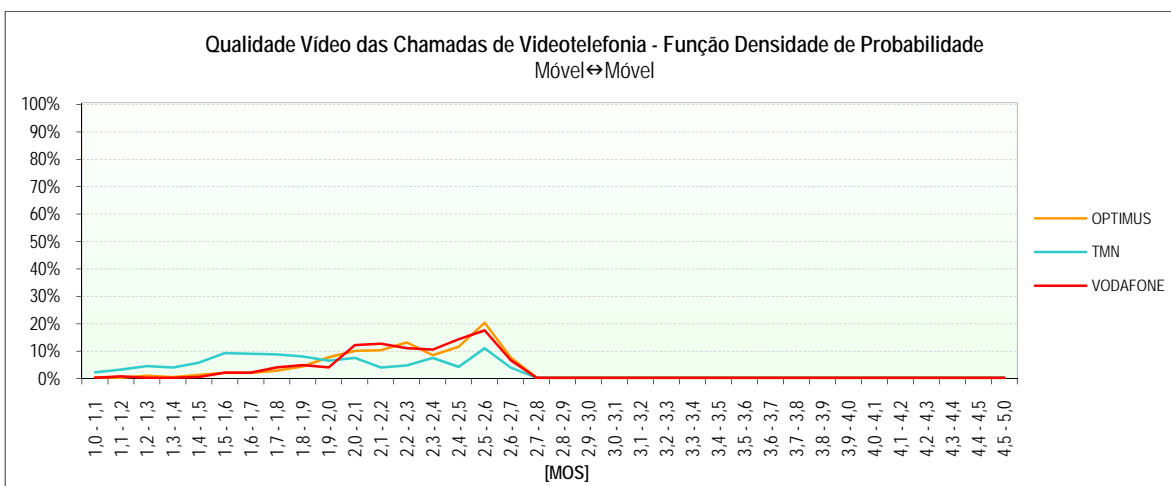
**4.1.2.4 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA***



**4.1.2.5 INDICADOR *QUALIDADE VIDEO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA***



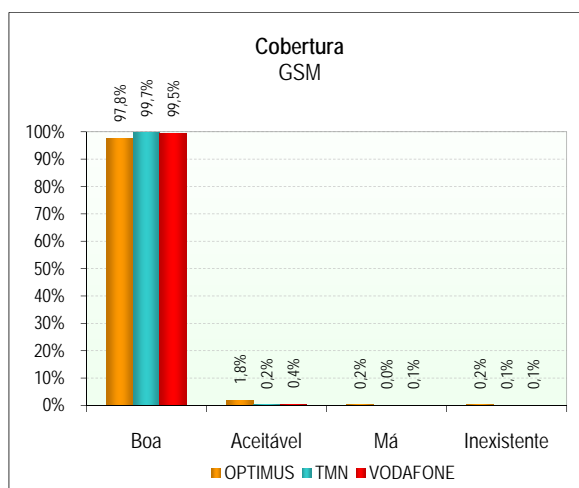
**4.1.2.6 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR *QUALIDADE VIDEO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA***



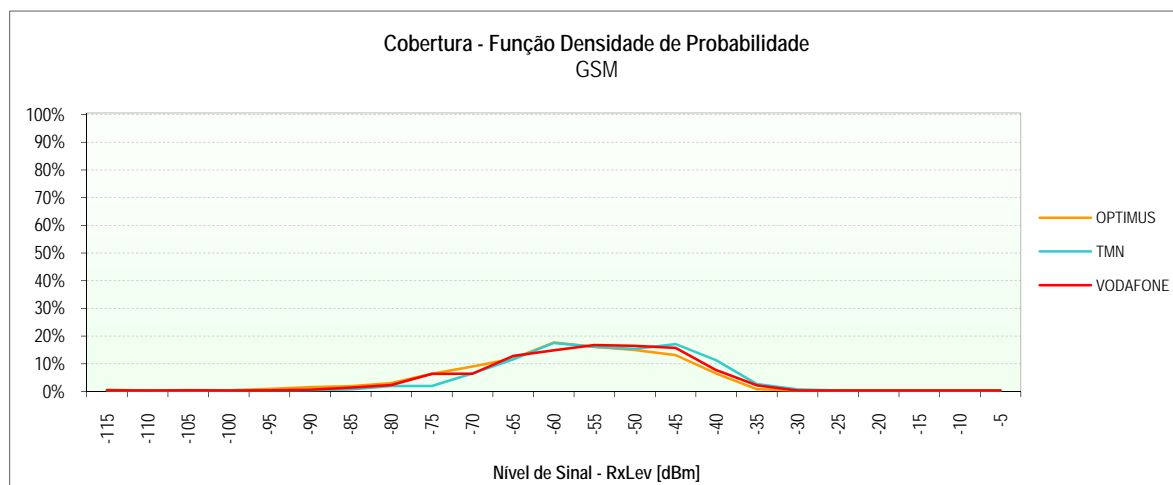
## 4.1.3 COBERTURA DAS REDES

	GSM			WCDMA			
	OPTIMUS	TMN	VODAFONE	OPTIMUS	TMN	VODAFONE	
Cobertura	Número de Amostras (Medições)	53.057	53.092	53.070	53.145	53.194	53.171
	Nível Médio de Sinal [dBm]	-56	-52	-54	-79	-75	-76
	Nível Máximo de Sinal [dBm]	-34	-29	-32	-44	-42	-43
	Nível Mínimo de Sinal [dBm]	-115	-115	-115	-120	-118	-121
	Desvio Padrão [dBm]	12	11	11	15	15	14
	Boa	97,8%	99,7%	99,5%	83,5%	90,3%	89,0%
	Aceitável	1,8%	0,2%	0,4%	12,3%	7,2%	7,8%
	Má	0,2%	0,0%	0,1%	4,2%	2,4%	3,1%
	Inexistente	0,2%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%	0,1%

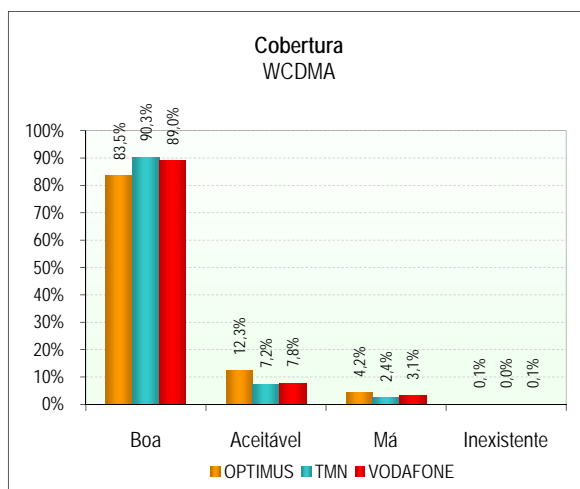
### 4.1.3.1 GSM



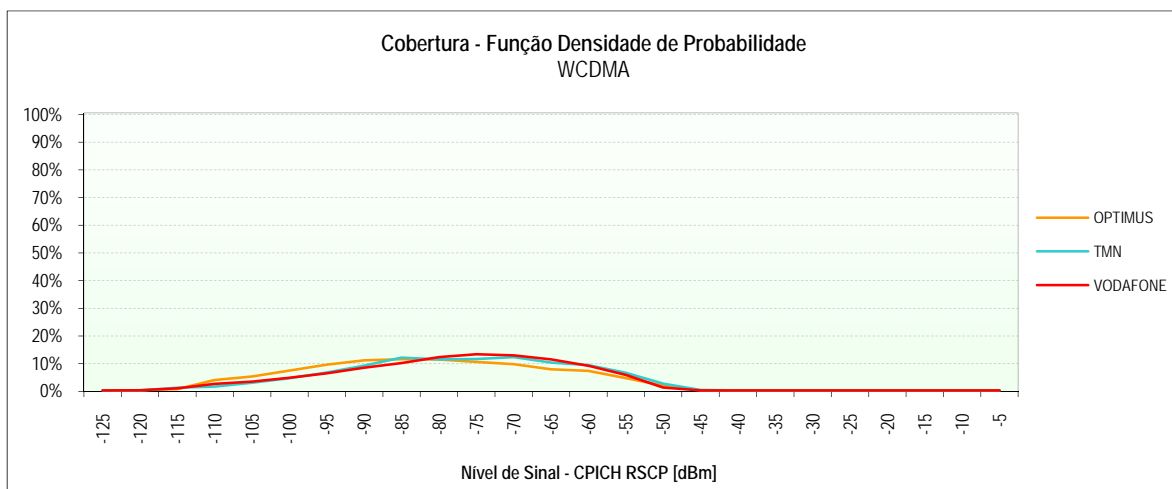
### 4.1.3.2 GSM - FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE



## 4.1.3.3 WCDMA



## 4.1.3.4 WCDMA - FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE

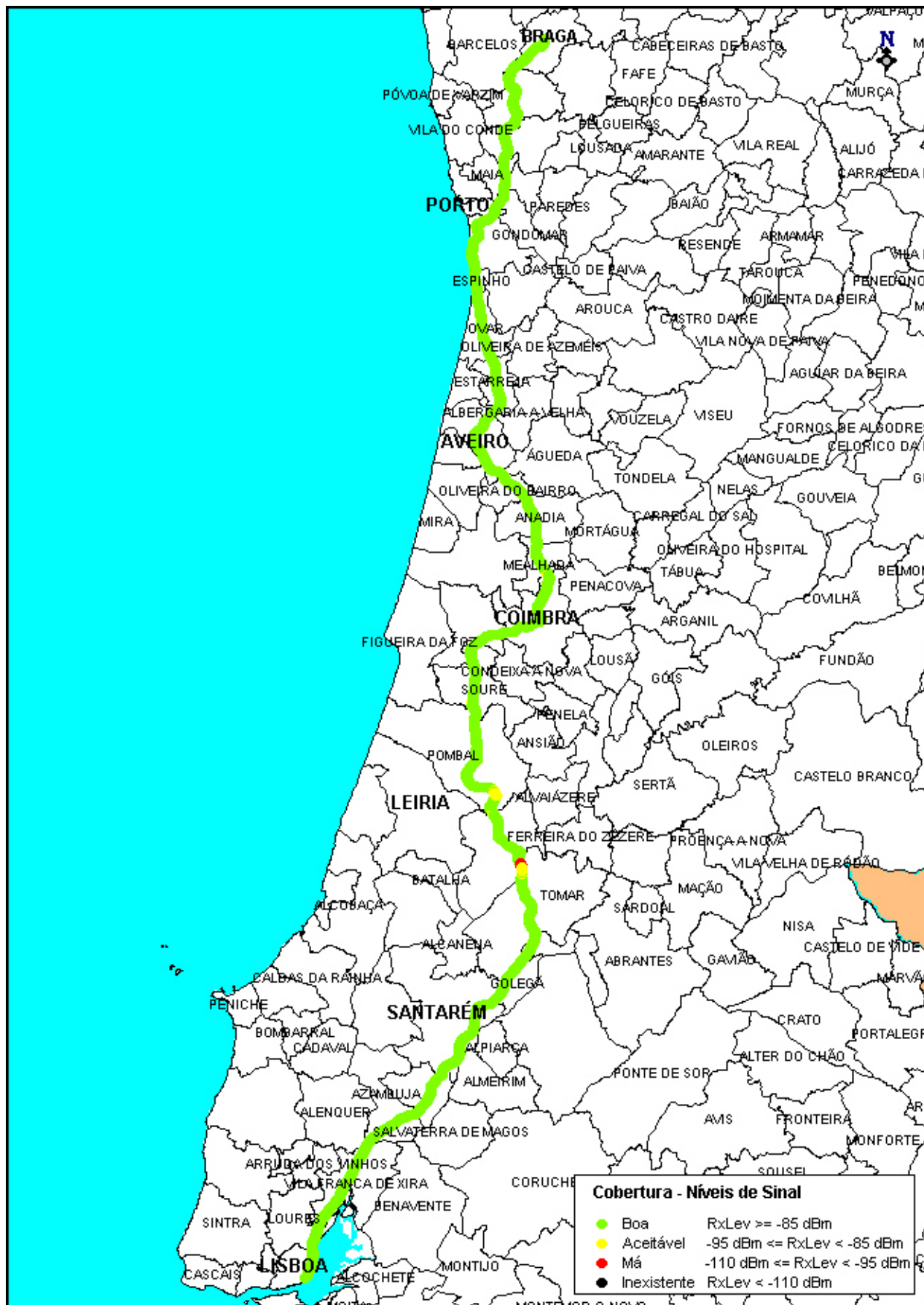


### 4.1.3.4.1 MAPAS DE COBERTURA

(Páginas seguintes)

