

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) nos Comboios Urbanos de Lisboa (Linhas da Azambuja, Cascais, Fertagus, Sado e Sintra)

Junho de 2009



## **SIGLAS E ACRÓNIMOS**

<b>CoDec</b>	Codificador/Descodificador.
<b>CPICH RSCP</b>	<i>Common Pilot Channel, Received Signal Code Power</i> – Nível de sinal recebido por um terminal móvel (WCDMA).
<b>ETSI</b>	<i>European Telecommunications Standards Institute</i> – Instituto Europeu de Normas de Telecomunicações.
<b>GSM</b>	<i>Global System for Mobile communications</i> – Sistema de Comunicações Móveis de segunda geração (2G).
<b>ITU</b>	<i>International Telecommunications Union</i> – União Internacional de Telecomunicações.
<b>MOS</b>	<i>Mean Opinion Score</i> – Índice de qualidade que quantifica o esforço necessário para se perceber uma comunicação do tipo extremo-a-extremo. Apresenta como limites os valores 0 (zero), quando não há comunicação, e 5 (cinco), quando a comunicação é perfeita. O valor “zero” não aparece nos resultados porque apenas são consideradas situações em que a ligação foi estabelecida e mantida durante um período predefinido. 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).
<b>PESQ</b>	<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> ).
<b>RDIS</b>	<i>Rede Digital com Integração de Serviços</i> – Tecnologia utilizada na rede fixa de acesso.
<b>RF</b>	Rádio Frequência.
<b>RxLev</b>	<i>Received signal level</i> – Nível de sinal recebido por um terminal móvel (GSM).
<b>Scanner</b>	Equipamento de medida que permite recolher níveis de sinal radioelétrico para cada canal de uma banda de frequência.
<b>SQuad-LQ</b>	<i>SwissQual's speech quality algorithm for Listening Quality</i> – Algoritmo desenvolvido pela <i>SwissQual</i> para análise da qualidade áudio de uma comunicação.
<b>UMTS</b>	<i>Universal Mobile Telecommunications System</i> – Sistema de Comunicações Móveis de terceira geração (3G).
<b>VQuad</b>	<i>Objective Model for Video Quality Assessment</i> – Algoritmo utilizado na análise da qualidade vídeo de uma comunicação (desenvolvido pela <i>SwissQual</i> ).
<b>WCDMA</b>	<i>Wideband Code Division Multiple Access</i> – Tecnologia utilizada na componente radioelétrica dos sistemas de comunicações UMTS.



*Índice*

<b>I</b>	<b>Sumário Executivo .....</b>	<b>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>17</b>
1.1	Objectivo .....	17
1.2	Serviços Analisados.....	17
1.2.1	Serviços de Telefonia:.....	17
1.2.2	Independente dos Serviços:.....	17
<b>2</b>	<b>Metodologia .....</b>	<b>18</b>
2.1	Aspectos Fundamentais.....	18
2.2	Principais Indicadores de QoS.....	18
2.2.1	Independentes do Serviço .....	19
2.2.2	Serviços de Telefonia.....	20
2.3	Perfis de Medida .....	24
2.3.1	Aspectos Gerais.....	24
2.3.2	Cobertura .....	25
2.3.3	Serviços de Telefonia.....	25
2.4	Sistema de Teste/Medida e Pós-Processamento .....	27
<b>3</b>	<b>Amostra do Estudo .....</b>	<b>29</b>
3.1	Locais Analisados .....	29
3.2	Dimensão da Amostra.....	29
3.3	Condições de Recolha de Dados.....	29
<b>4</b>	<b>Resultados .....</b>	<b>30</b>
4.1	Linha da Azambuja (Lisboa/S. <sup>1</sup> a Apolónia – Azambuja) .....	30
4.1.1	Serviço de Voz (GSM) .....	30
4.1.2	Serviço de Videotelefonia (UMTS).....	32
4.1.3	Cobertura das Redes .....	35
4.2	Linha de Cascais (Lisboa/Cais do Sodré – Cascais) .....	43
4.2.1	Serviço de Voz (GSM) .....	43
4.2.2	Serviço de Videotelefonia (UMTS).....	45
4.2.3	Cobertura das Redes .....	48
4.3	Linha da Fertagus (Lisboa/Roma Areeiro – Setúbal).....	57
4.3.1	Serviço de Voz (GSM) .....	57
4.3.2	Serviço de Videotelefonia (UMTS).....	59
4.3.3	Cobertura das Redes .....	62
4.4	Linha do Sado (Barreiro – Praias do Sado) .....	71
4.4.1	Serviço de Voz (GSM) .....	71
4.4.2	Serviço de Videotelefonia (UMTS).....	73
4.4.3	Cobertura das Redes .....	76
4.5	Linha de Sintra (Lisboa/Rossio – Sintra).....	85
4.5.1	Serviço de Voz (GSM) .....	85
4.5.2	Serviço de Videotelefonia (UMTS).....	87
4.5.3	Cobertura das Redes .....	90
4.6	Global dos Comboios Urbanos de Lisboa (Linhas da Azambuja, Cascais, Fertagus, Sado e Sintra) .....	99
4.6.1	Serviço de Voz (GSM) .....	99
4.6.2	Serviço de Videotelefonia (UMTS).....	101
4.6.3	Cobertura das Redes .....	104



## 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 urbanos de Lisboa, concretamente nas linhas da Azambuja, Cascais, Fertagus, Sado e Sintra, 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.

As medidas de campo, realizadas de 15 a 25 de Junho de 2009, decorreram no interior dos comboios durante o seu normal funcionamento. Foram efectuadas 2.599 chamadas de teste e 523.872 medidas de sinal radioeléctrico, o que corresponde a aproximadamente 24 horas de medidas ao longo de 1.125 quilómetros.

A amostra utilizada permitiu que os resultados globais obtidos, por cada operador, apresentem erros de precisão máximos inferiores a 3,72%, 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 dos sistemas de comunicações móveis nos comboios urbanos de Lisboa, 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 no interior dos comboios, quando estes efectuavam o serviço comercial regular nas linhas da Azambuja, Cascais, Fertagus, Sado e Sintra;
- A duração das chamadas, tanto em voz como em videotelefonía, foi de 120 segundos;
- Os testes de voz foram realizados com selecção manual da infra-estrutura 2G (GSM), enquanto os de videotelefonía 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 móveis nos comboios urbanos de Lisboa, nos momentos em que foram efectuadas as medidas;
- 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 que os sistemas de comunicações móveis apresentam boa acessibilidade ao serviço de voz. Contudo, os sistemas apresentam algumas dificuldades em manter as chamadas telefónicas, já que se observou um número significativo de chamadas terminadas inesperadamente na fase de conversação.

O desempenho do serviço de videotelefonia fica aquém do observado para a voz, em consequência da fraca acessibilidade registada. Por outro lado, a capacidade das redes em manter as chamadas de videotelefonia activas, durante um período predefinido de 120 segundos, encontra-se ao mesmo nível do observado para o serviço de voz. Assim, de forma global, o desempenho deste serviço pode ser considerado aceitável.

As redes GSM apresentam, de forma geral, boa cobertura radioelétrica. No entanto, persistem alguns locais – troços das linhas férreas em túnel – com má ou mesmo inexistente cobertura. Por seu lado, as redes WCDMA apresentam níveis de cobertura radioelétrica inferiores aos das redes GSM embora ainda aceitáveis.

### Coberturas das Redes GSM e WCDMA

Os sistemas de comunicações móveis apresentam boa cobertura em GSM, não se observando diferenças significativas entre operadores ou entre eixos ferroviários analisados (*Figura 1 e Secção 4*).

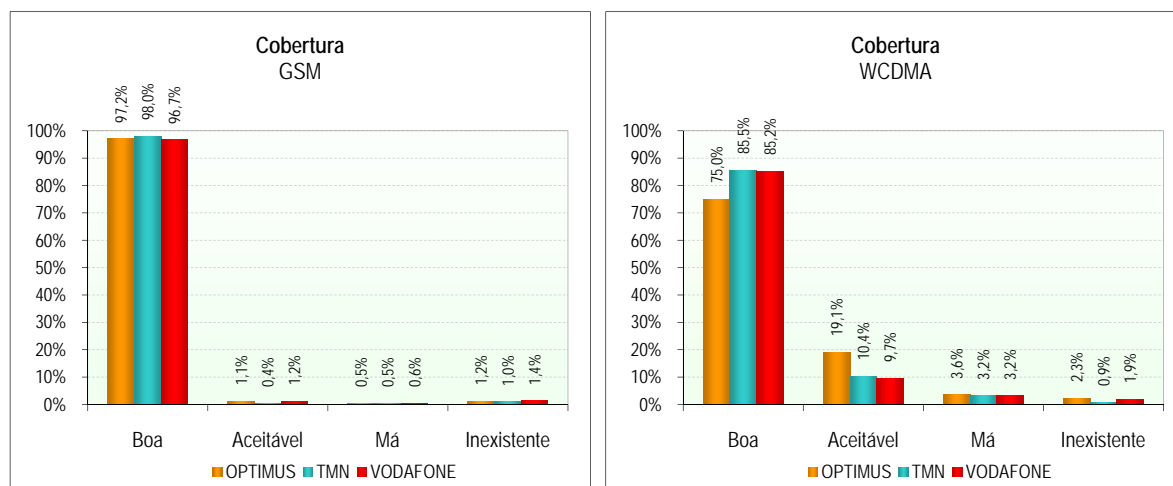


Figura 1 – Indicador *Cobertura*, nos Comboios Urbanos de Lisboa.

Em WCDMA, observam-se níveis mais baixos de cobertura e diferenças de desempenho entre operadores e entre eixos ferroviários. Os melhores desempenhos foram registados pela TMN e VODAFONE, com níveis globais de *boa cobertura* da ordem dos 85% (*Figura 1*). Na linha da Fertagus, os operadores registam os mais baixos níveis de *boa cobertura*, com valores inferiores a 78%, para a TMN e VODAFONE, e inferiores a 68%, para a OPTIMUS (*Secção 4*).

### Serviço de Voz (GSM)

O desempenho do serviço de voz é globalmente bom sendo pouco expressivas as diferenças entre operadores, em particular no que respeita a *Acessibilidade do Serviço* e a *Taxa de Terminação de Chamadas*.

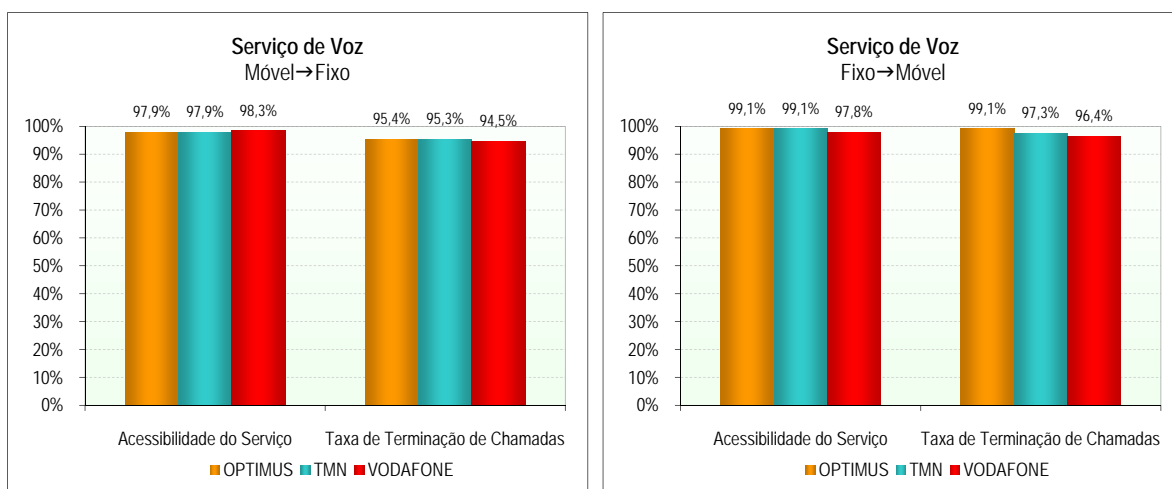


Figura 2 – Indicadores *Acessibilidade de Serviço* e *Taxa de Terminação de Chamadas*, nos Comboios Urbanos de Lisboa.

Os operadores OPTIMUS e TMN apresentam os melhores acessos ao serviço de voz, com taxas de sucesso no estabelecimento de chamadas da ordem de 98,5%. No que toca ao indicador *Taxa de Terminação de Chamadas*, o melhor desempenho foi registado pela OPTIMUS com 97,2% das chamadas de teste, estabelecidas com sucesso pela rede deste operador, a permanecerem activas durante o período predefinido de 120 segundos. No extremo oposto ficou a VODAFONE, ao registar um nível de 95,4% para o mesmo indicador (*Figura 2*). Observa-se ainda que os operadores apresentam melhores desempenhos nas linhas da Azambuja, Cascais e Sado (*Secção 4*).

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 3 e Secção 4*).

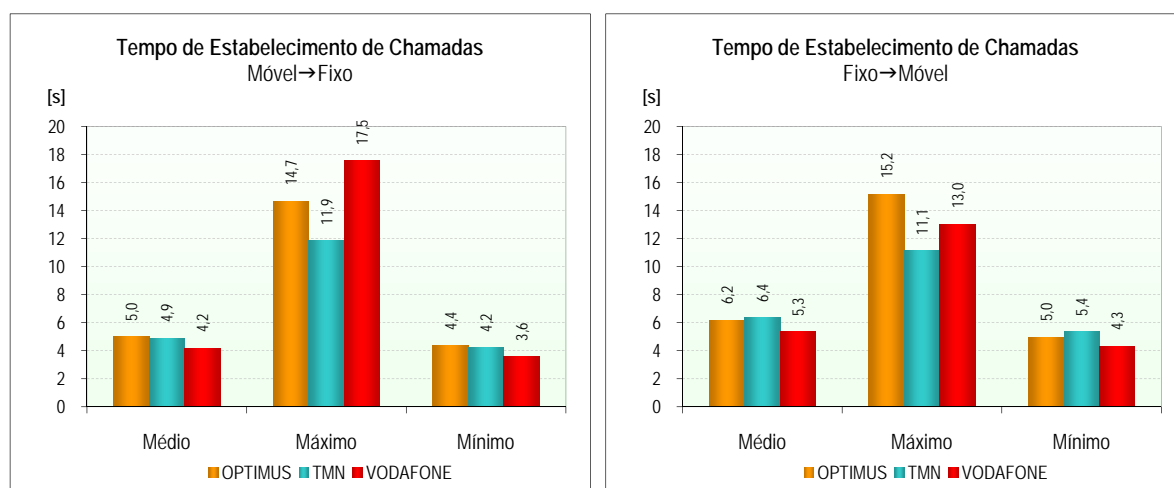


Figura 3 – Indicador *Tempo de Estabelecimento de Chamadas*, nos Comboios Urbanos de Lisboa.

As chamadas de voz, terminadas de forma normal (120 segundos de duração), apresentam boa *Qualidade Áudio Média*. O operador OPTIMUS registou a melhor qualidade áudio, com índice MOS de 3,9, enquanto TMN e VODAFONE apresentam níveis ligeiramente inferiores, com índice MOS de 3,8 (*Figura 4*). A Linha da Fertagus regista o índice de qualidade áudio mais baixo (*Secção 4*).

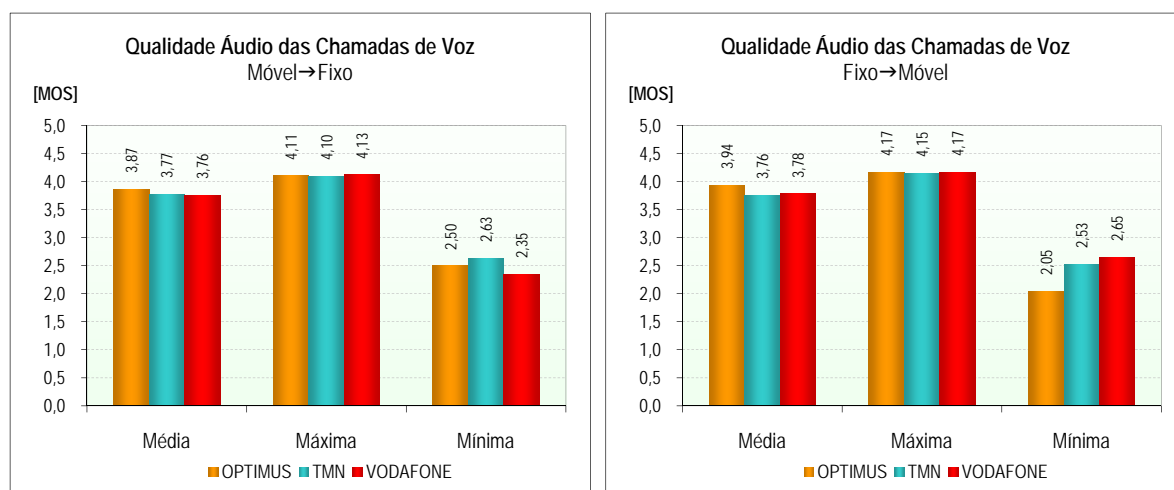


Figura 4 – Indicador *Qualidade Áudio das Chamadas*, nos Comboios Urbanos de Lisboa.

## Serviço de Videotelefonia (UMTS)

O desempenho do serviço de videotelefonia é penalizado pela fraca *Acessibilidade de Serviço* que as redes analisadas apresentam, principalmente nas linhas da Fertagus e de Sintra (*Secção 4*). O operador OPTIMUS apresenta o melhor desempenho neste indicador, com 92,7% das chamadas de teste a serem estabelecidas com sucesso. A TMN apresenta o nível mais baixo de desempenho, com 89,3% sucesso no estabelecimento de chamadas (*Figura 5*).

O indicador *Taxa de Terminação de Chamadas* apresenta níveis mais elevados do que os observados para a *Acessibilidade do Serviço*, denotando capacidade das redes em manter activas as chamadas, depois de estabelecidas com sucesso. As diferenças entre operadores são pouco expressivas, todavia o melhor desempenho foi registado pela TMN com 97,5% das chamadas de teste a permanecerem activas durante o período predefinido de 120 segundos (*Figura 5*). De um modo geral, nas linhas da Azambuja, Cascais e Sado observam-se melhores níveis deste indicador (*Secção 4*).

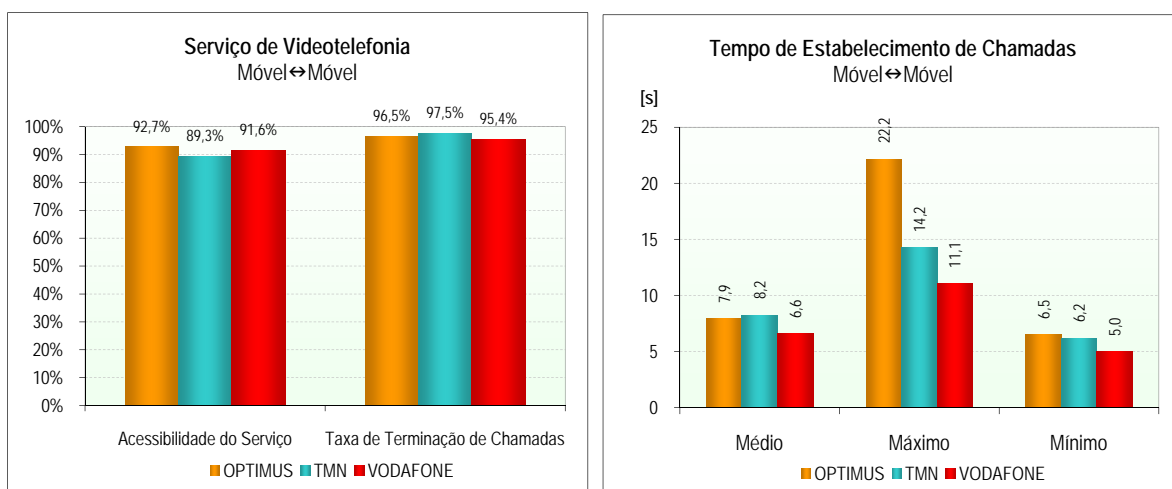


Figura 5 – Indicadores *Acessibilidade de Serviço*, *Taxa de Terminação de Chamadas* e *Tempo de Estabelecimento de Chamadas*, nos Comboios Urbanos de Lisboa.

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 globais médios de estabelecimento de chamadas de 6,6 segundos (*Figura 5* e *Secção 4*).

As chamadas de videotelefoneia, terminadas de forma normal (120 segundos de duração), apresentam boa *Qualidade Áudio* e aceitável *Qualidade Vídeo* médias, não se registando diferenças significativas entre eixos ferroviários analisados. A OPTIMUS e a VODAFONE apresentam os melhores desempenhos, com índices de 3,9 e 2,3, respectivamente para *Qualidade Áudio* e *Qualidade Vídeo*. A TMN apresenta resultados significativamente inferiores, com índices de 3,5 e 1,9, para os mesmos indicadores (*Figura 6 e Secção 4*).

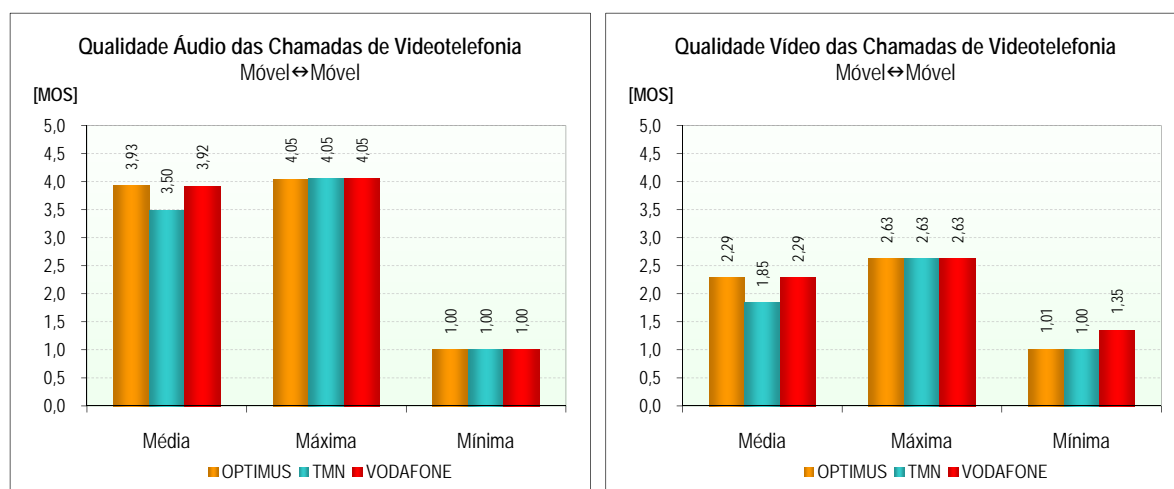


Figura 6 – Indicadores *Qualidade Áudio das Chamadas* e *Qualidade Vídeo das Chamadas*, nos Comboios Urbanos de Lisboa.





## **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 comboios urbanos de Lisboa, concretamente nas linhas da Azambuja, Cascais, Fertagus, Sado e Sintra.