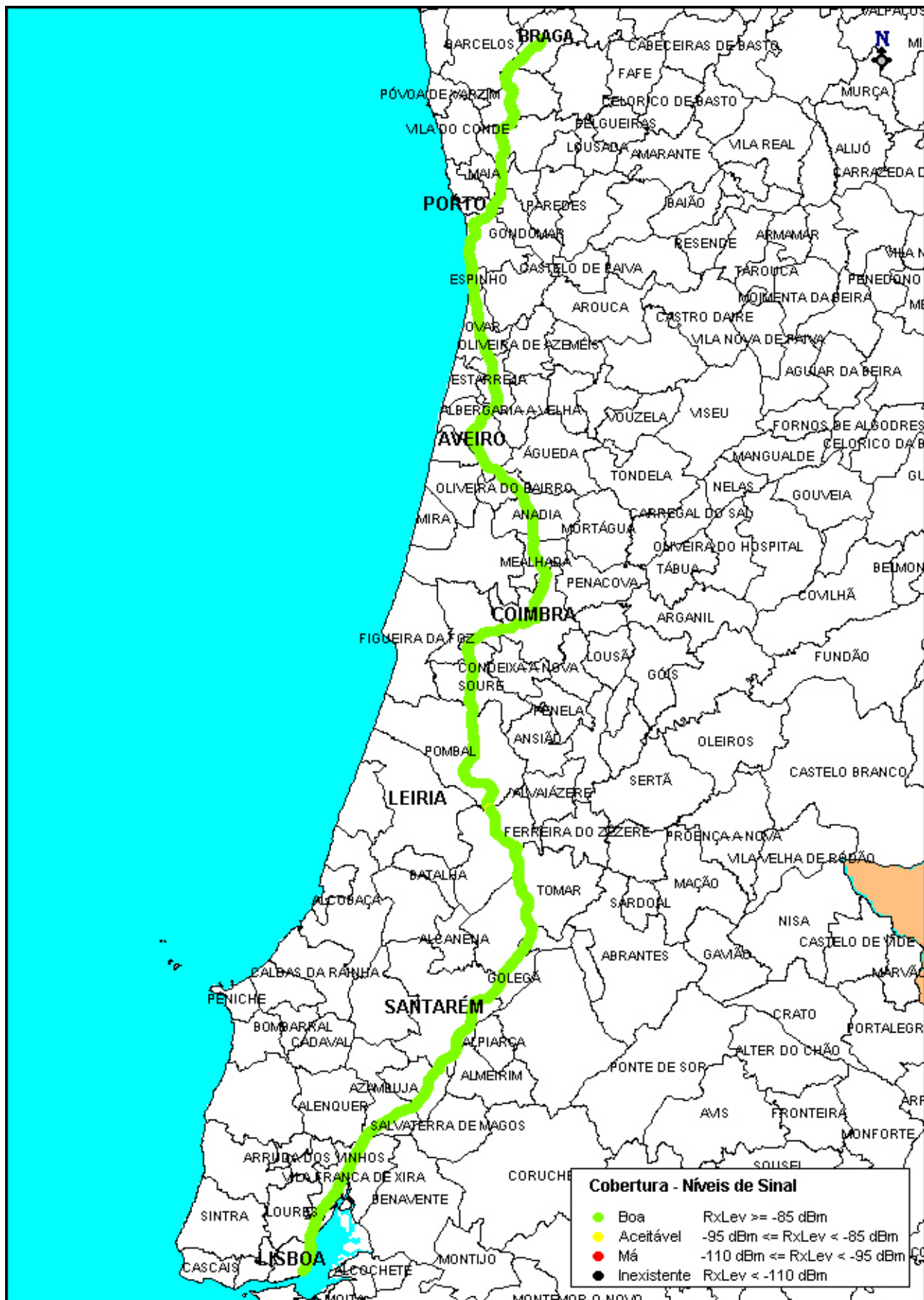
## SERVIÇO ALFA PENDULAR NO EIXO FERROVIÁRIO BRAGA-PORTO-LISBOA

OPTIMUS – Cobertura GSM



## SERVIÇO ALFA PENDULAR NO EIXO FERROVIÁRIO BRAGA-PORTO-LISBOA

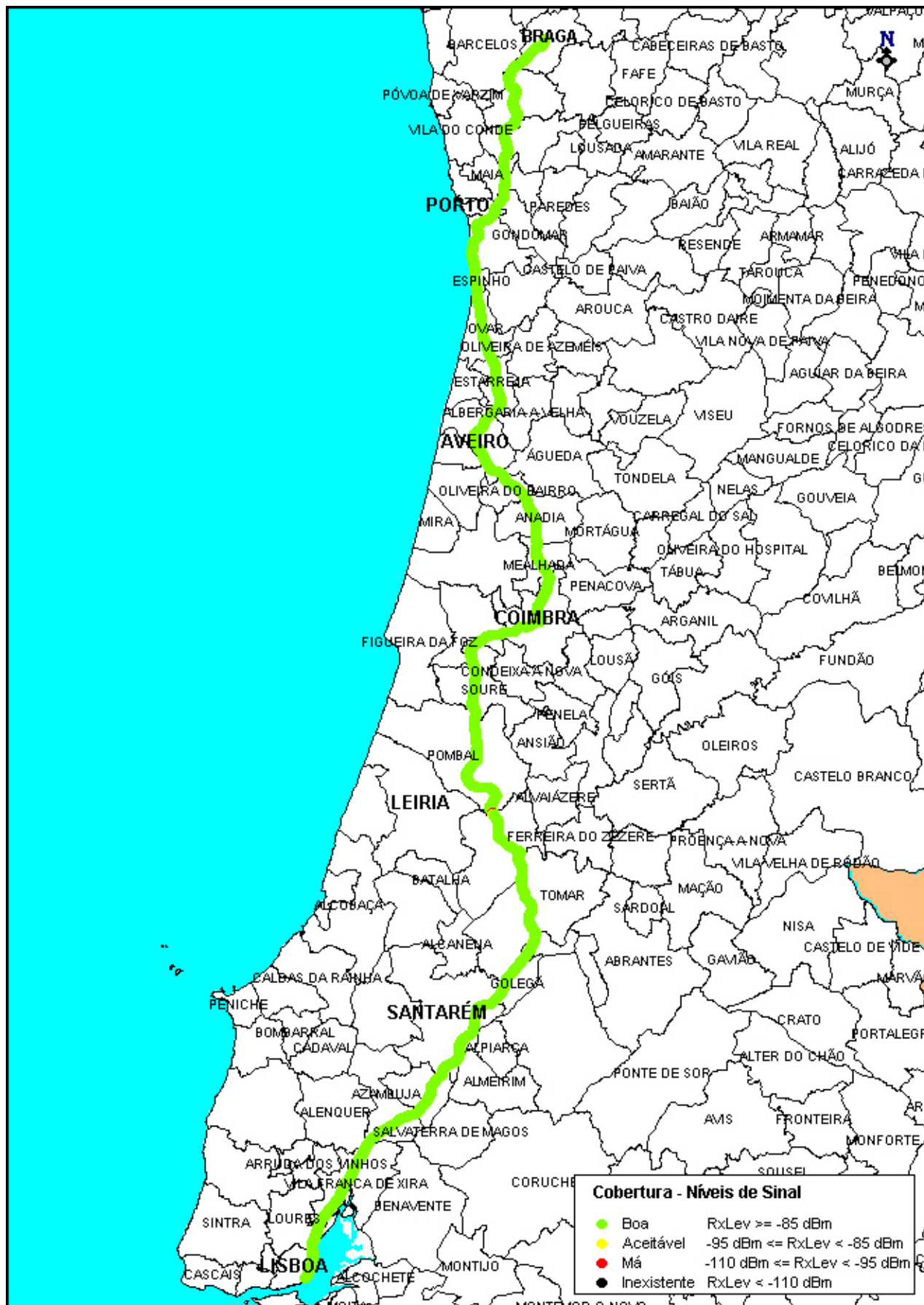
TMN – Cobertura GSM





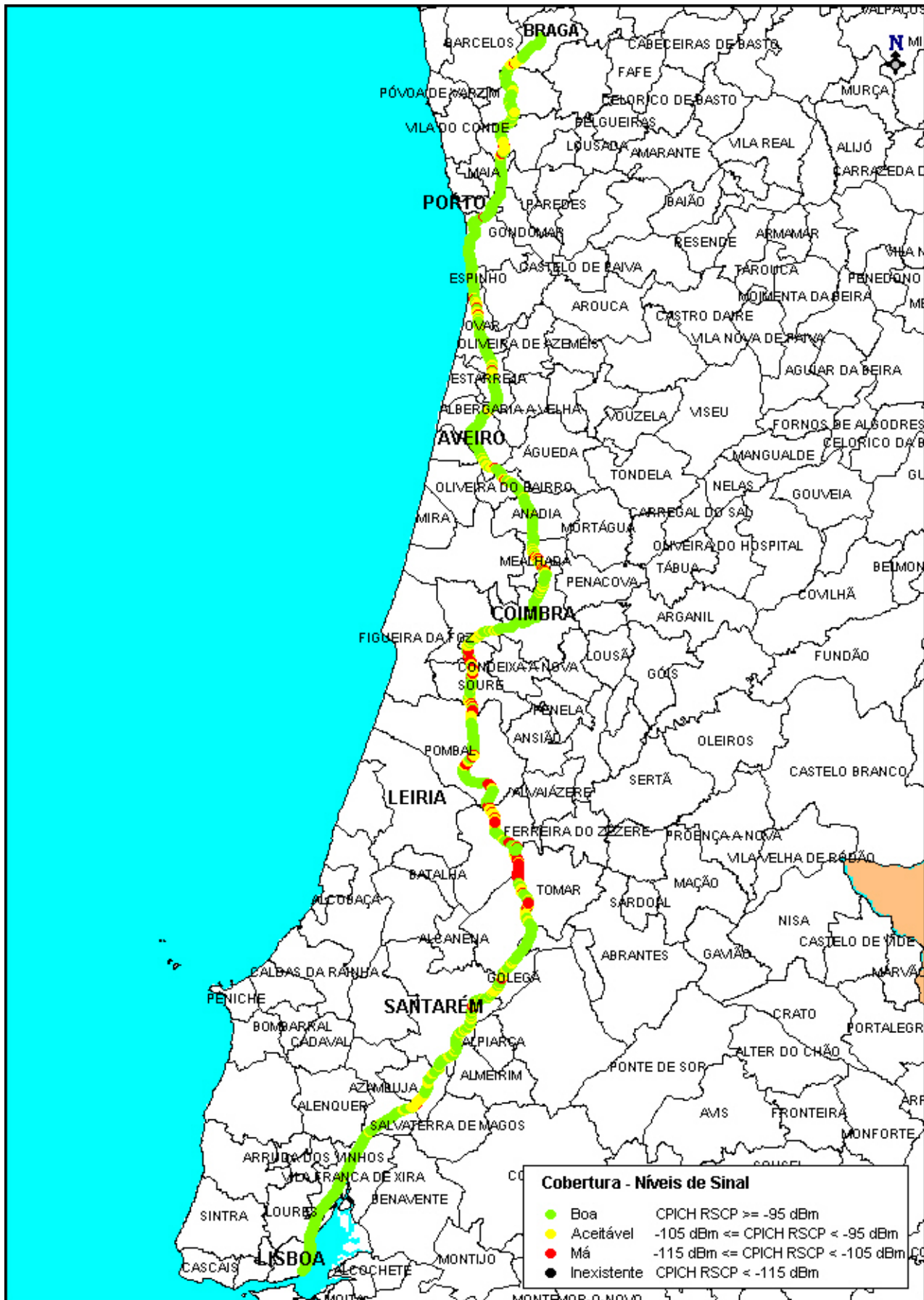
## SERVIÇO ALFA PENDULAR NO EIXO FERROVIÁRIO BRAGA-PORTO-LISBOA

VODAFONE – Cobertura GSM



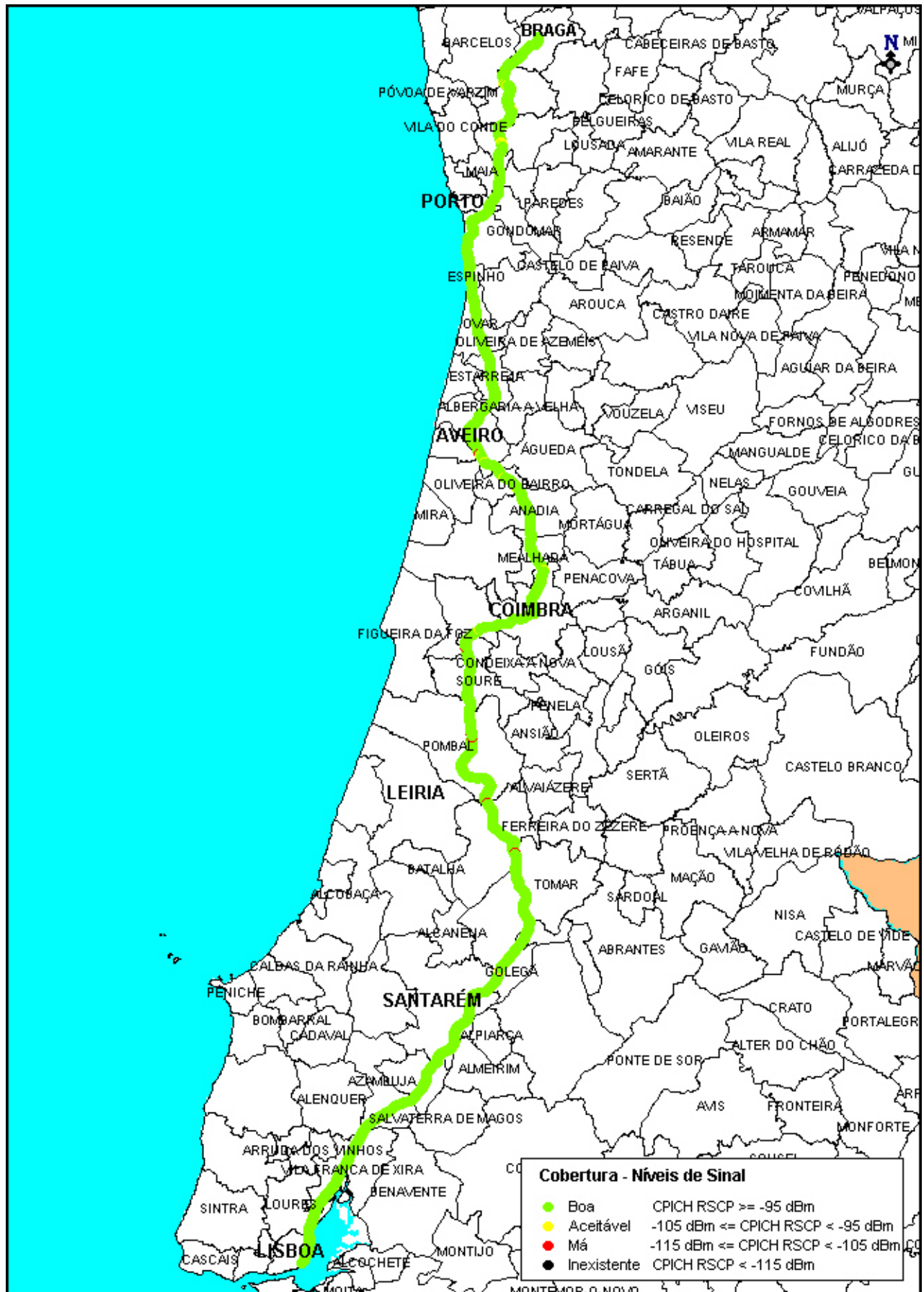
## SERVIÇO ALFA PENDULAR NO EIXO FERROVIÁRIO BRAGA-PORTO-LISBOA

OPTIMUS – Cobertura WCDMA



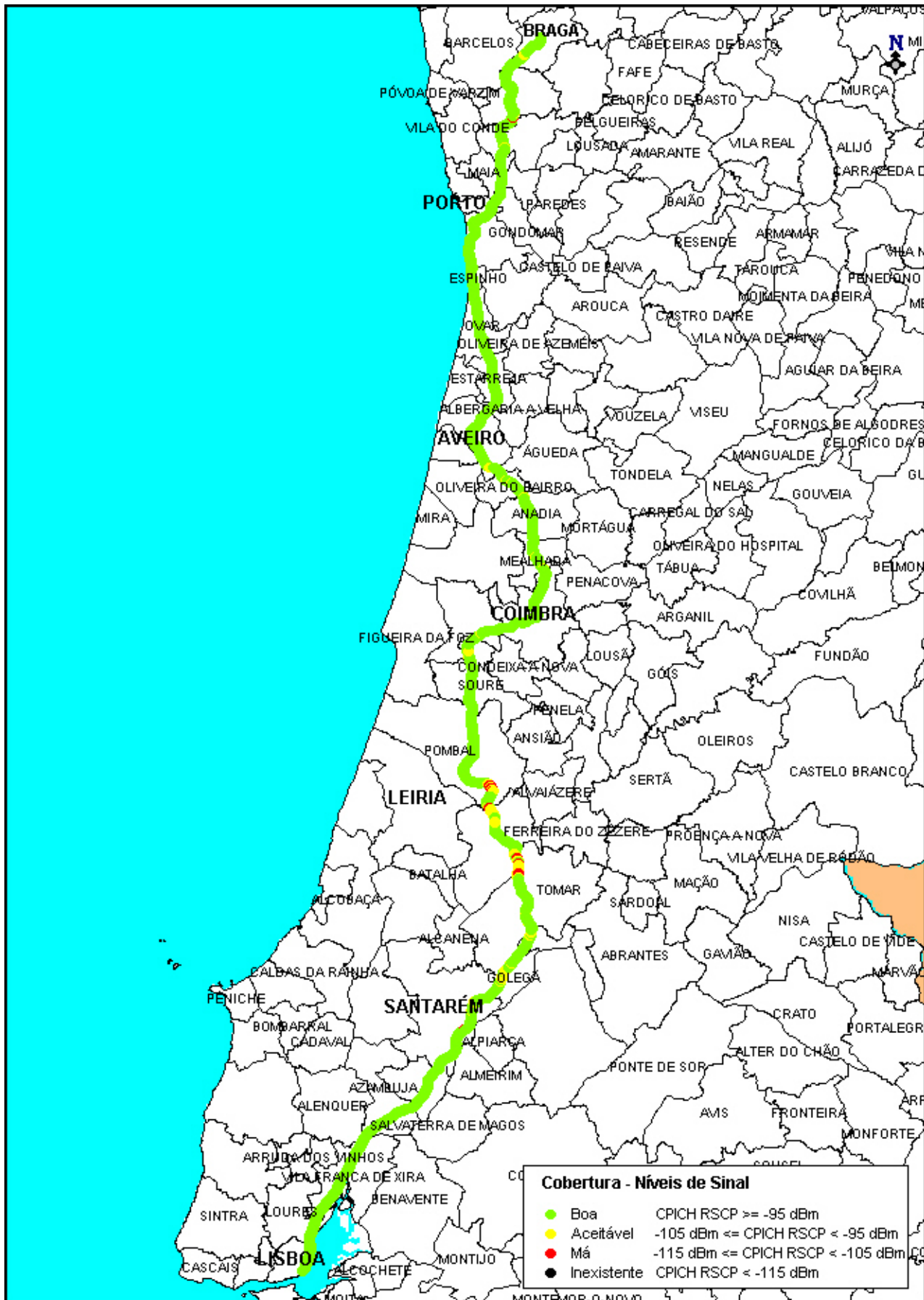
## SERVIÇO ALFA PENDULAR NO EIXO FERROVIÁRIO BRAGA-PORTO-LISBOA

TMN – Cobertura WCDMA



## SERVIÇO ALFA PENDULAR NO EIXO FERROVIÁRIO BRAGA-PORTO-LISBOA

VODAFONE – Cobertura WCDMA



## 4.2 SERVIÇO ALFA PENDULAR NO EIXO FERROVIÁRIO LISBOA-FARO

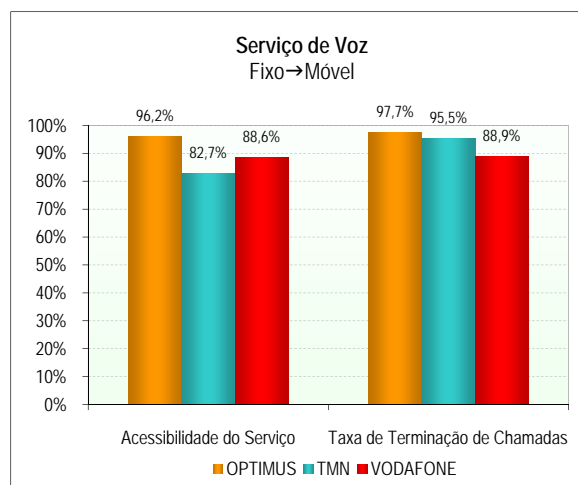
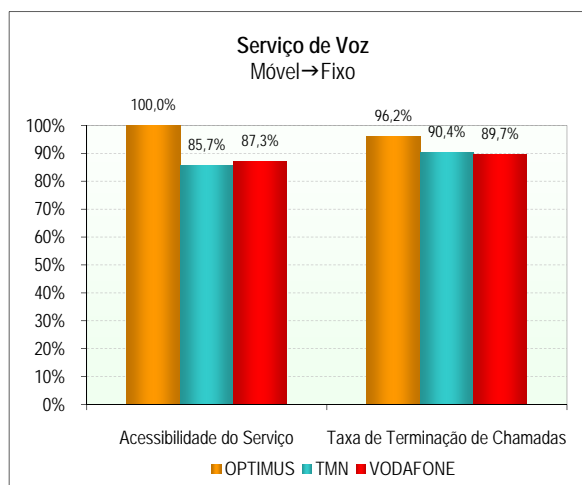
### Sessões de Medidas realizadas em:

- 22 de Abril de 2009, entre as 18h20 e as 22h10;
- 23 de Abril de 2009, entre as 7h05 e as 22h00;
- 24 de Abril de 2009, entre as 6h50 e as 10h15.

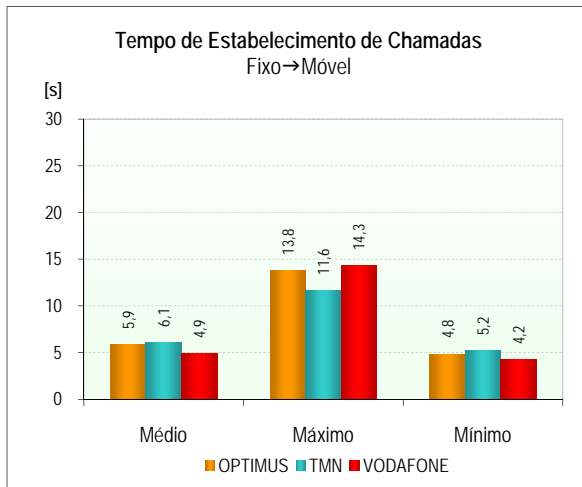
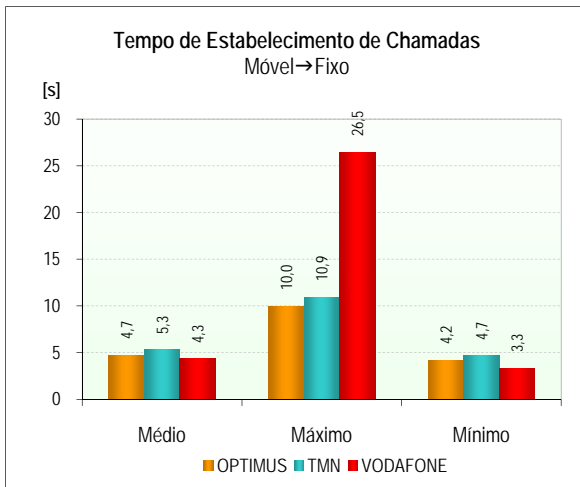
### 4.2.1 SERVIÇO DE VOZ (GSM)

		OPTIMUS		TMN		VODAFONE	
		Móvel→Fixo	Fixo→Móvel	Móvel→Fixo	Fixo→Móvel	Móvel→Fixo	Fixo→Móvel
Chamadas Realizadas	Número de Chamadas	131	133	133	133	134	132
	Falhadas no Estabelecimento	0	5	19	23	17	15
	Falhadas Durante a Chamada	5	3	11	5	12	13
	Com Terminação Normal	126	125	103	105	105	104
	Acessibilidade do Serviço	100,0%	96,2%	85,7%	82,7%	87,3%	88,6%
	Taxa de Terminação de Chamadas	96,2%	97,7%	90,4%	95,5%	89,7%	88,9%
Estabelecimento das Chamadas	Número de Amostras (Chamadas)	131	128	114	110	117	117
	Tempo Médio [s]	4,7	5,9	5,3	6,1	4,3	4,9
	Tempo Máximo [s]	10,0	13,8	10,9	11,6	26,5	14,3
	Tempo Mínimo [s]	4,2	4,8	4,7	5,2	3,3	4,2
	Desvio Padrão [s]	0,7	0,8	0,9	1,0	2,5	1,3
Qualidade de Áudio	Número de Amostras (Chamadas)	251	251	208	208	209	209
	Média [MOS]	3,88	3,90	3,74	3,86	3,69	3,73
	Máxima [MOS]	4,12	4,18	4,10	4,16	3,94	3,98
	Mínima [MOS]	2,90	2,79	1,77	2,42	2,20	2,30
	Desvio Padrão [MOS]	0,22	0,27	0,35	0,34	0,27	0,27

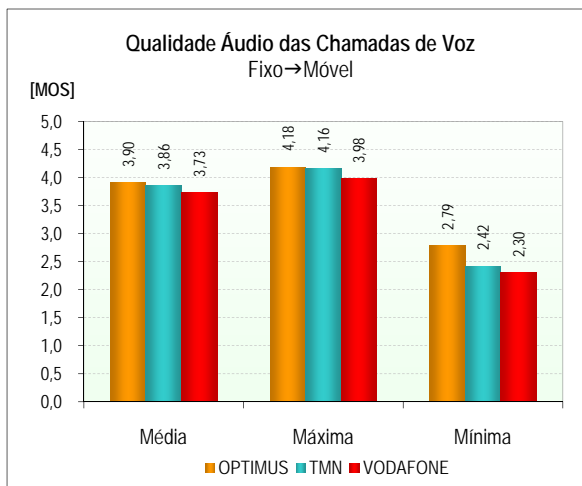
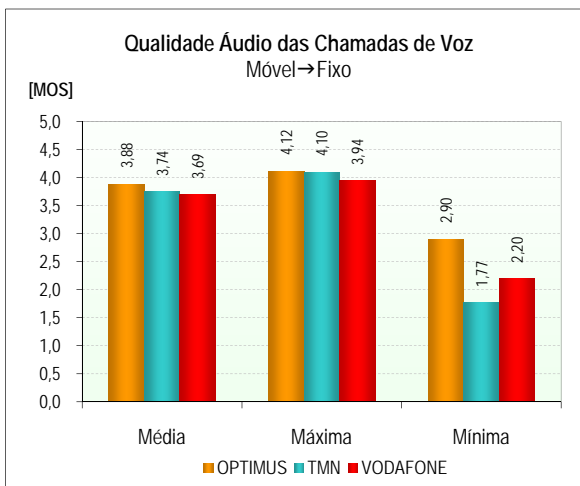
#### 4.2.1.1 INDICADORES ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO E TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS



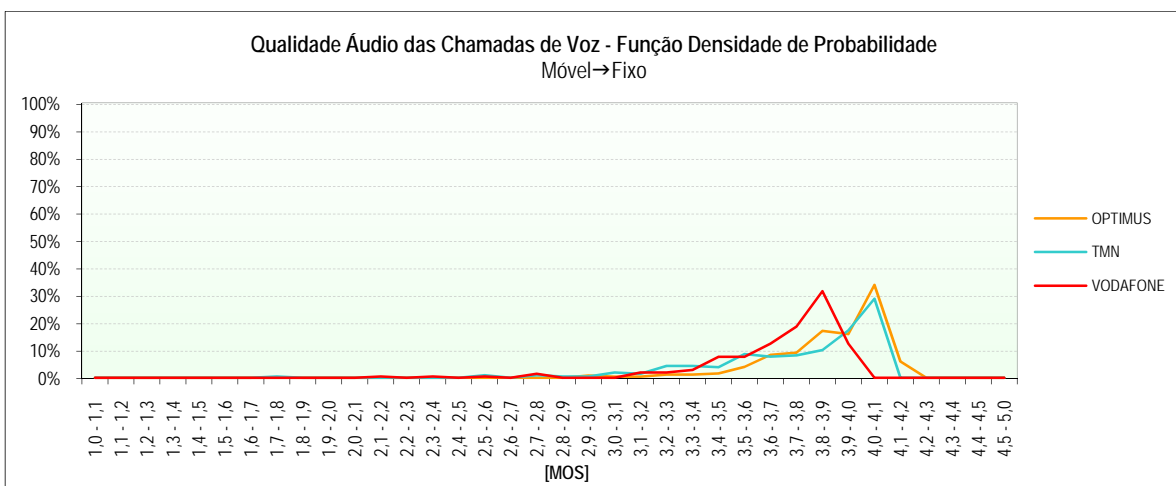
## 4.2.1.2 INDICADOR *TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS*