### **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.

$$\begin{array}{l} \text{Qualidade \u00c1udio de Chamada}_{\text{lado A}} [MOS\_LQO] = f \{X_B(t); Y_A(t)\} \\ \text{Qualidade \u00c1udio de Chamada}_{\text{lado B}} [MOS\_LQO] = f \{X_A(t); Y_B(t)\} \end{array}$$

*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*.

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

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

Os resultados da aplicação do algoritmo são apresentados numa escala do tipo MOS (*Mean Opinion Score*) de 1 a 5 designada por *MOS\_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 predefinido. O “cinco” também não ocorre nos resultados porque os *CoDec*<sup>3</sup>, 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).

<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*.

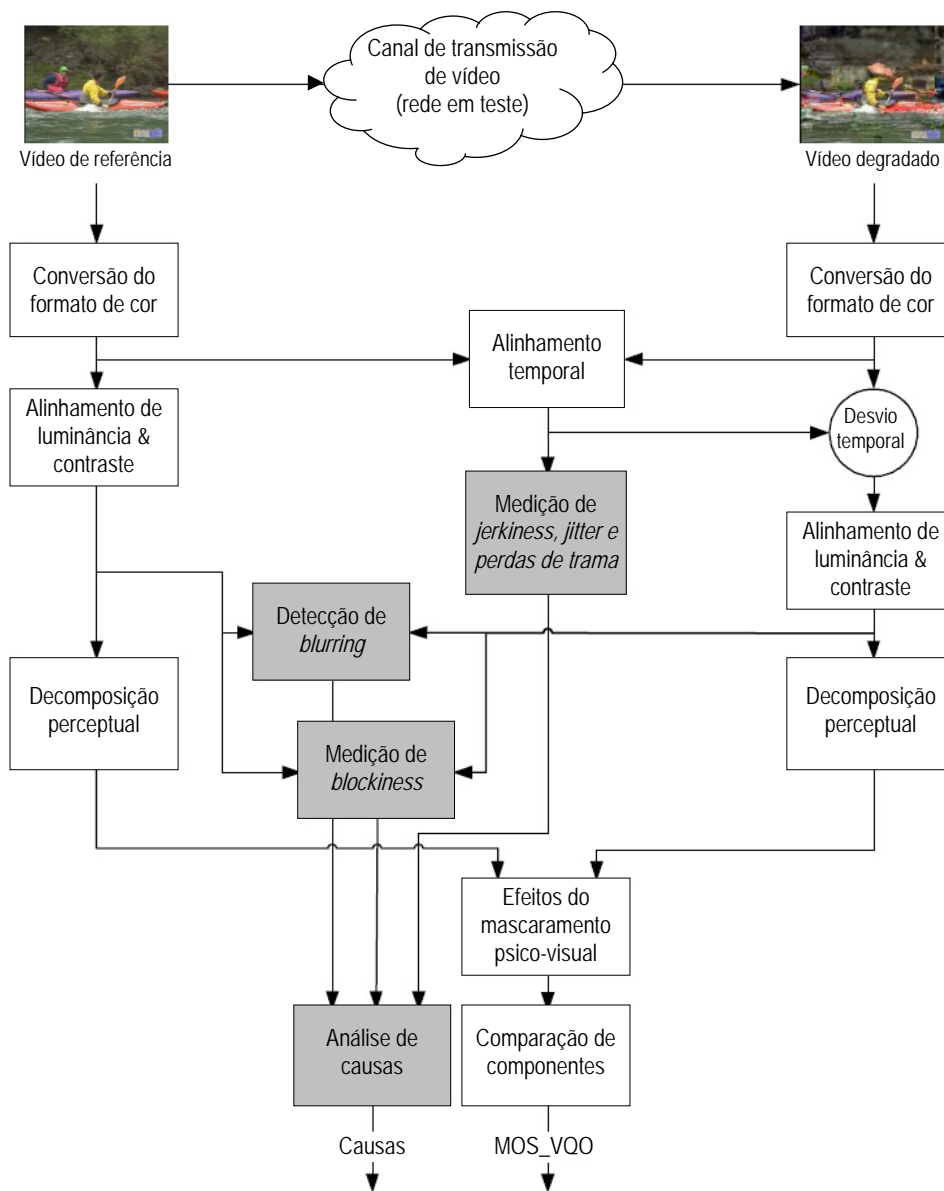


Figura 7 – Diagrama funcional do algoritmo VQuad (*SwissQual, AG*)

Na Figura 7 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 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 urbanos no decorrer do seu funcionamento regular. Todos os parâmetros recolhidos são georeferenciados, permitindo a sua 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.

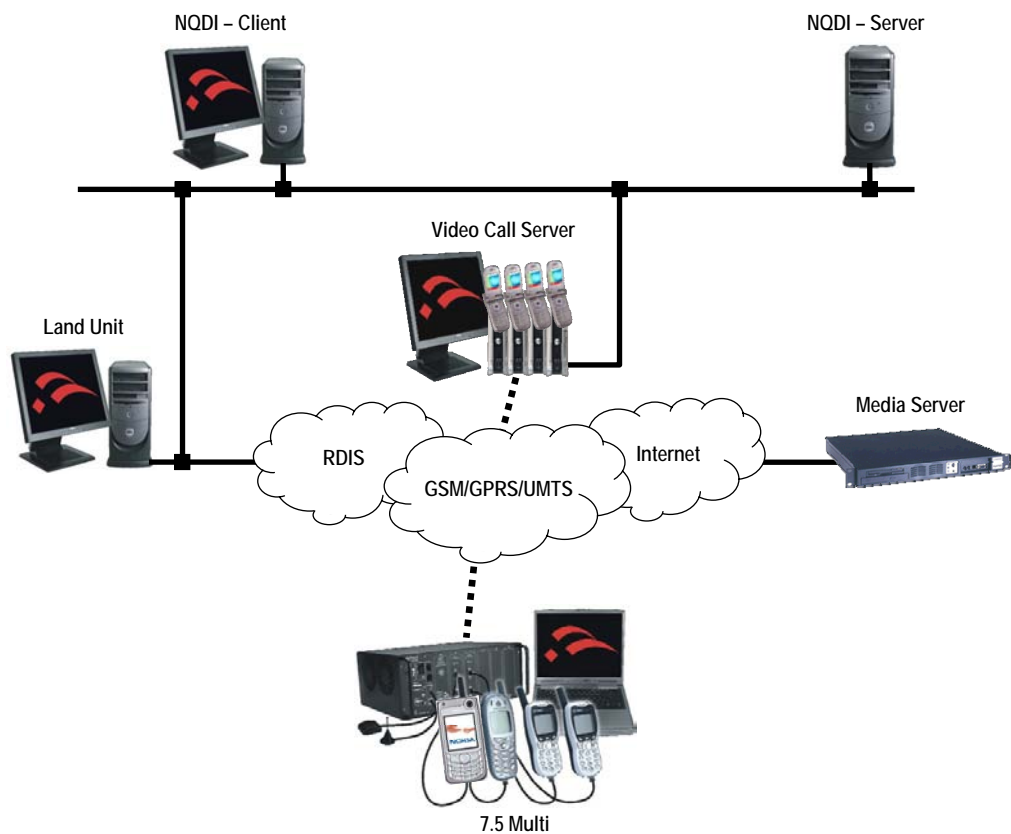


Figura 8 – Arquitectura do sistema *Diversity/NetQual*

### 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 urbanos de Lisboa.

#### 3.1 LOCAIS ANALISADOS

Foram analisados todos os locais onde está disponível o serviço de comboios urbanos de Lisboa, ou seja, nas linhas da Azambuja, Cascais, Fertagus, Sado e Sintra.

Tabela 3 – Eixos Ferroviários analisados

Eixos Ferroviários	Distância Aproximada [Km]
Linha da Azambuja (Lisboa/Sta. Apolónia-Azambuja)	47
Linha de Cascais (Lisboa/Cais do Sodré-Cascais)	25
Linha da Fertagus (Lisboa/Roma Areeiro-Setúbal)	54
Linha do Sado (Barreiro-Praias do Sado)	34
Linha de Sintra (Lisboa/Rossio-Sintra)	27
<b>Total</b>	<b>187</b>

#### 3.2 DIMENSÃO DA AMOSTRA

Tabela 4 – Amostra, para os três operadores estudados

	Horas em Medidas	Quilómetros em Medidas	Chamadas de Voz	Chamadas de Videotelefonia	Medidas Cobertura	
					GSM	WCDMA
<b>Eixos Ferroviários</b>						
Linha da Azambuja (Lisboa/Sta. Apolónia-Azambuja)	4 h 34	282	275	235	50.674	51.076
Linha de Cascais (Lisboa/Cais do Sodré-Cascais)	3 h 35	152	211	183	39.927	40.339
Linha da Fertagus (Lisboa/Roma Areeiro-Setúbal)	6 h 32	324	382	330	71.708	72.126
Linha do Sado (Barreiro-Praias do Sado)	4 h 13	203	251	214	46.446	46.579
Linha de Sintra (Lisboa/Rossio-Sintra)	4 h 44	164	279	239	52.209	52.788
<b>Total</b>	<b>23 h 38</b>	<b>1.125</b>	<b>1.398</b>	<b>1.201</b>	<b>260.964</b>	<b>262.908</b>

#### 3.3 CONDIÇÕES DE RECOLHA DE DADOS

As medidas de campo decorreram em dias úteis, do período de 15 a 25 de Junho de 2009, durante o regular funcionamento dos comboios urbanos de Lisboa.

Os eixos ferroviários analisados foram percorridos seis vezes em medidas.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 LINHA DA AZAMBUJA (LISBOA/S.<sup>TA</sup> APOLÓNIA – AZAMBUJA)

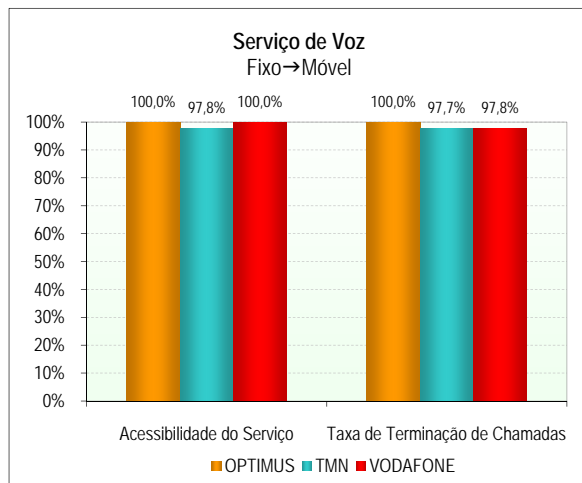
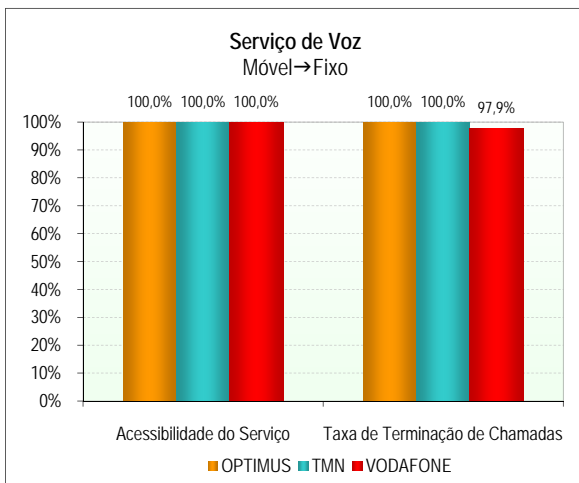
**Sessões de Medidas realizadas em:**

- 24 de Junho de 2009, entre as 10h30 e as 16h30.