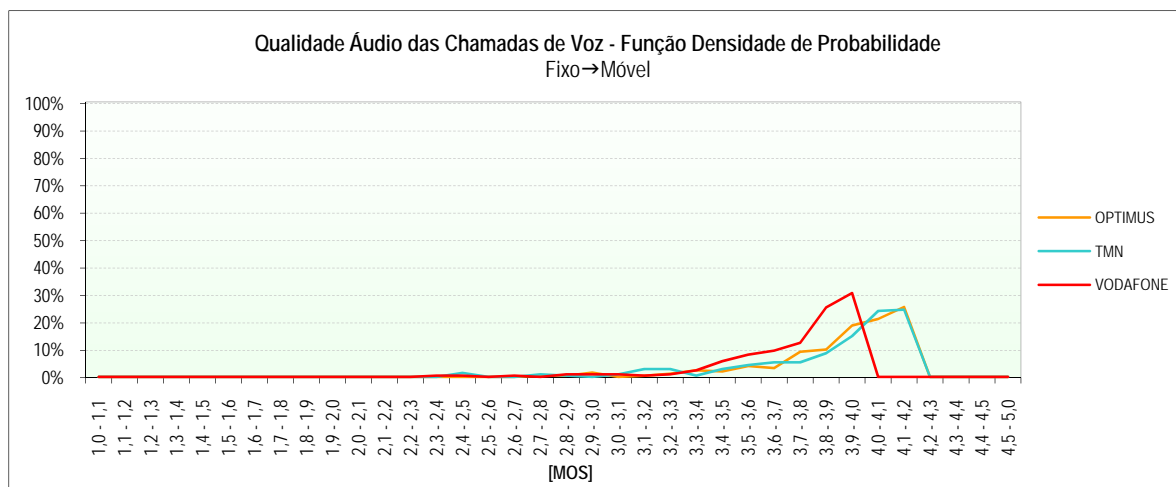


## 4.2.1.3 INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VOZ*



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

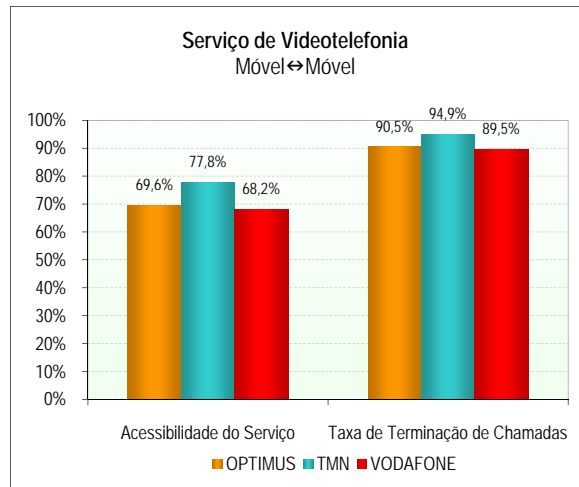




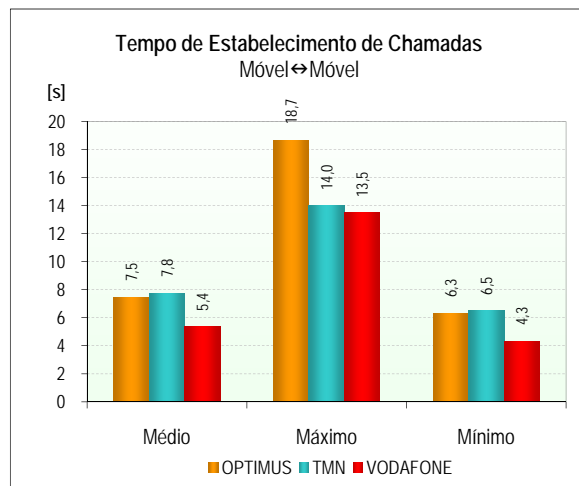
## 4.2.2 SERVIÇO DE VIDEOTELEFONIA (UMTS)

		OPTIMUS	TMN	VODAFONE
		Móvel↔Móvel	Móvel↔Móvel	Móvel↔Móvel
<b>Chamadas Realizadas</b>	Número de Chamadas	227	225	223
	Falhadas no Estabelecimento	69	50	71
	Falhadas Durante a Chamada	15	9	16
	Com Terminação Normal	143	166	136
	Acessibilidade do Serviço	69,6%	77,8%	68,2%
	Taxa de Terminação de Chamadas	90,5%	94,9%	89,5%
<b>Estabelecimento das Chamadas</b>	Número de Amostras (Chamadas)	158	175	152
	Tempo Médio [s]	7,5	7,8	5,4
	Tempo Máximo [s]	18,7	14,0	13,5
	Tempo Mínimo [s]	6,3	6,5	4,3
	Desvio Padrão [s]	1,6	1,3	1,3
<b>Qualidade Áudio</b>	Número de Amostras (Chamadas)	286	332	272
	Média [MOS]	3,90	3,74	3,84
	Máxima [MOS]	4,05	4,04	4,05
	Mínima [MOS]	1,51	2,21	1,00
	Desvio Padrão [MOS]	0,30	0,29	0,43
<b>Qualidade Vídeo</b>	Número de Amostras (Chamadas)	286	332	272
	Média [MOS]	2,35	2,07	2,35
	Máxima [MOS]	2,66	2,65	2,67
	Mínima [MOS]	1,50	1,02	1,18
	Desvio Padrão [MOS]	0,25	0,34	0,27

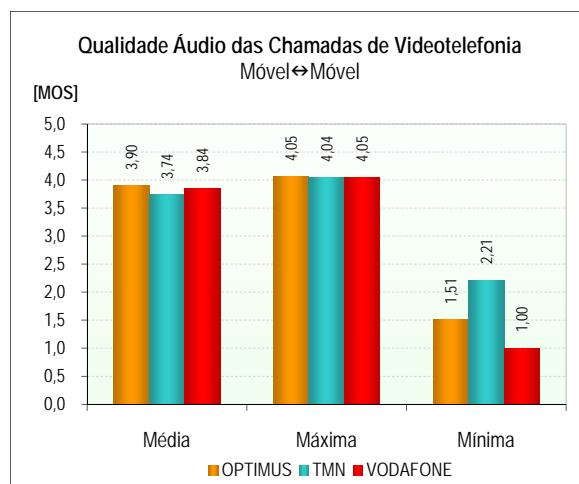
## 4.2.2.1 INDICADORES *ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO* E *TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS*



## 4.2.2.2 INDICADOR *TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS*

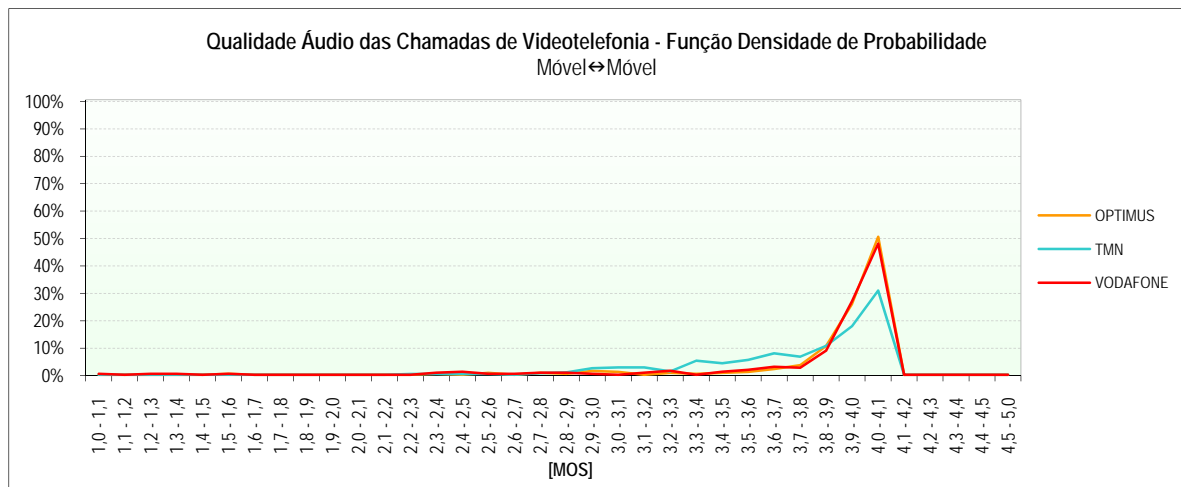


## 4.2.2.3 INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*

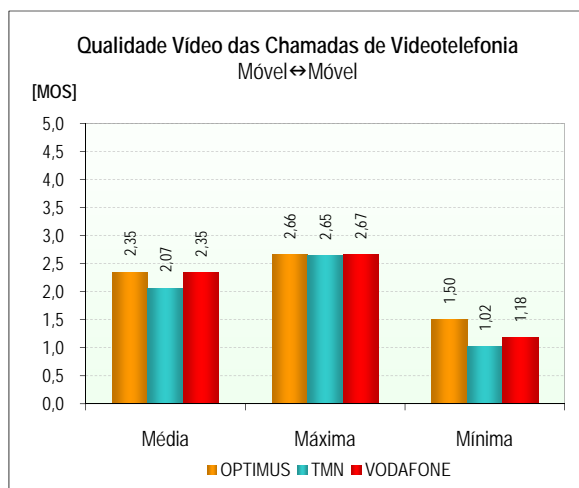




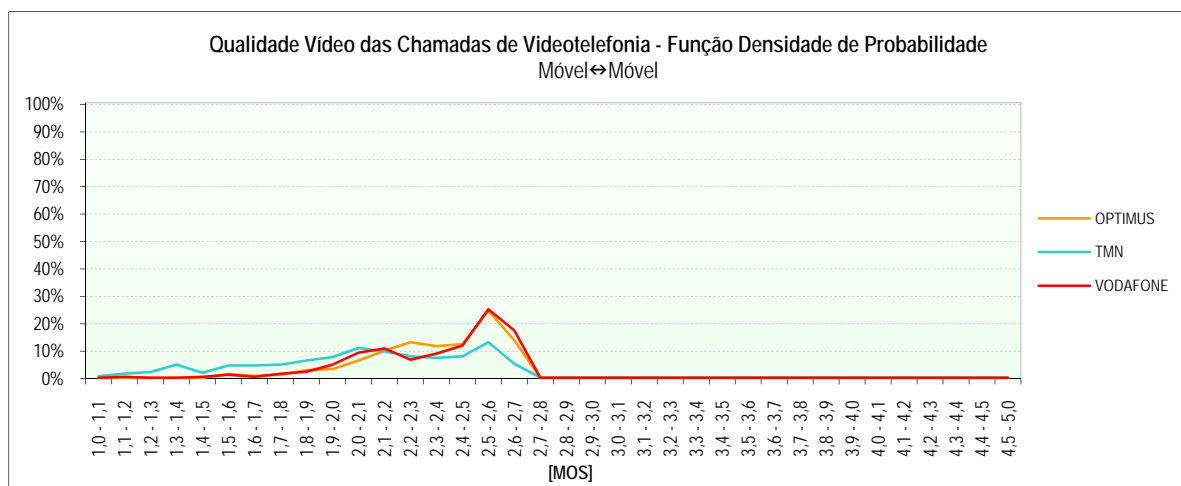
#### 4.2.2.4 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*



#### 4.2.2.5 INDICADOR *QUALIDADE VIDEO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*



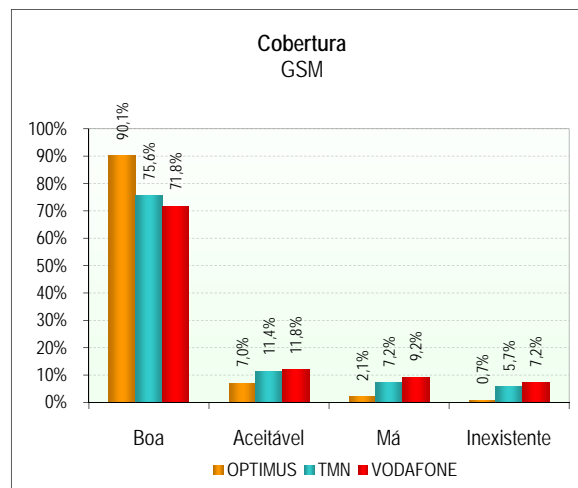
#### 4.2.2.6 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR *QUALIDADE VIDEO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*



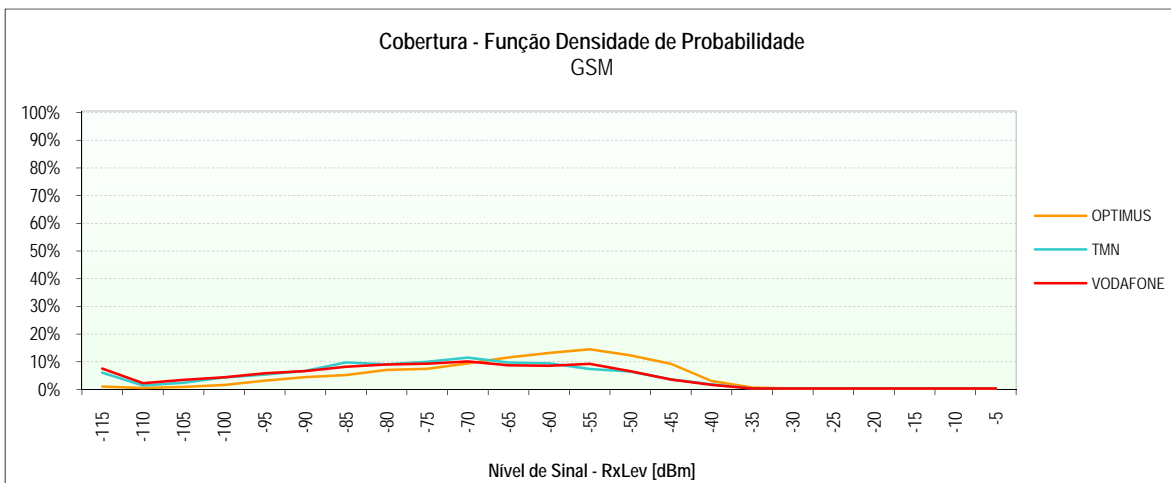
## 4.2.3 COBERTURA DAS REDES

		GSM			WCDMA		
		OPTIMUS	TMN	VODAFONE	OPTIMUS	TMN	VODAFONE
Cobertura	Número de Amostras (Medições)	48.542	48.517	48.471	48.680	48.693	48.694
	Nível Médio de Sinal [dBm]	-62	-73	-74	-96	-80	-88
	Nível Máximo de Sinal [dBm]	-34	-36	-36	-50	-44	-43
	Nível Mínimo de Sinal [dBm]	-115	-116	-117	-128	-123	-126
	Desvio Padrão [dBm]	16	19	20	15	17	18
	Boa	90,1%	75,6%	71,8%	46,8%	77,5%	60,0%
	Aceitável	7,0%	11,4%	11,8%	17,9%	11,5%	17,0%
	Má	2,1%	7,2%	9,2%	24,5%	10,9%	19,1%
	Inexistente	0,7%	5,7%	7,2%	10,8%	0,1%	3,9%

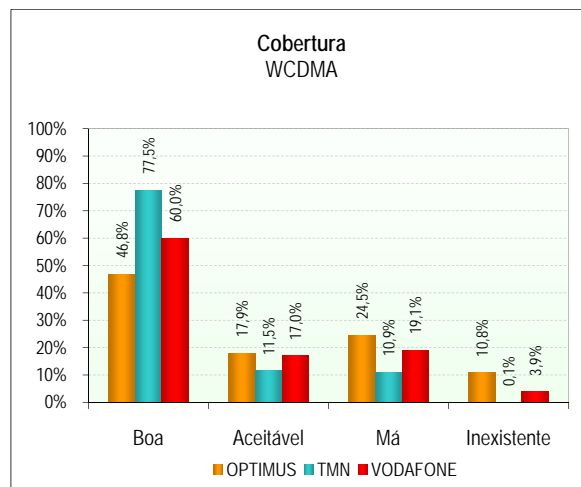
### 4.2.3.1 GSM



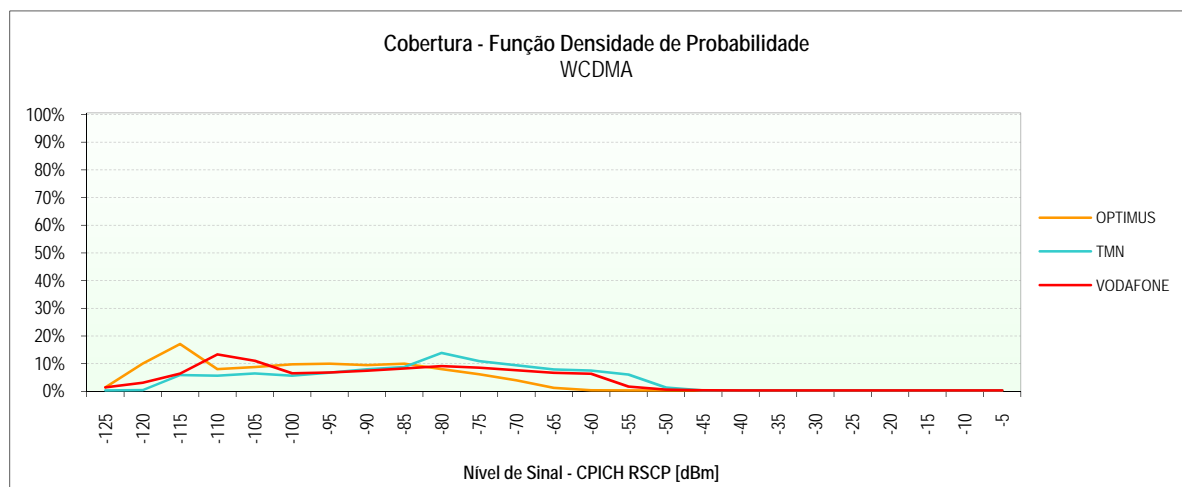
### 4.2.3.2 GSM - FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE



## 4.2.3.3 WCDMA



## 4.2.3.4 WCDMA - FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE

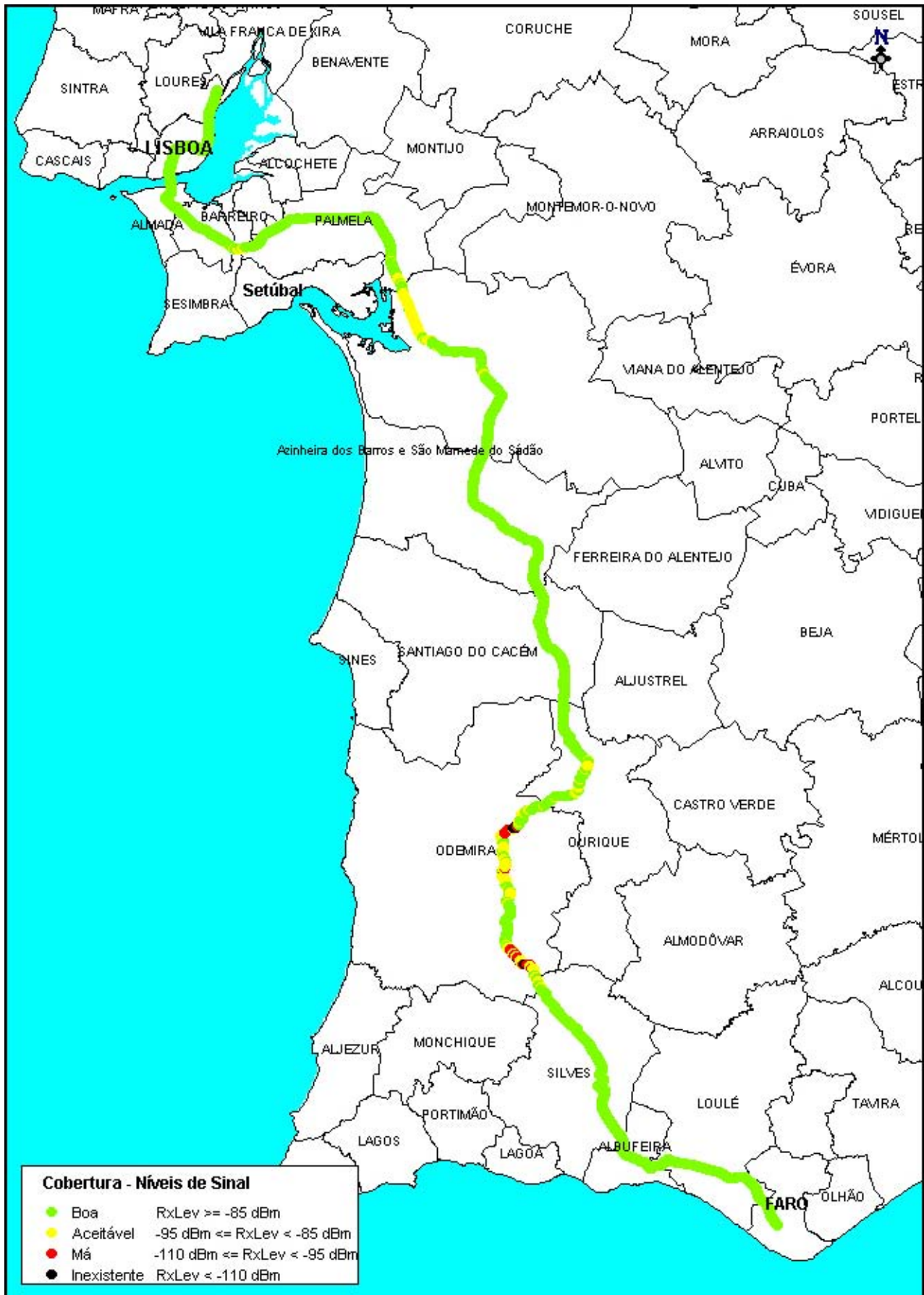


## 4.2.3.4.1 MAPAS DE COBERTURA

(Páginas seguintes)