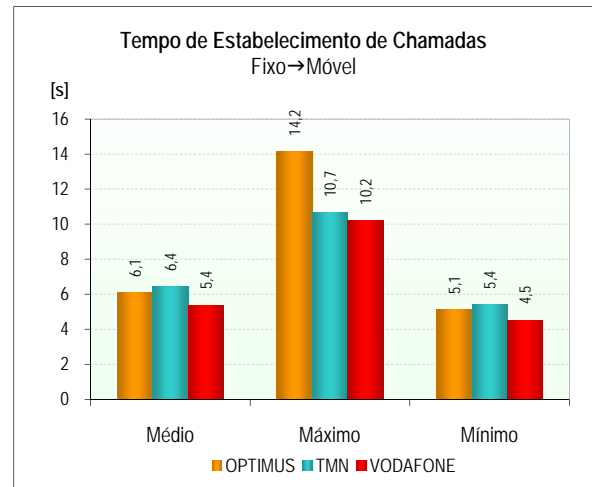
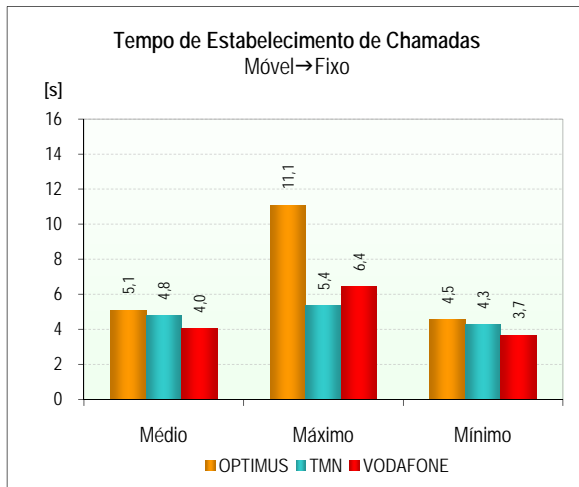
#### 4.1.1 SERVIÇO DE VOZ (GSM)

		OPTIMUS		TMN		VODAFONE	
		Móvel→Fixo	Fixo→Móvel	Móvel→Fixo	Fixo→Móvel	Móvel→Fixo	Fixo→Móvel
Chamadas Realizadas	Número de Chamadas	47	45	46	45	47	45
	Falhadas no Estabelecimento	0	0	0	1	0	0
	Falhadas Durante a Chamada	0	0	0	1	1	1
	Com Terminação Normal	47	45	46	43	46	44
	Acessibilidade do Serviço	100,0%	100,0%	100,0%	97,8%	100,0%	100,0%
	Taxa de Terminação de Chamadas	100,0%	100,0%	100,0%	97,7%	97,9%	97,8%
Estabelecimento das Chamadas	Número de Amostras (Chamadas)	47	45	46	44	47	45
	Tempo Médio [s]	5,1	6,1	4,8	6,4	4,0	5,4
	Tempo Máximo [s]	11,1	14,2	5,4	10,7	6,4	10,2
	Tempo Mínimo [s]	4,5	5,1	4,3	5,4	3,7	4,5
	Desvio Padrão [s]	1,0	1,3	0,2	1,1	0,4	1,0
Qualidade Áudio	Número de Amostras (Chamadas)	92	92	89	89	90	90
	Média [MOS]	3,86	3,95	3,85	3,89	3,70	3,76
	Máxima [MOS]	4,11	4,15	4,10	4,14	4,04	4,15
	Mínima [MOS]	2,50	3,04	2,63	3,26	2,35	3,07
	Desvio Padrão [MOS]	0,24	0,22	0,27	0,22	0,24	0,20

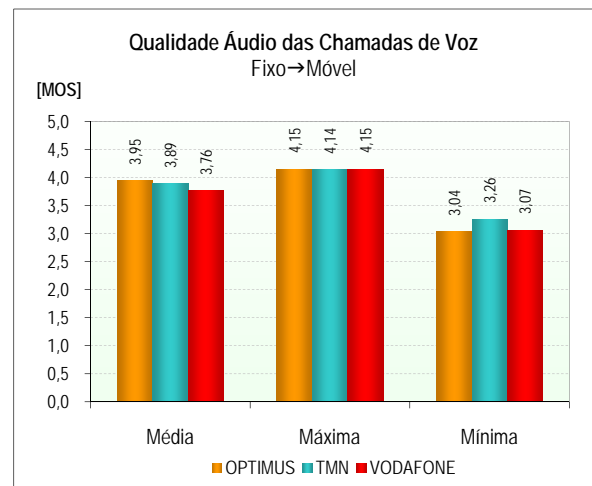
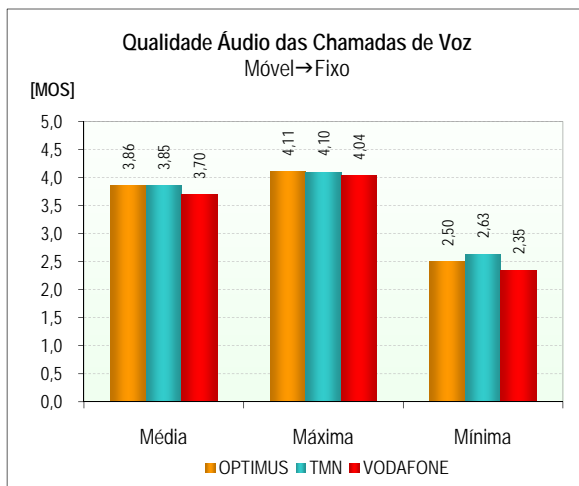
#### 4.1.1.1 INDICADORES ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO E TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS



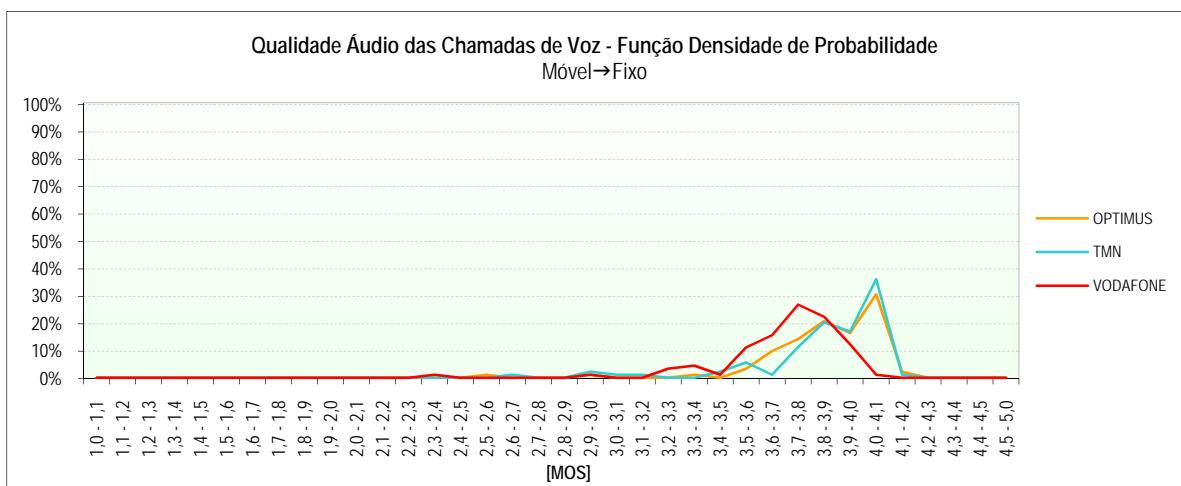
## 4.1.1.2 INDICADOR *TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS*

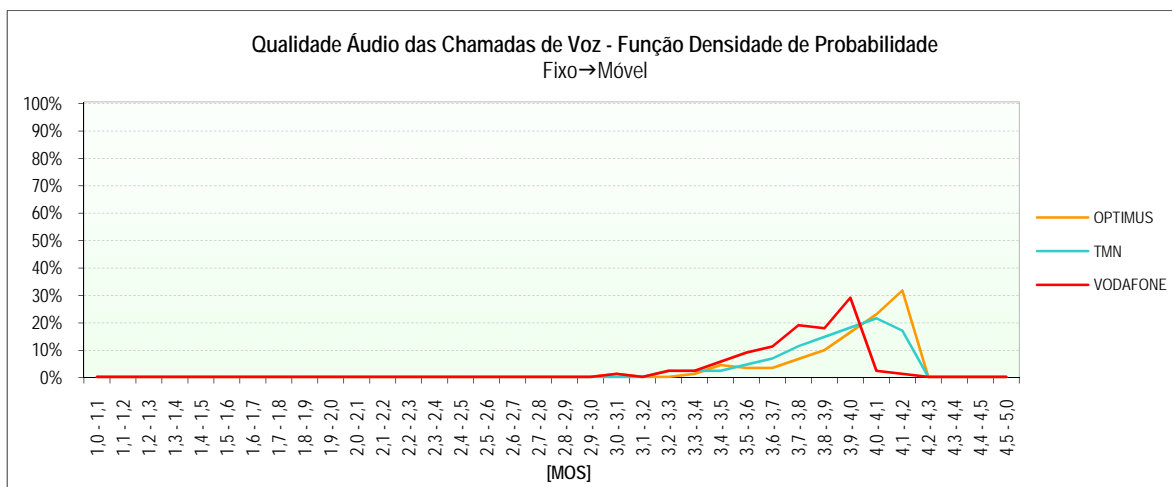


## 4.1.1.3 INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VOZ*



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



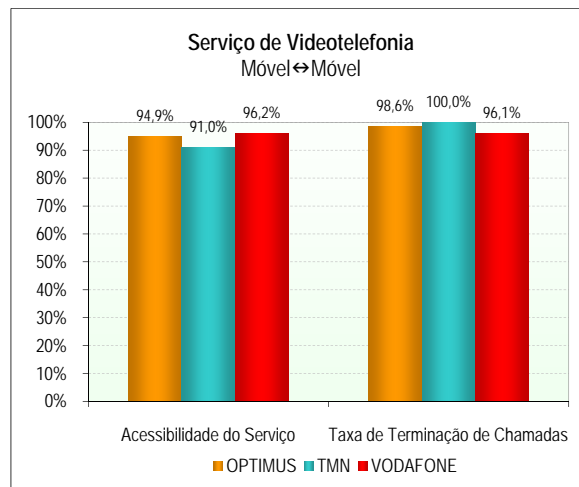


#### 4.1.2 SERVIÇO DE VIDEOTELEFONIA (UMTS)

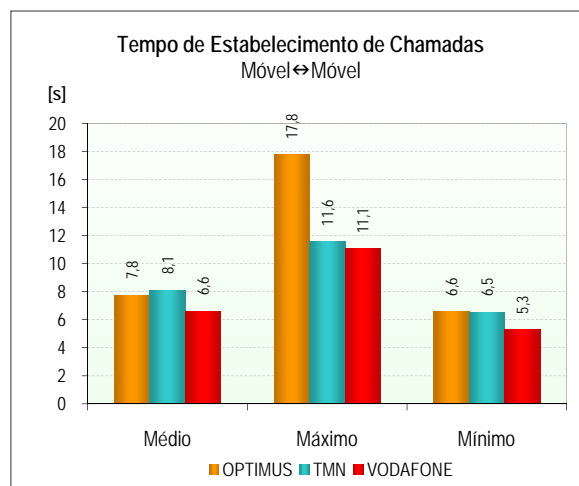
		OPTIMUS	TMN	VODAFONE
		Móvel↔Móvel	Móvel↔Móvel	Móvel↔Móvel
Chamadas Realizadas	Número de Chamadas	78	78	79
	Falhadas no Estabelecimento	4	7	3
	Falhadas Durante a Chamada	1	0	3
	Com Terminação Normal	73	71	73
	Acessibilidade do Serviço	94,9%	91,0%	96,2%
	Taxa de Terminação de Chamadas	98,6%	100,0%	96,1%
Estabelecimento das Chamadas	Número de Amostras (Chamadas)	74	71	76
	Tempo Médio [s]	7,8	8,1	6,6
	Tempo Máximo [s]	17,8	11,6	11,1
	Tempo Mínimo [s]	6,6	6,5	5,3
	Desvio Padrão [s]	1,8	1,1	1,2
Qualidade Áudio	Número de Amostras (Chamadas)	146	142	146
	Média [MOS]	3,94	3,59	3,95
	Máxima [MOS]	4,05	4,05	4,05
	Mínima [MOS]	2,59	1,47	3,00
	Desvio Padrão [MOS]	0,17	0,40	0,13
Qualidade Vídeo	Número de Amostras (Chamadas)	146	142	146
	Média [MOS]	2,27	1,92	2,33
	Máxima [MOS]	2,63	2,63	2,63
	Mínima [MOS]	1,01	1,00	1,58
	Desvio Padrão [MOS]	0,29	0,34	0,23