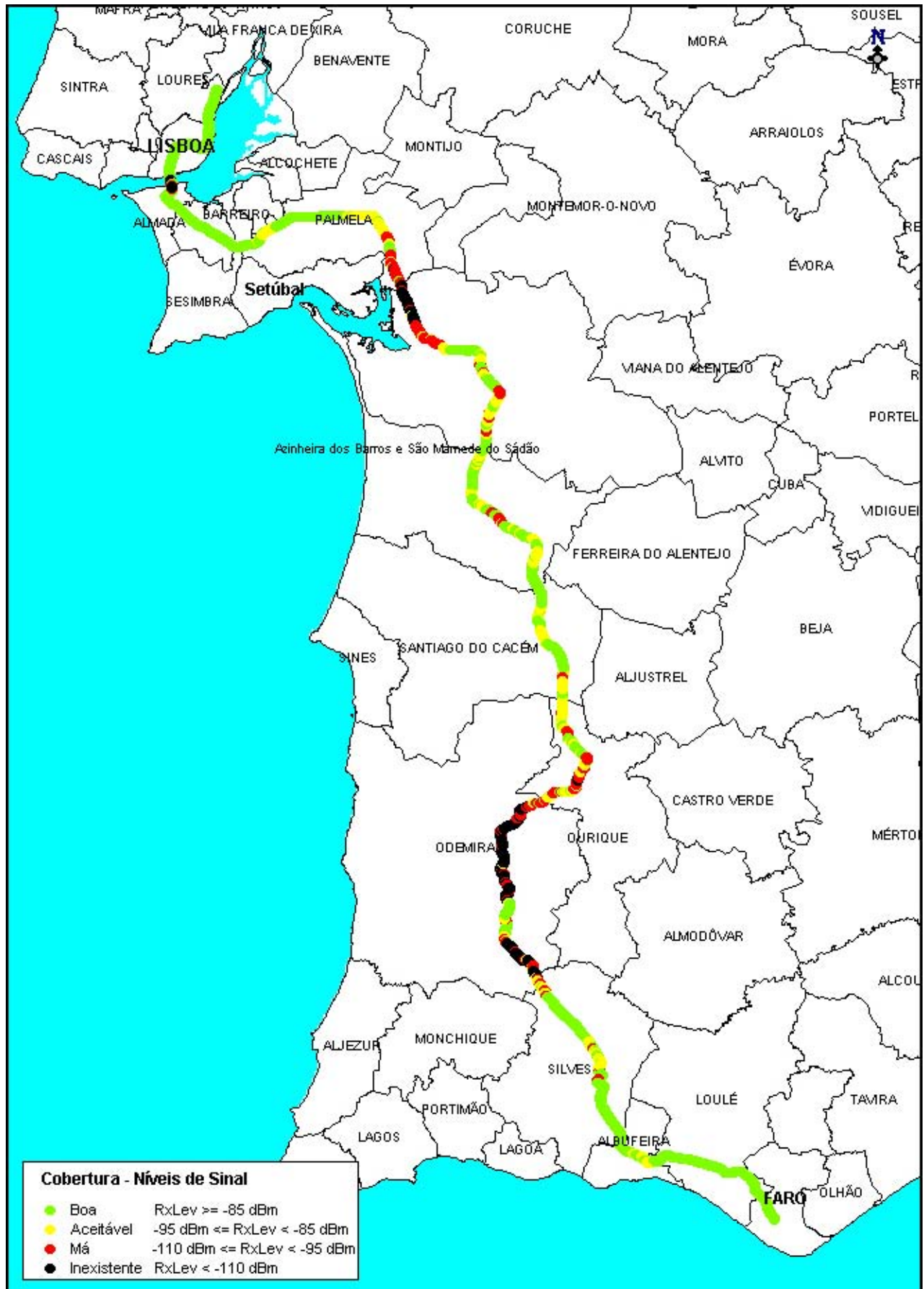
## SERVIÇO ALFA PENDULAR NO EIXO FERROVIÁRIO LISBOA-FARO

OPTIMUS – Cobertura GSM



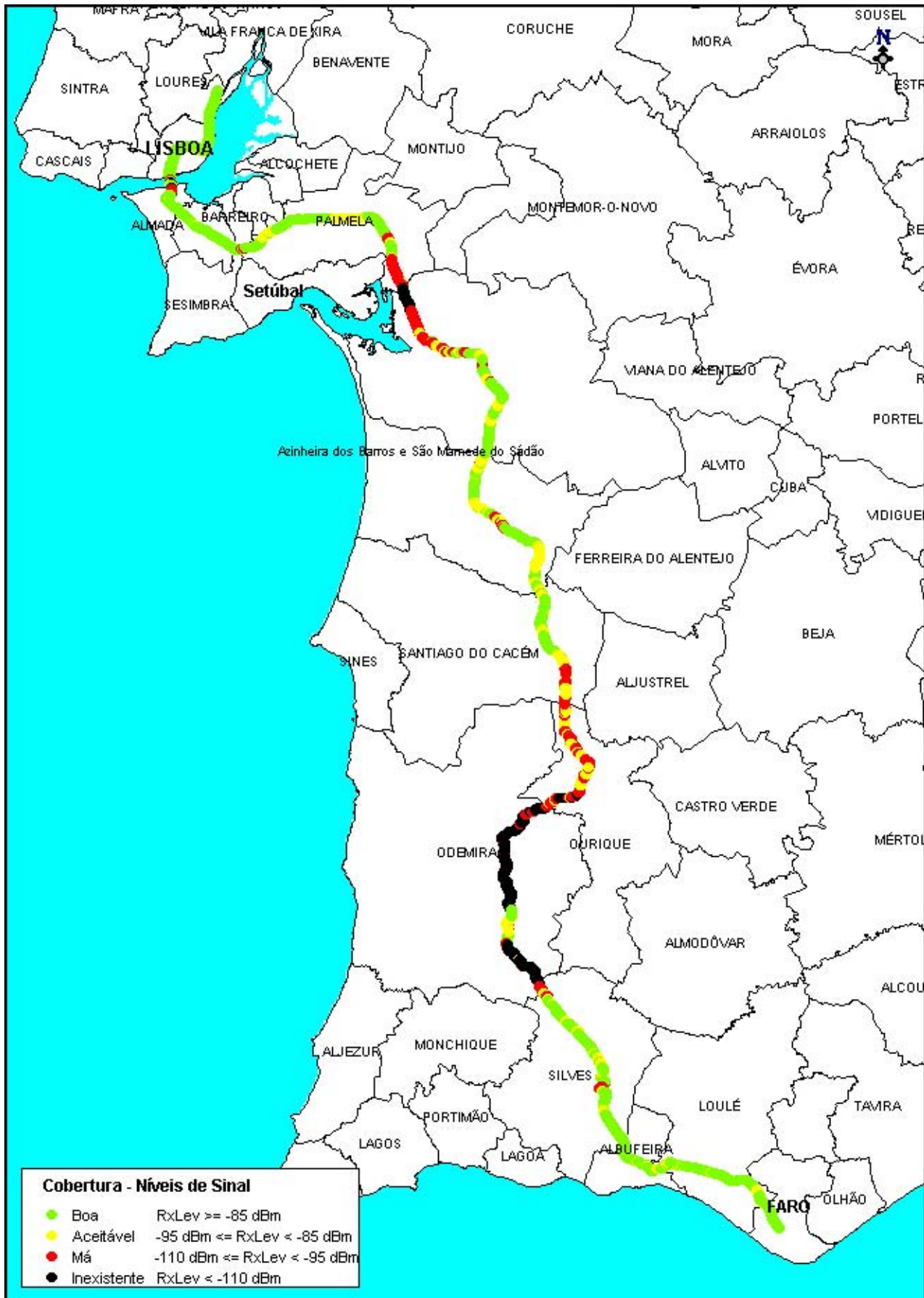
## SERVIÇO ALFA PENDULAR NO EIXO FERROVIÁRIO LISBOA-FARO

TMN – Cobertura GSM



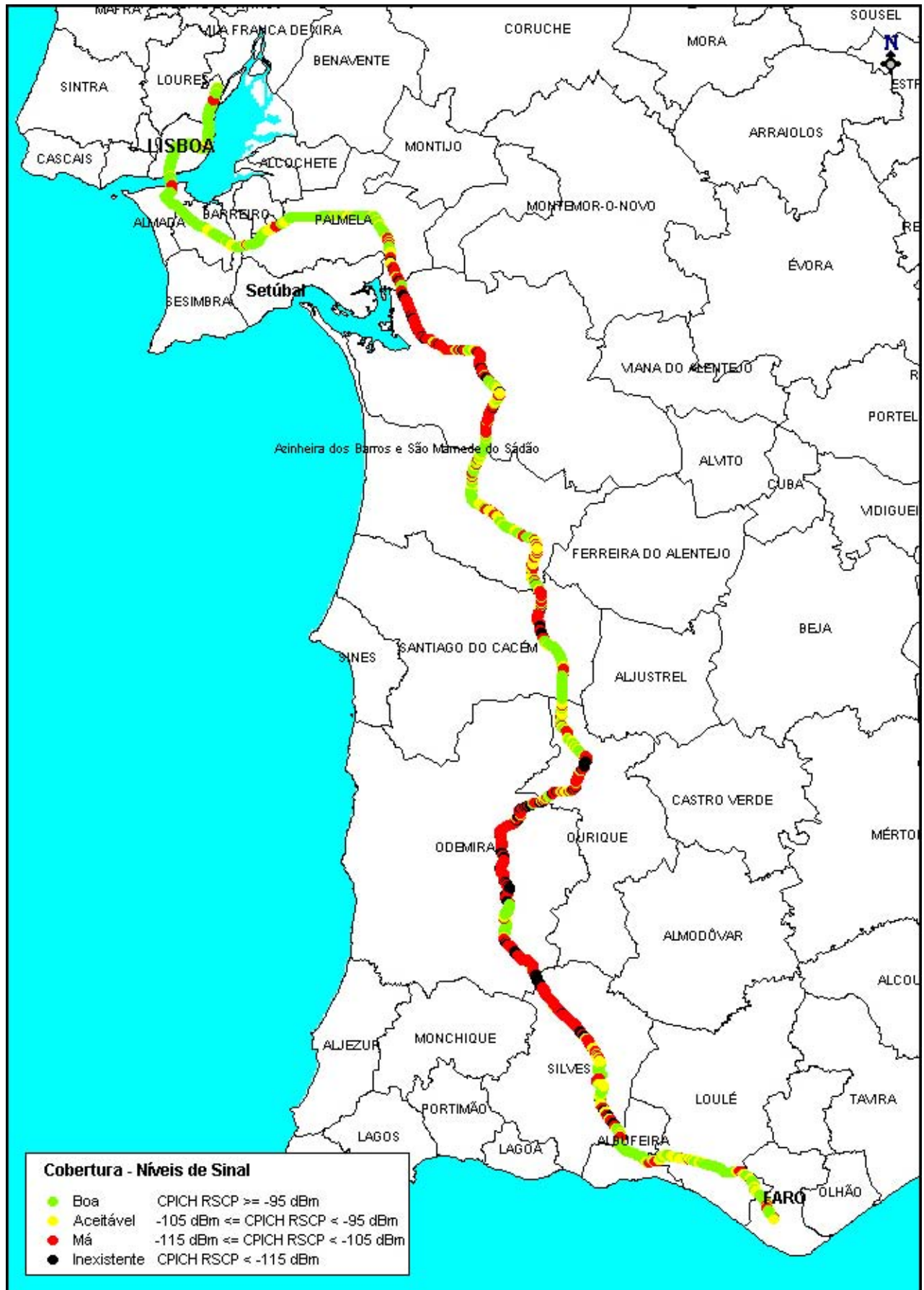
## SERVIÇO ALFA PENDULAR NO EIXO FERROVIÁRIO LISBOA-FARO

VODAFONE – Cobertura GSM



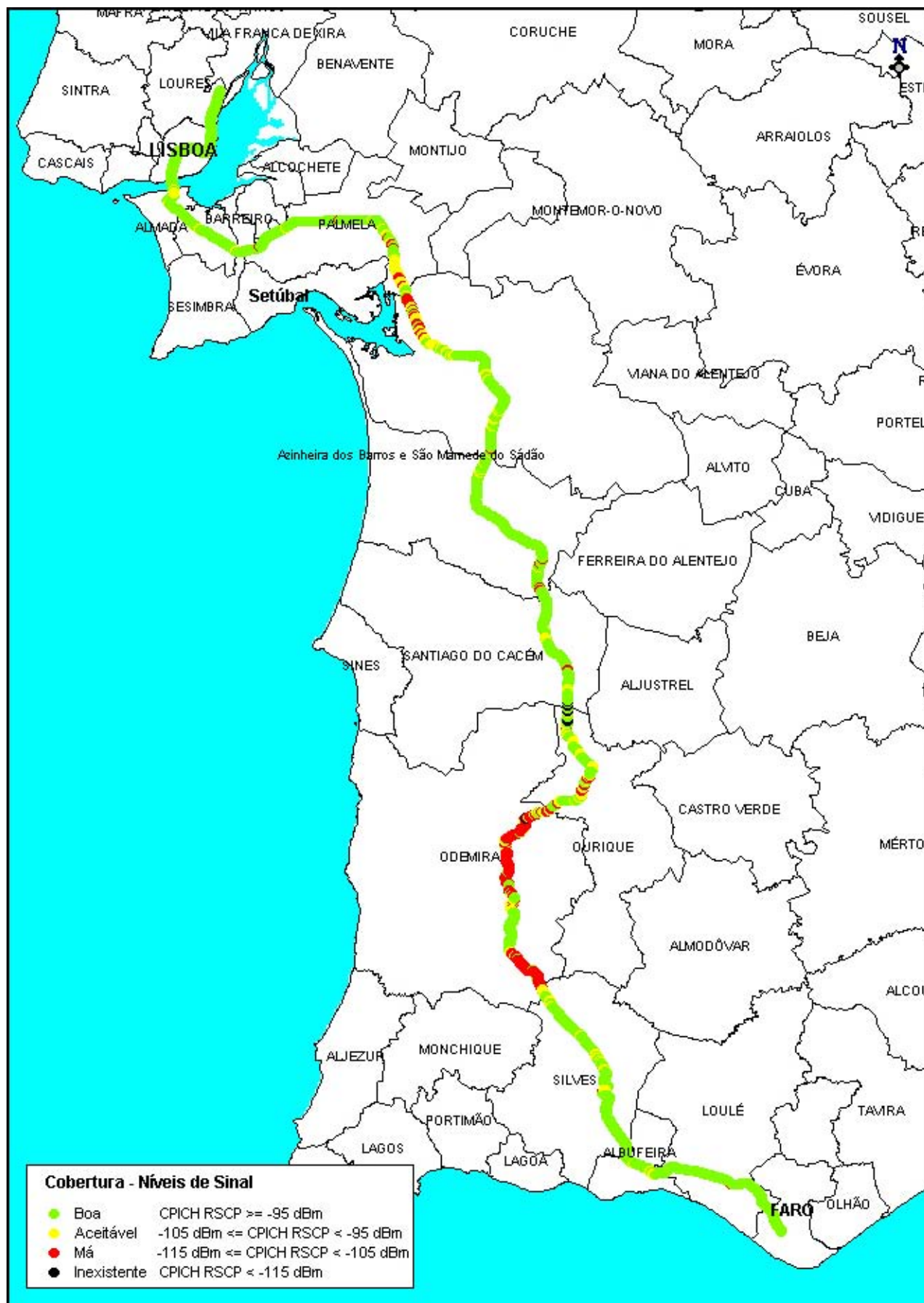
## SERVIÇO ALFA PENDULAR NO EIXO FERROVIÁRIO LISBOA-FARO

OPTIMUS – Cobertura WCDMA



## SERVIÇO ALFA PENDULAR NO EIXO FERROVIÁRIO LISBOA-FARO

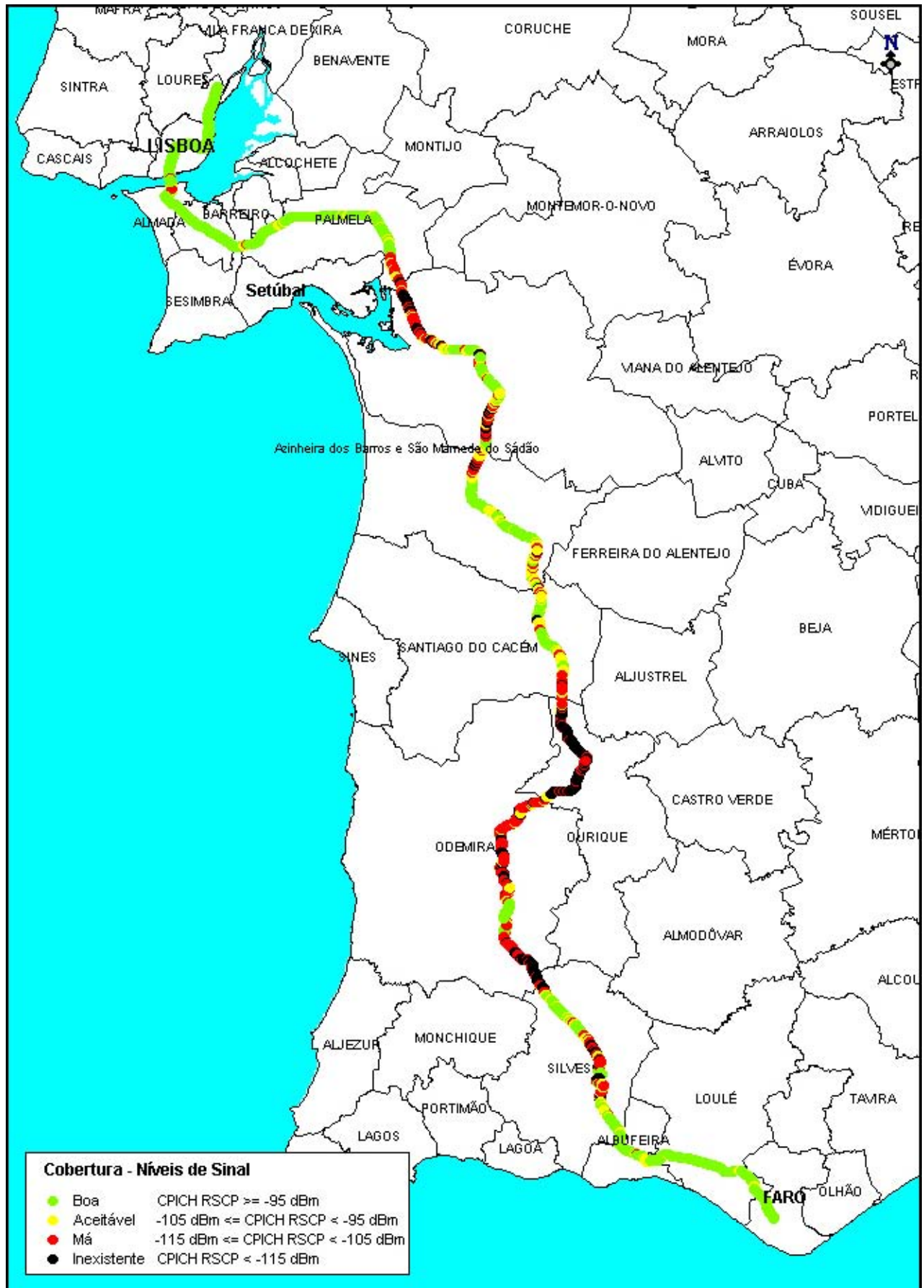
TMN – Cobertura WCDMA





## SERVIÇO ALFA PENDULAR NO EIXO FERROVIÁRIO LISBOA-FARO

VODAFONE – Cobertura WCDMA





## 4.3 GLOBAL DO SERVIÇO ALFA PENDULAR (BRAGA-PORTO-LISBOA-FARO)

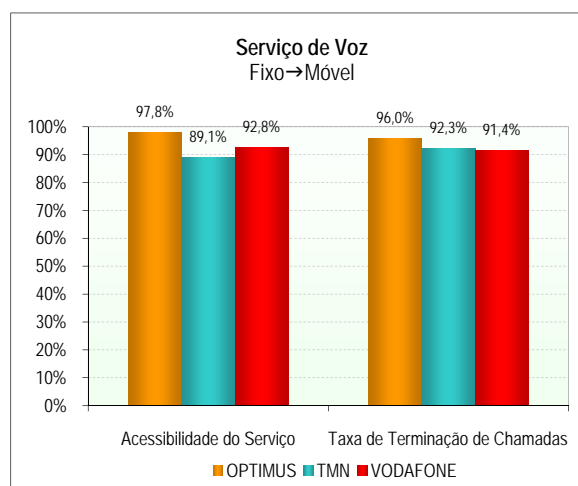
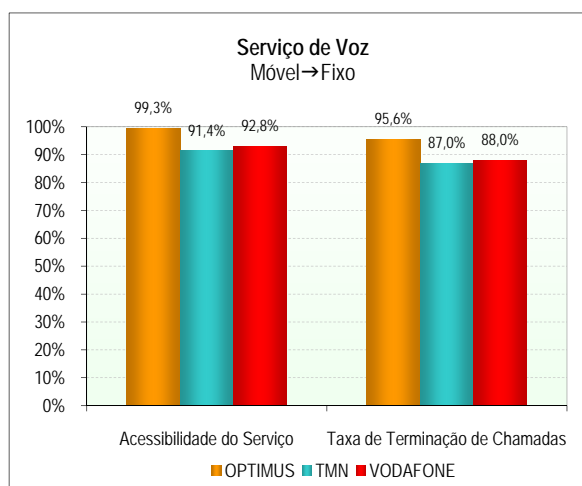
### 4.3.1 SERVIÇO DE VOZ (GSM)

		OPTIMUS		TMN		VODAFONE	
		Móvel→Fixo	Fixo→Móvel	Móvel→Fixo	Fixo→Móvel	Móvel→Fixo	Fixo→Móvel
Chamadas Realizadas	Número de Chamadas	277	279	278	276	279	276
	Falhadas no Estabelecimento	2	6	24	30	20	20
	Falhadas Durante a Chamada	12	11	33	19	31	22
	Com Terminação Normal	263	262	221	227	228	234
	Acessibilidade do Serviço	99,3%	97,8%	91,4%	89,1%	92,8%	92,8%
	Taxa de Terminação de Chamadas	95,6%	96,0%	87,0%	92,3%	88,0%	91,4%
Estabelecimento das Chamadas	Número de Amostras (Chamadas)	275	273	254	246	259	256
	Tempo Médio [s]	5,0	6,4	5,2	6,2	4,3	5,1