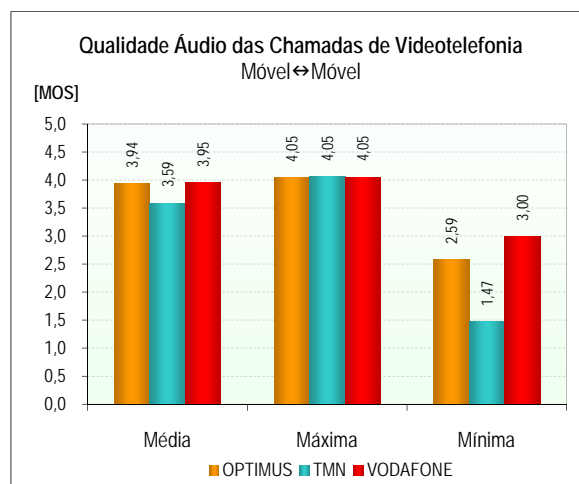
4.1.2.1 INDICADORES *ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO* E *TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS*



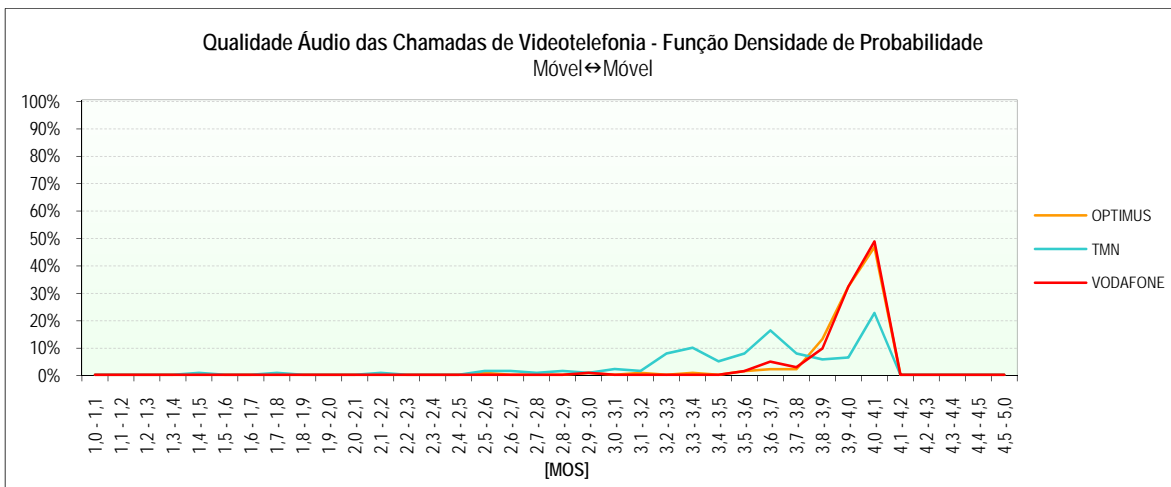
4.1.2.2 INDICADOR *TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS*



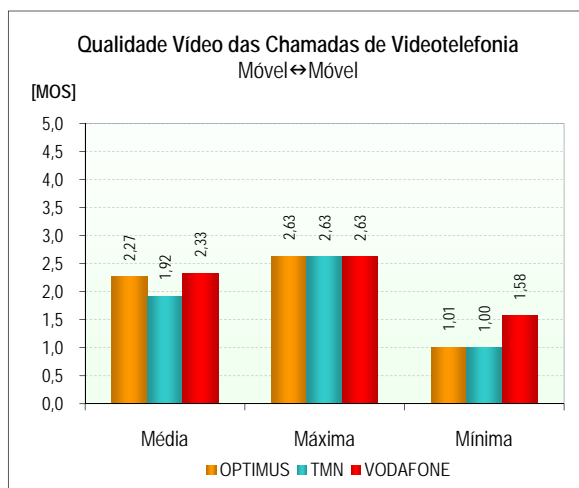
4.1.2.3 INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*



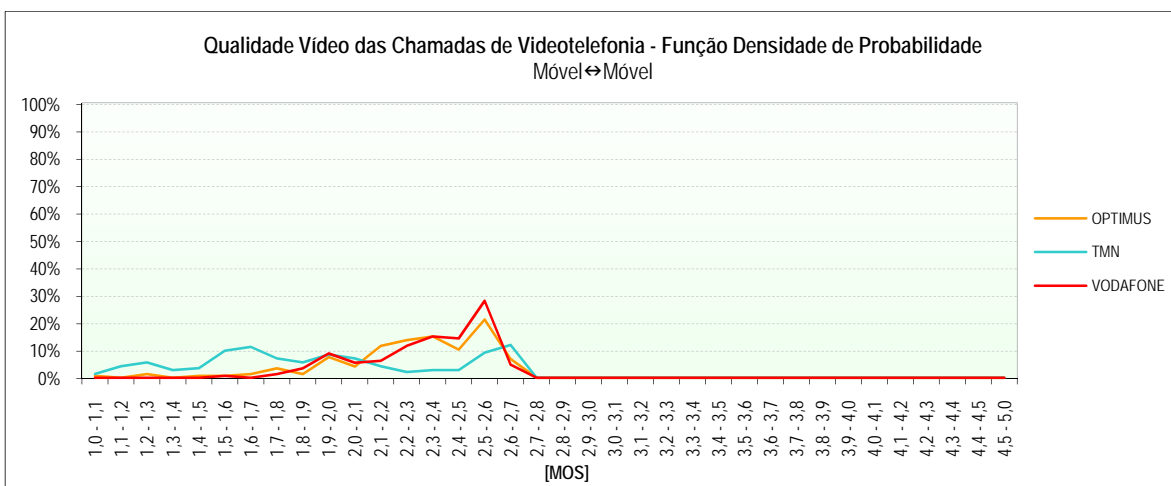
**4.1.2.4 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA***



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



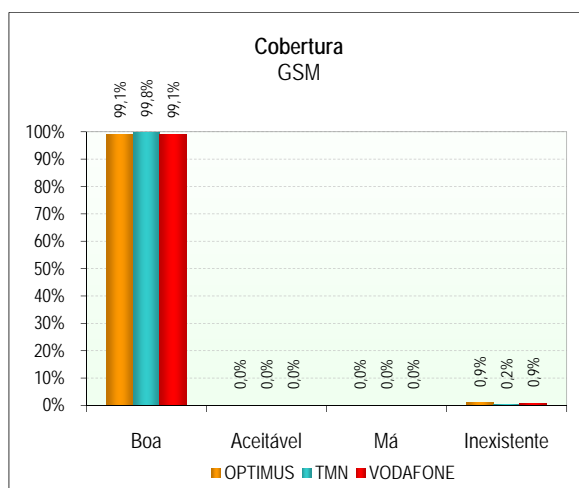
**4.1.2.6 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR *QUALIDADE VÍDEO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA***



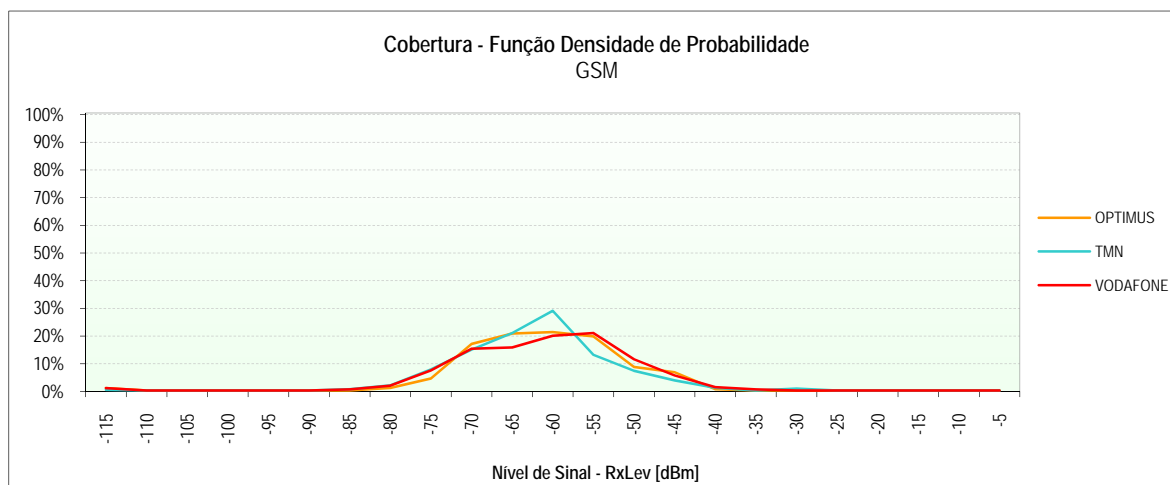
## 4.1.3 COBERTURA DAS REDES

		GSM			WCDMA		
		OPTIMUS	TMN	VODAFONE	OPTIMUS	TMN	VODAFONE
Cobertura	Número de Amostras (Medições)	16.889	16.896	16.889	17.033	17.040	17.003
	Nível Médio de Sinal [dBm]	-59	-60	-59	-86	-83	-82
	Nível Máximo de Sinal [dBm]	-36	-30	-35	-51	-43	-46
	Nível Mínimo de Sinal [dBm]	-115	-115	-115	-114	-119	-125
	Desvio Padrão [dBm]	10	9	10	11	11	11
	Boa	99,1%	99,8%	99,1%	76,8%	85,8%	88,5%
	Aceitável	0,0%	0,0%	0,0%	20,4%	13,3%	11,2%
	Má	0,0%	0,0%	0,0%	2,7%	0,9%	0,3%
	Inexistente	0,9%	0,2%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%