	Tempo Máximo [s]	10,0	15,7	14,0	11,6	26,5	14,3
	Tempo Mínimo [s]	4,2	4,8	4,2	5,1	3,3	4,2
	Desvio Padrão [s]	0,9	1,4	1,1	0,9	2,1	1,1
Qualidade Áudio	Número de Amostras (Chamadas)	525	525	447	448	462	462
	Média [MOS]	3,80	3,83	3,72	3,76	3,64	3,67
	Máxima [MOS]	4,12	4,18	4,10	4,16	4,07	4,13
	Mínima [MOS]	2,29	2,59	1,60	1,04	1,99	2,30
	Desvio Padrão [MOS]	0,28	0,30	0,39	0,41	0,28	0,28

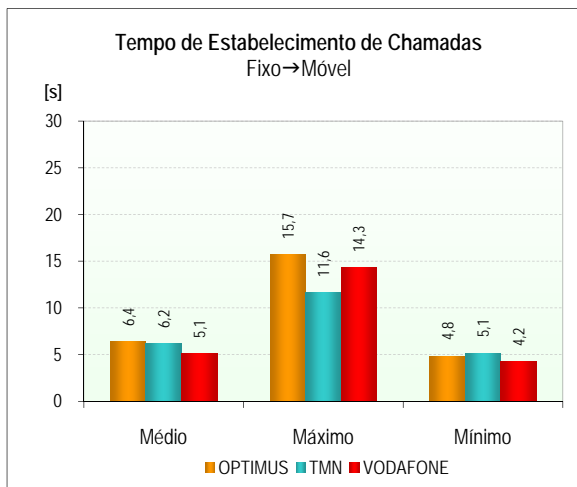
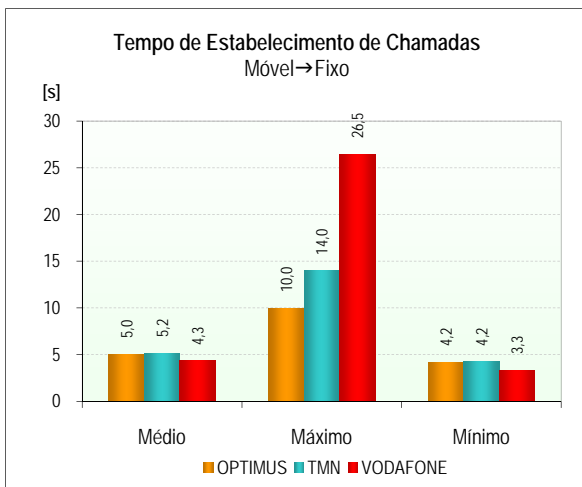
		OPTIMUS		TMN		VODAFONE	
		Móvel→Fixo	Fixo→Móvel	Móvel→Fixo	Fixo→Móvel	Móvel→Fixo	Fixo→Móvel
Erro de Precisão	Acessibilidade do Serviço	1,9%	2,5%	3,9%	4,3%	3,7%	3,7%
	Taxa de Terminação de Chamadas	3,1%	3,1%	4,8%	4,1%	4,6%	4,1%
	Tempo de Estabelecimento de Chamadas [s]	0,101	0,164	0,140	0,118	0,250	0,133
	Qualidade Áudio [MOS]	0,024	0,026	0,036	0,038	0,026	0,026

Nível de Confiança = 95 %

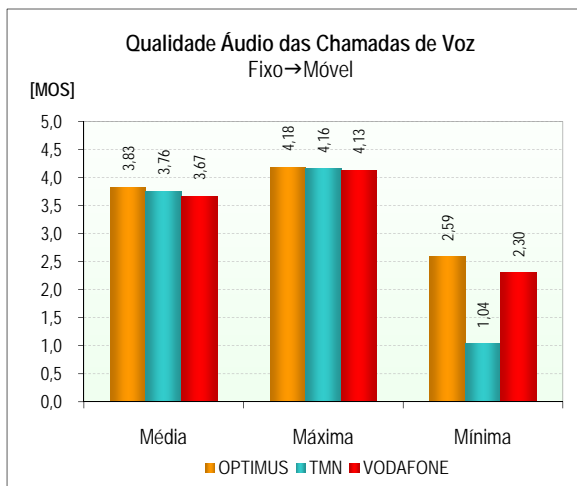
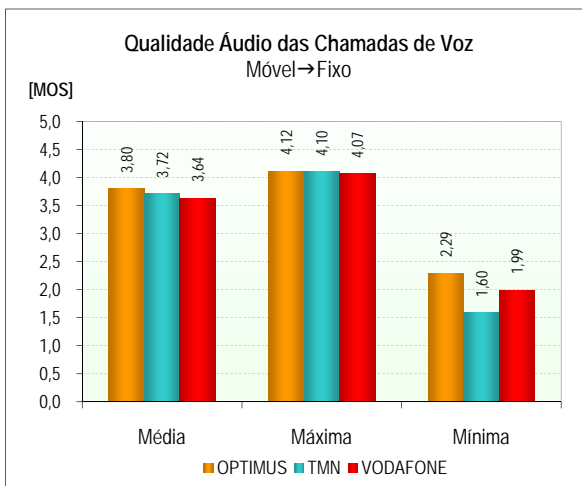
#### 4.3.1.1 INDICADORES ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO E TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS



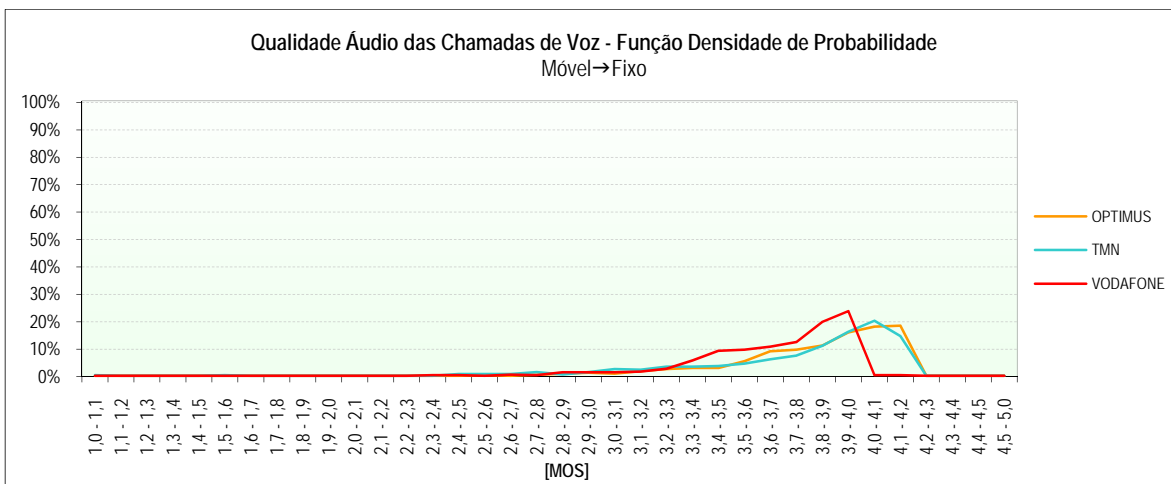
**4.3.1.2** INDICADOR *TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS*

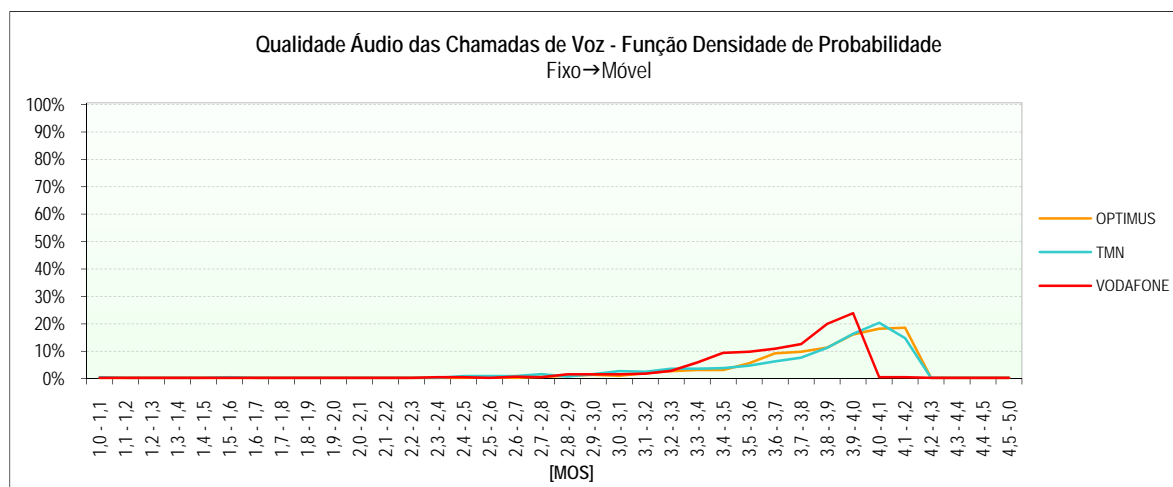


**4.3.1.3** INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VOZ*



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





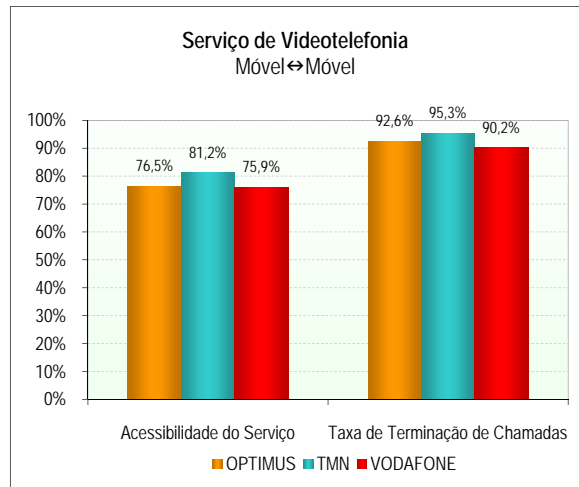
## 4.3.2 SERVIÇO DE VIDEOTELEFONIA (UMTS)

		OPTIMUS	TMN	VODAFONE
		Móvel↔Móvel	Móvel↔Móvel	Móvel↔Móvel
Chamadas Realizadas	Número de Chamadas	476	473	469
	Falhadas no Estabelecimento	112	89	113
	Falhadas Durante a Chamada	27	18	35
	Com Terminação Normal	337	366	321
	Acessibilidade do Serviço	76,5%	81,2%	75,9%
	Taxa de Terminação de Chamadas	92,6%	95,3%	90,2%
Estabelecimento das Chamadas	Número de Amostras (Chamadas)	364	384	356
	Tempo Médio [s]	7,5	8,1	5,9
	Tempo Máximo [s]	18,9	14,3	13,5
	Tempo Mínimo [s]	6,0	6,4	4,3
	Desvio Padrão [s]	1,8	1,4	1,5
Qualidade Áudio	Número de Amostras (Chamadas)	674	732	642
	Média [MOS]	3,89	3,63	3,86
	Máxima [MOS]	4,05	4,05	4,05
	Mínima [MOS]	1,23	1,00	1,00
	Desvio Padrão [MOS]	0,32	0,43	0,34
Qualidade Vídeo	Número de Amostras (Chamadas)	674	732	642
	Média [MOS]	2,29	1,98	2,29
	Máxima [MOS]	2,66	2,65	2,67
	Mínima [MOS]	1,02	1,00	1,18
	Desvio Padrão [MOS]	0,28	0,43	0,28

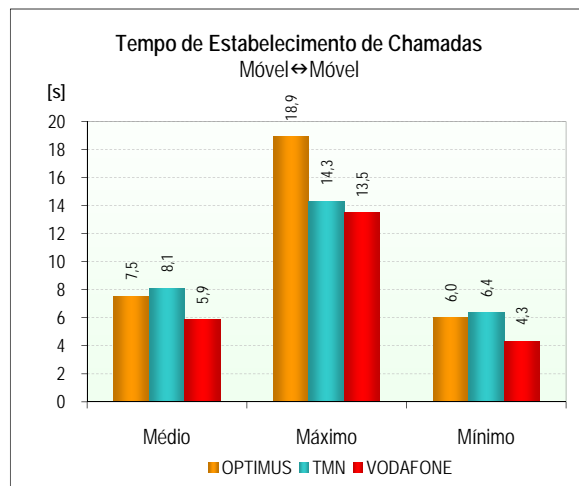
		OPTIMUS	TMN	VODAFONE
		Móvel↔Móvel	Móvel↔Móvel	Móvel↔Móvel
Erro de Precisão	Acessibilidade do Serviço	4,1%	3,8%	4,1%
	Taxa de Terminação de Chamadas	3,2%	2,6%	3,6%
	Tempo de Estabelecimento de Chamadas [s]	0,180	0,143	0,159
	Qualidade Áudio [MOS]	0,024	0,031	0,027
	Qualidade Vídeo [MOS]	0,021	0,031	0,022

Nível de Confiança = 95 %

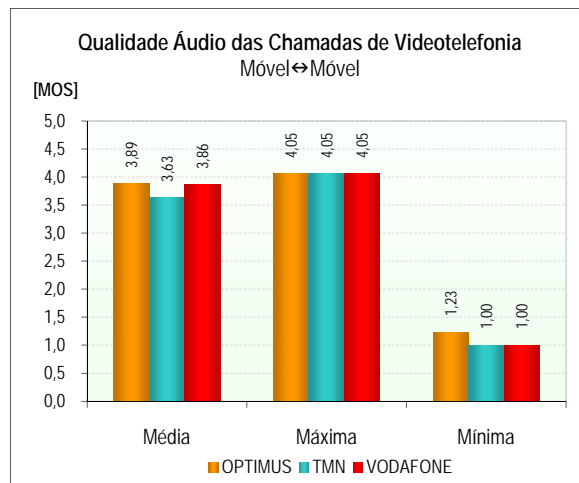
## 4.3.2.1 INDICADORES *ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO* E *TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS*



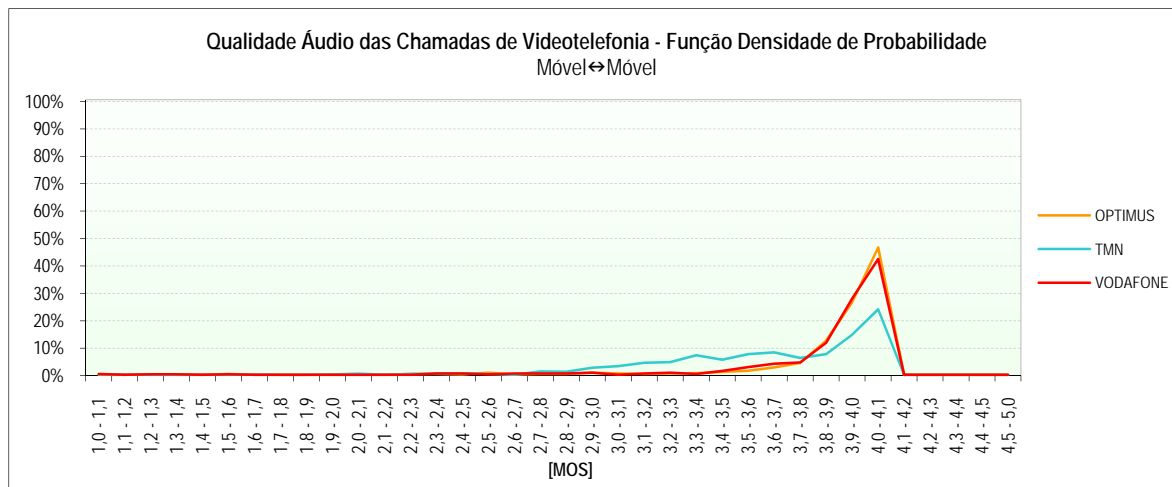
## 4.3.2.2 INDICADOR *TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS*



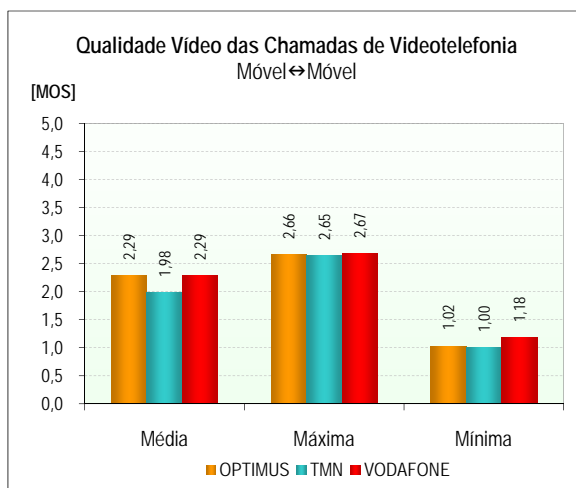
## 4.3.2.3 INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*



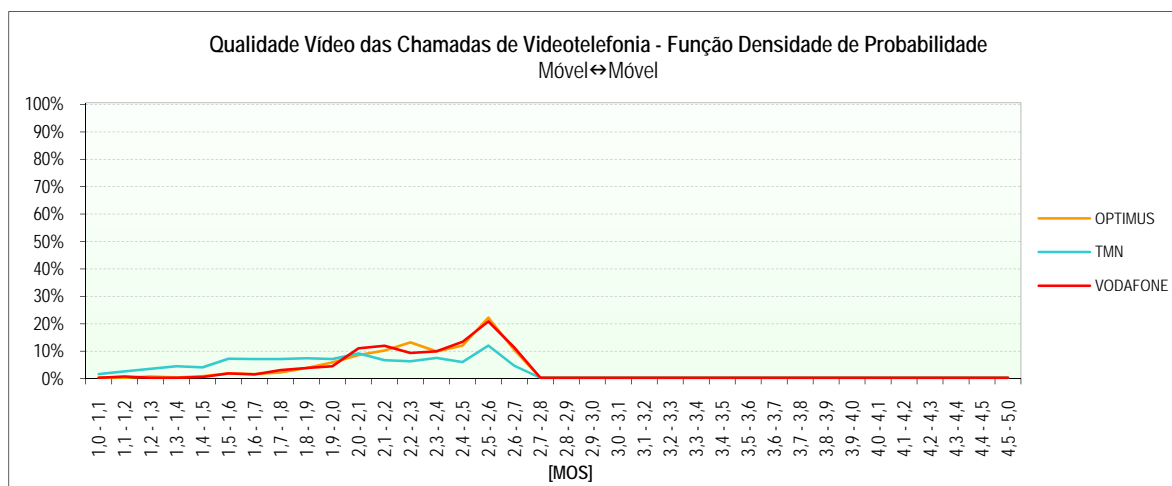
**4.3.2.4 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA***



**4.3.2.5 INDICADOR *QUALIDADE VIDEO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA***



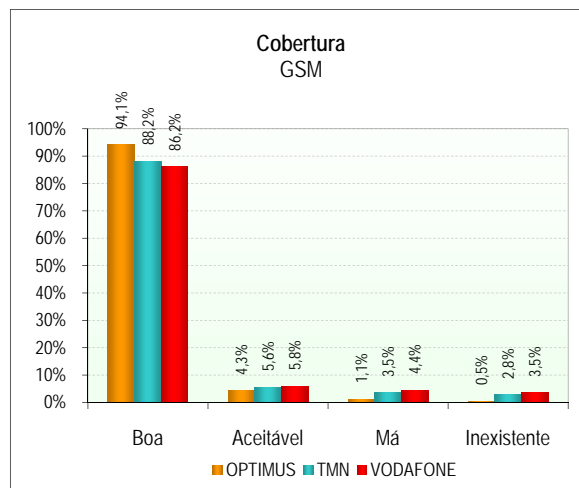
**4.3.2.6 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR *QUALIDADE VIDEO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA***



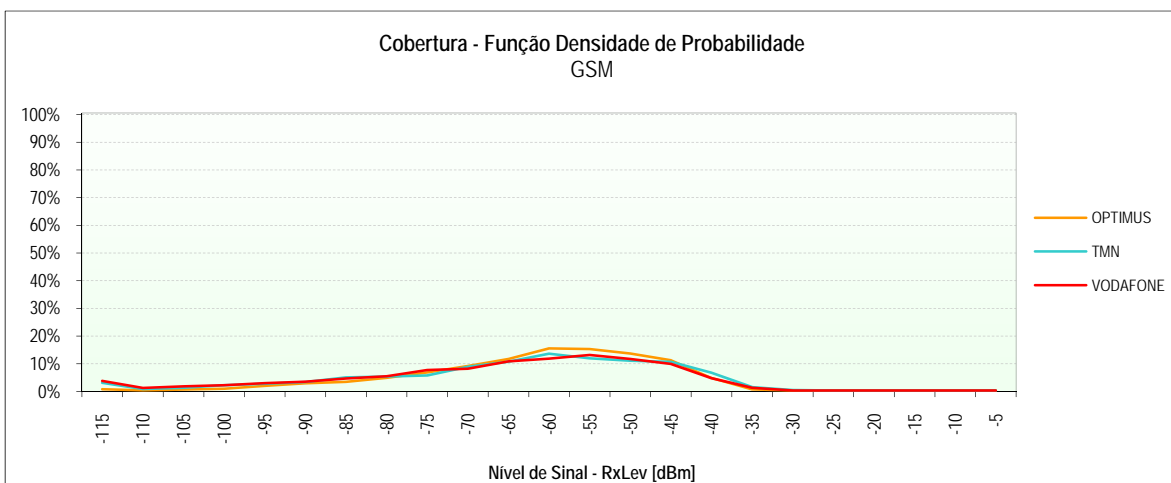
### 4.3.3 COBERTURA DAS REDES

		GSM			WCDMA		
		OPTIMUS	TMN	VODAFONE	OPTIMUS	TMN	VODAFONE
Cobertura	Número de Amostras (Medições)	101.599	101.609	101.541	101.825	101.887	101.865
	Nível Médio de Sinal [dBm]	-59	-62	-64	-87	-78	-81
	Nível Máximo de Sinal [dBm]	-34	-29	-32	-44	-42	-43
	Nível Mínimo de Sinal [dBm]	-115	-116	-117	-128	-123	-126
	Desvio Padrão [dBm]	14	18	19	18	16	18
	Boa	94,1%	88,2%	86,2%	65,9%	84,2%	75,2%
	Aceitável	4,3%	5,6%	5,8%	15,0%	9,3%	12,2%
	Má	1,1%	3,5%	4,4%	13,9%	6,5%	10,8%
	Inexistente	0,5%	2,8%	3,5%	5,2%	0,1%	1,9%

#### 4.3.3.1 GSM

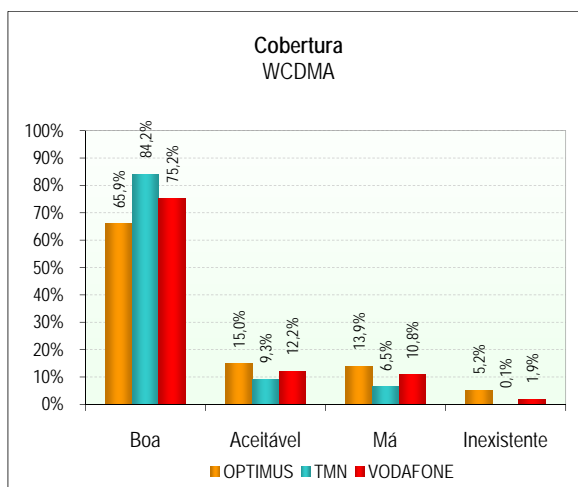


#### 4.3.3.2 GSM - FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE





4.3.3.3 WCDMA



4.3.3.4 WCDMA - FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE