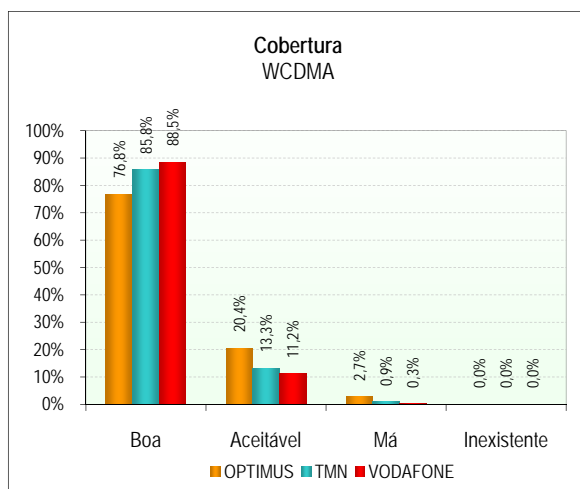
### 4.1.3.1 GSM



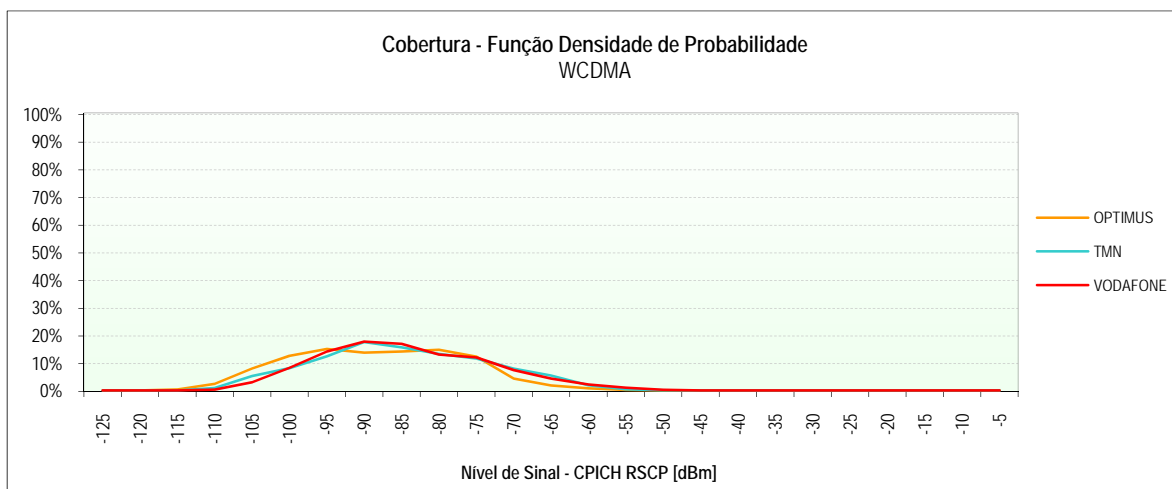
### 4.1.3.2 GSM - FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE



### 4.1.3.3 WCDMA



### 4.1.3.4 WCDMA - FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE

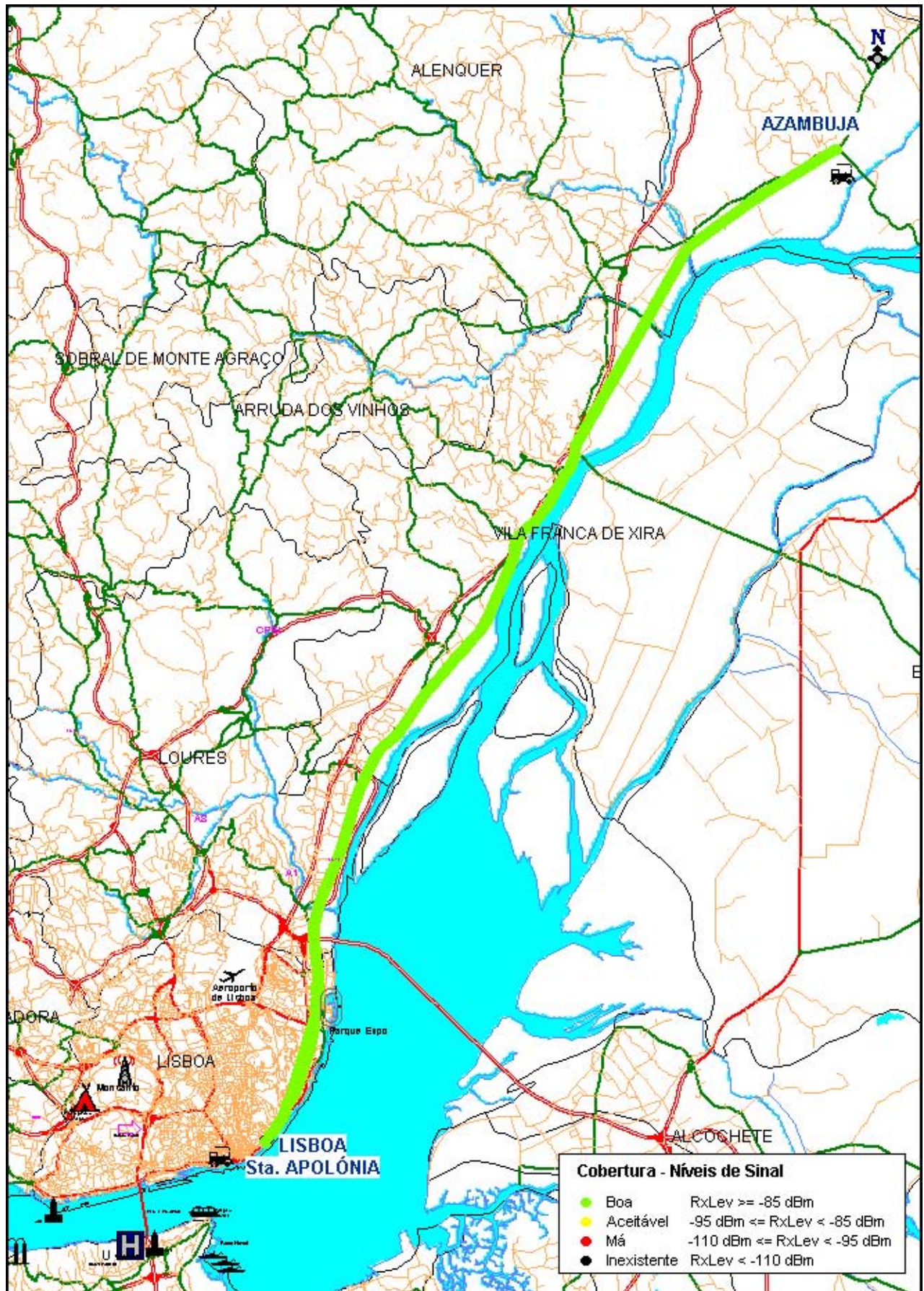


#### 4.1.3.4.1 MAPAS DE COBERTURA

(Páginas seguintes)

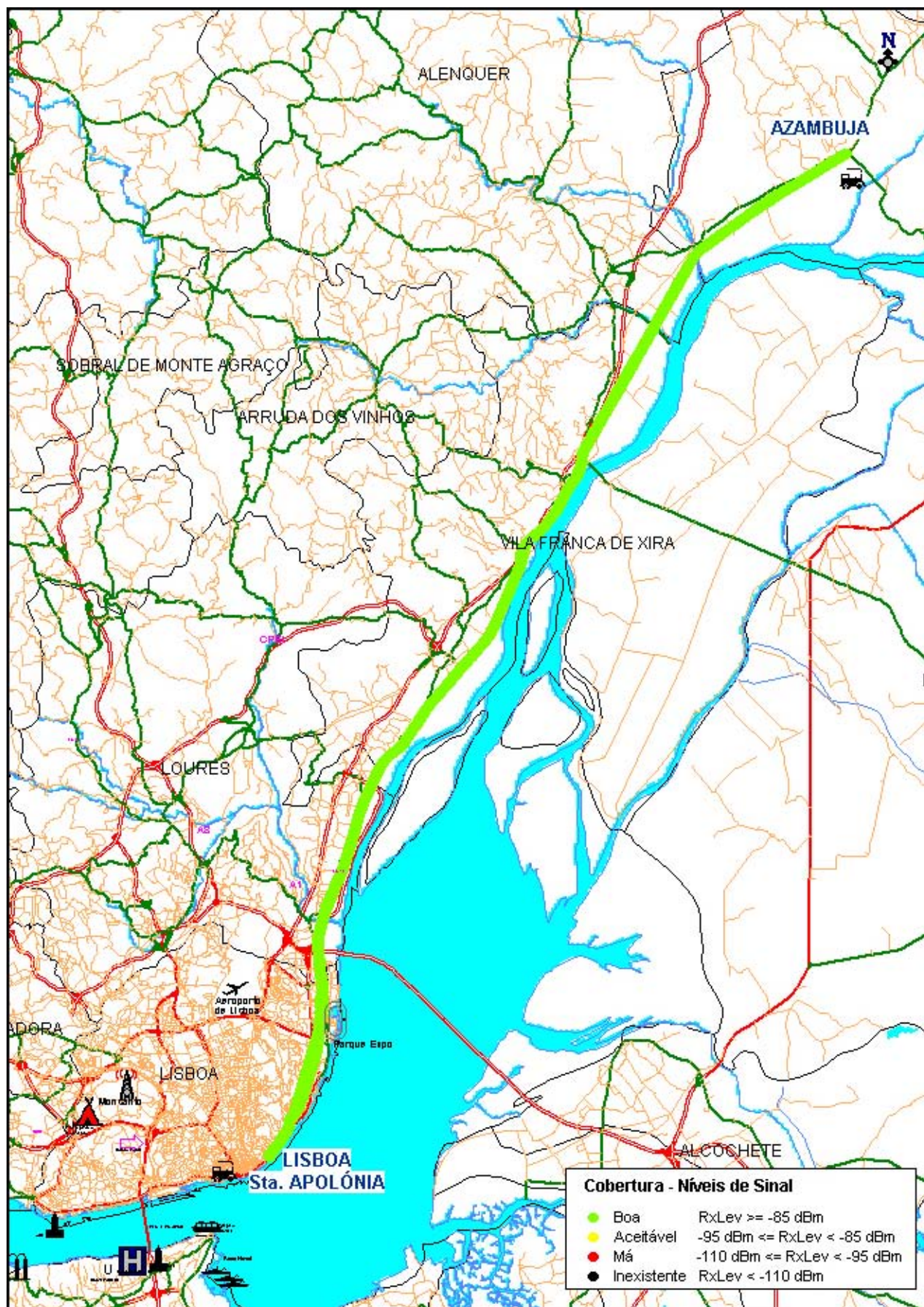
## LINHA DA AZAMBUJA (LISBOA/S.ª APOLÓNIA – AZAMBUJA)

OPTIMUS – Cobertura GSM



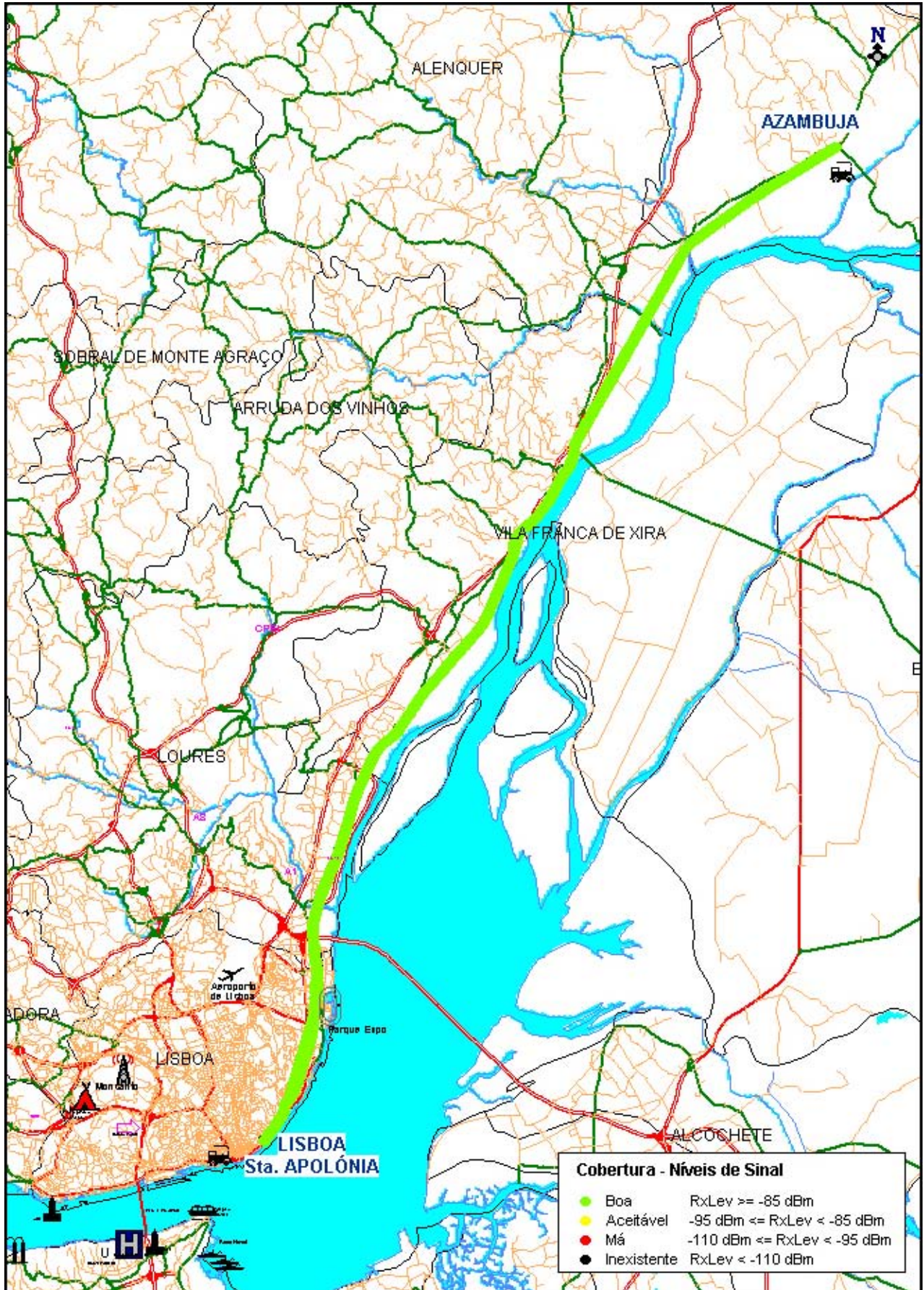
## LINHA DA AZAMBUJA (LISBOA/S.ª APOLÓNIA – AZAMBUJA)

TMN – Cobertura GSM



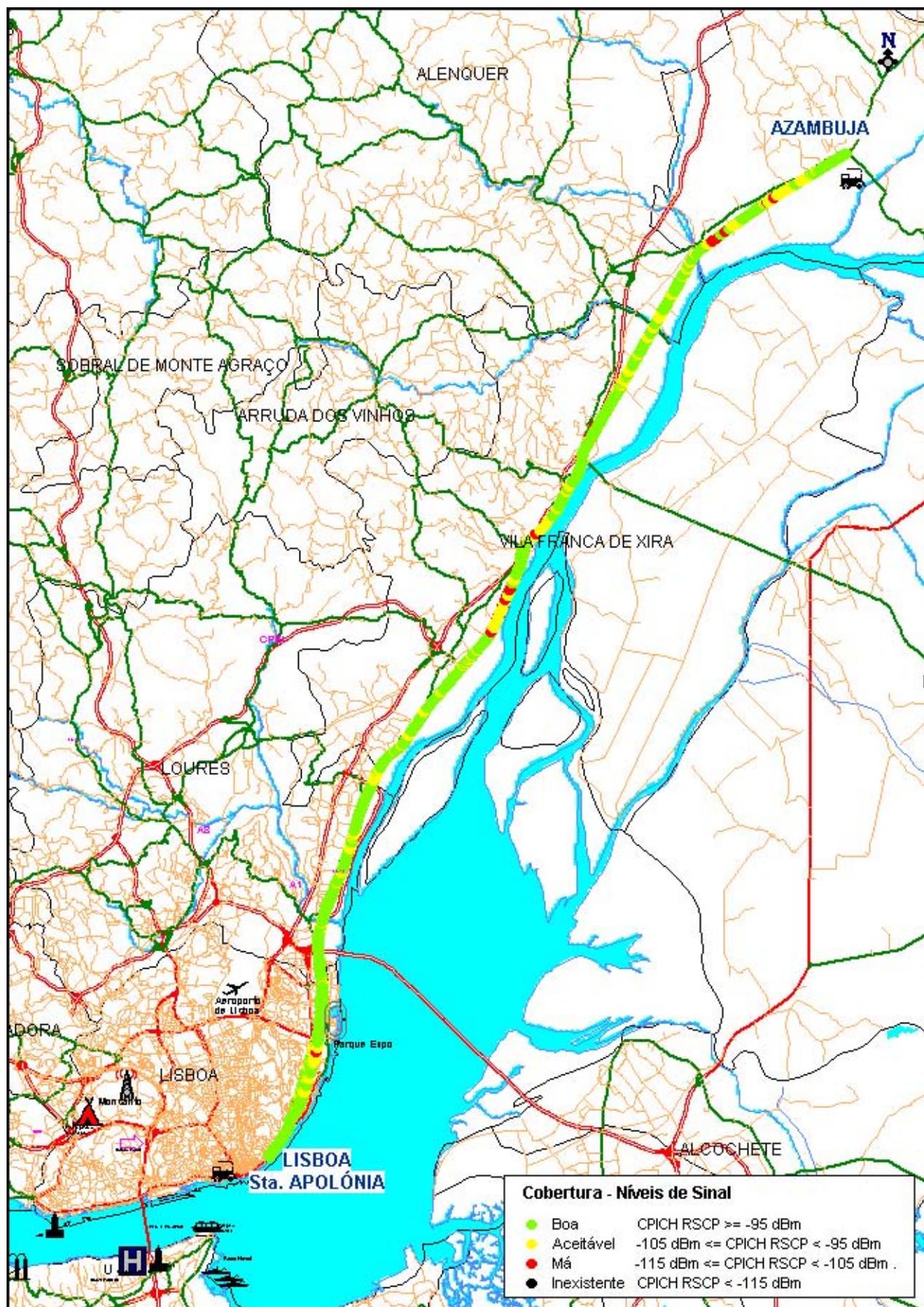
## LINHA DA AZAMBUJA (LISBOA/S.ª APOLÓNIA – AZAMBUJA)

VODAFONE – Cobertura GSM



## LINHA DA AZAMBUJA (LISBOA/S.ª APOLÓNIA – AZAMBUJA)

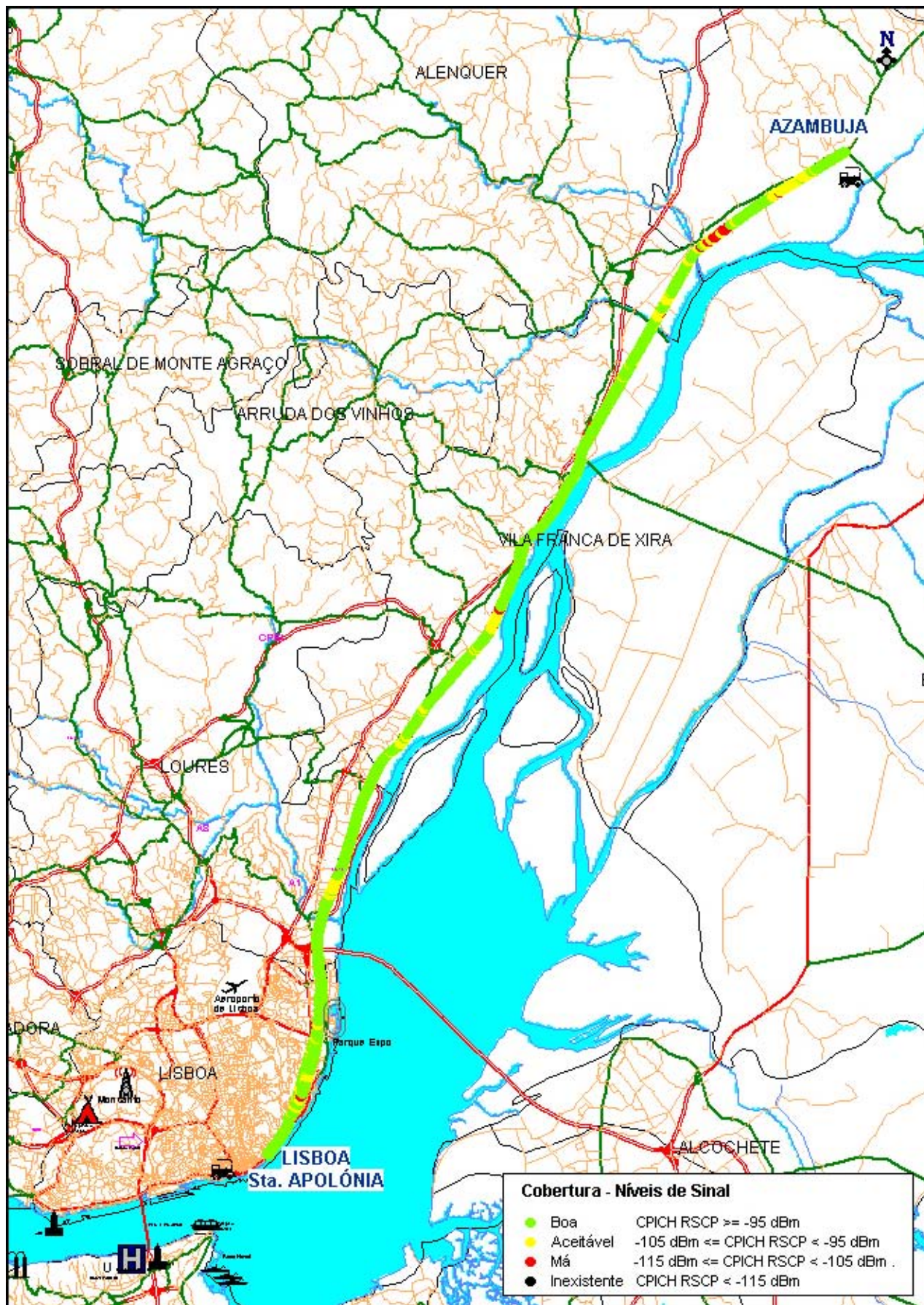
OPTIMUS – Cobertura WCDMA





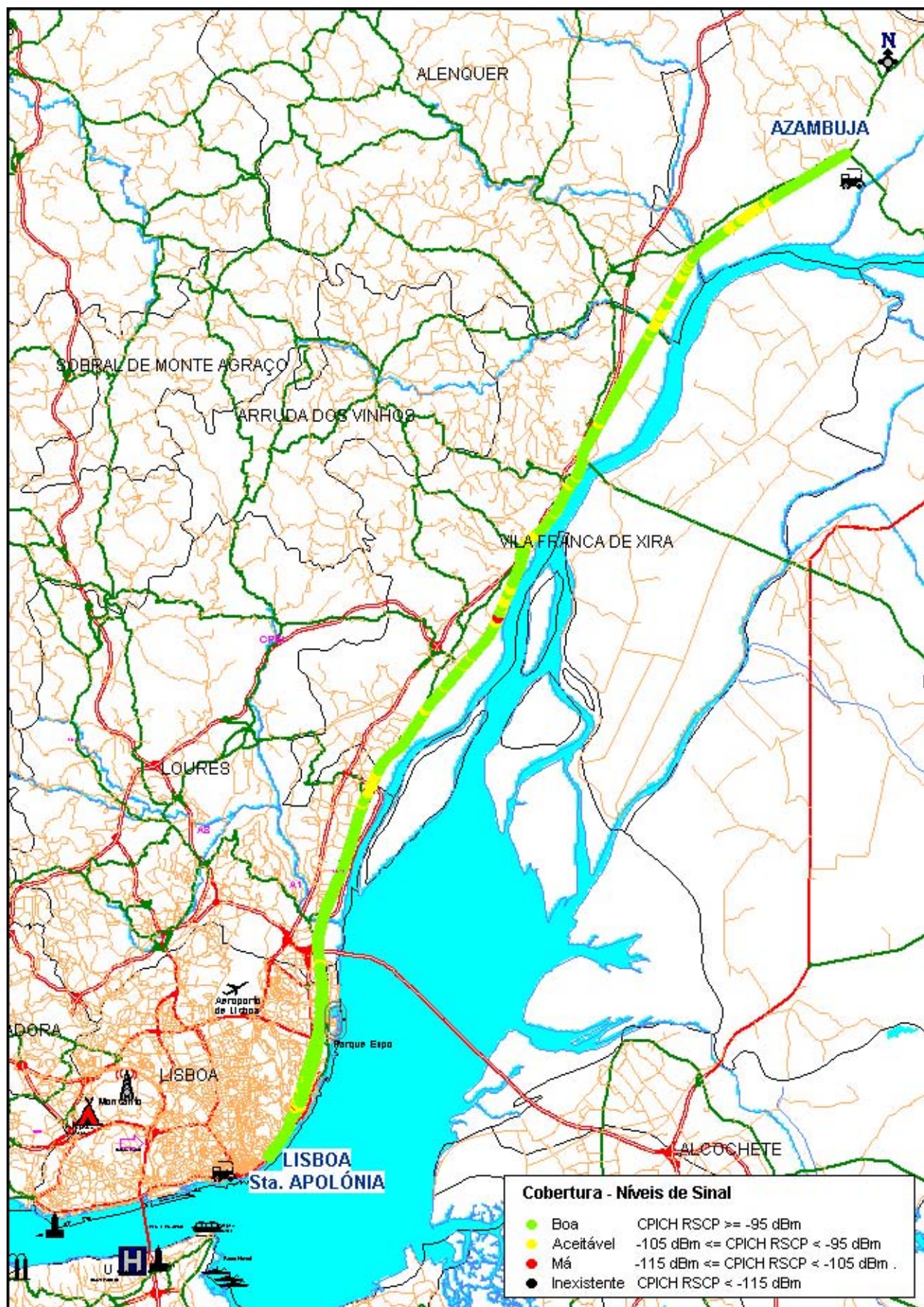
## LINHA DA AZAMBUJA (LISBOA/S.ª APOLÓNIA – AZAMBUJA)

TMN – Cobertura WCDMA



## LINHA DA AZAMBUJA (LISBOA/S.ª APOLÓNIA – AZAMBUJA)

VODAFONE – Cobertura WCDMA



## 4.2 LINHA DE CASCAIS (LISBOA/CAIS DO SODRÉ – CASCAIS)

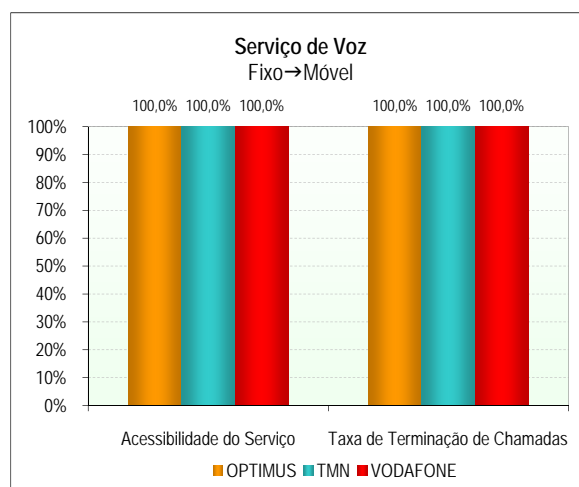
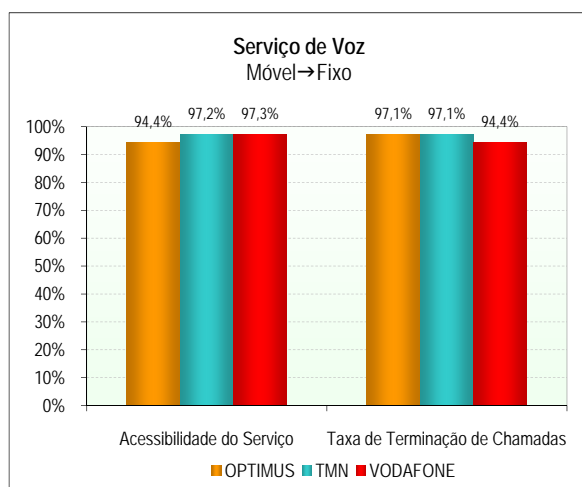
### Sessões de Medidas realizadas em:

- 22 de Junho de 2009, entre as 9h30 e as 17h10.

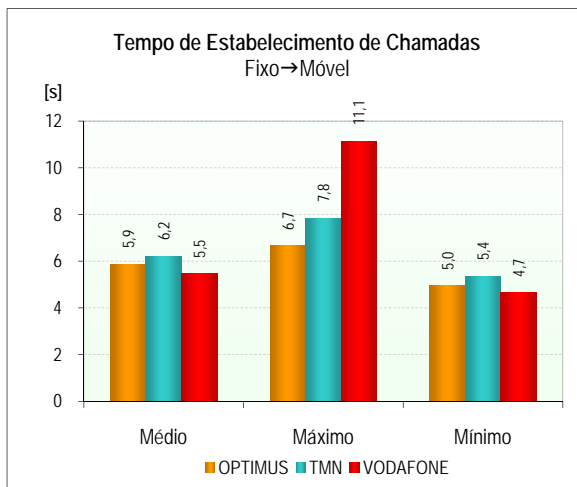
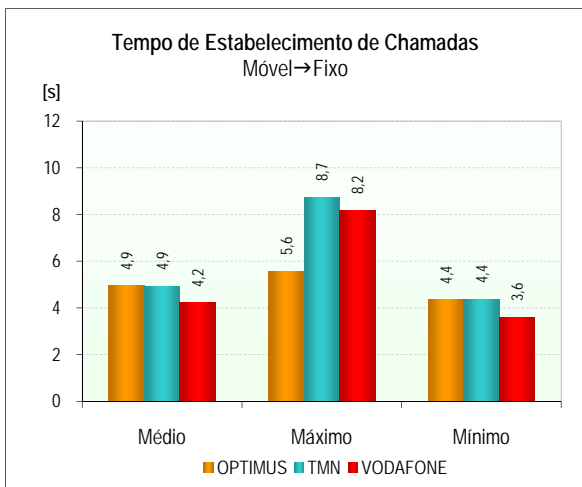
### 4.2.1 SERVIÇO DE VOZ (GSM)

		OPTIMUS		TMN		VODAFONE	
		Móvel→Fixo	Fixo→Móvel	Móvel→Fixo	Fixo→Móvel	Móvel→Fixo	Fixo→Móvel
Chamadas Realizadas	Número de Chamadas	36	34	36	34	37	34
	Falhadas no Estabelecimento	2	0	1	0	1	0
	Falhadas Durante a Chamada	1	0	1	0	2	0
	Com Terminação Normal	33	34	34	34	34	34
	Acessibilidade do Serviço	94,4%	100,0%	97,2%	100,0%	97,3%	100,0%
	Taxa de Terminação de Chamadas	97,1%	100,0%	97,1%	100,0%	94,4%	100,0%
Estabelecimento das Chamadas	Número de Amostras (Chamadas)	34	34	35	34	36	34
	Tempo Médio [s]	4,9	5,9	4,9	6,2	4,2	5,5
	Tempo Máximo [s]	5,6	6,7	8,7	7,8	8,2	11,1
	Tempo Mínimo [s]	4,4	5,0	4,4	5,4	3,6	4,7
	Desvio Padrão [s]	0,3	0,4	0,8	0,5	1,0	1,4
Qualidade Audio	Número de Amostras (Chamadas)	67	67	68	68	68	68
	Média [MOS]	3,86	3,92	3,73	3,74	3,82	3,85
	Máxima [MOS]	4,11	4,17	4,05	4,15	4,10	4,14
	Mínima [MOS]	3,42	3,40	3,07	2,72	3,33	3,11
	Desvio Padrão [MOS]	0,18	0,19	0,22	0,33	0,20	0,22

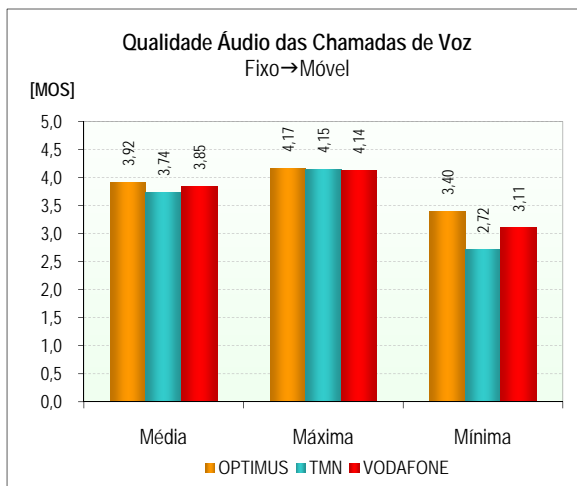
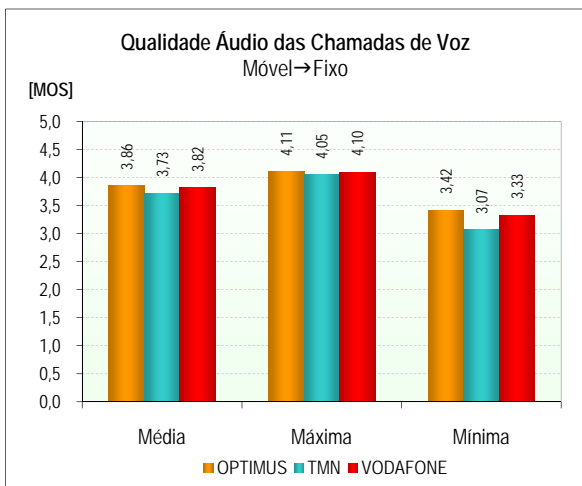
#### 4.2.1.1 INDICADORES ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO E TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS



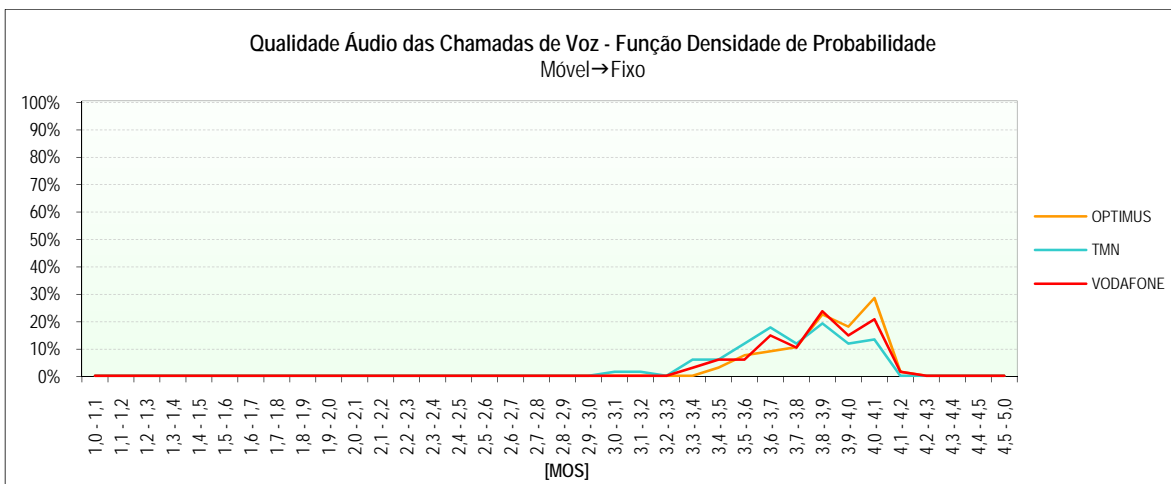
**4.2.1.2** INDICADOR *TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS*

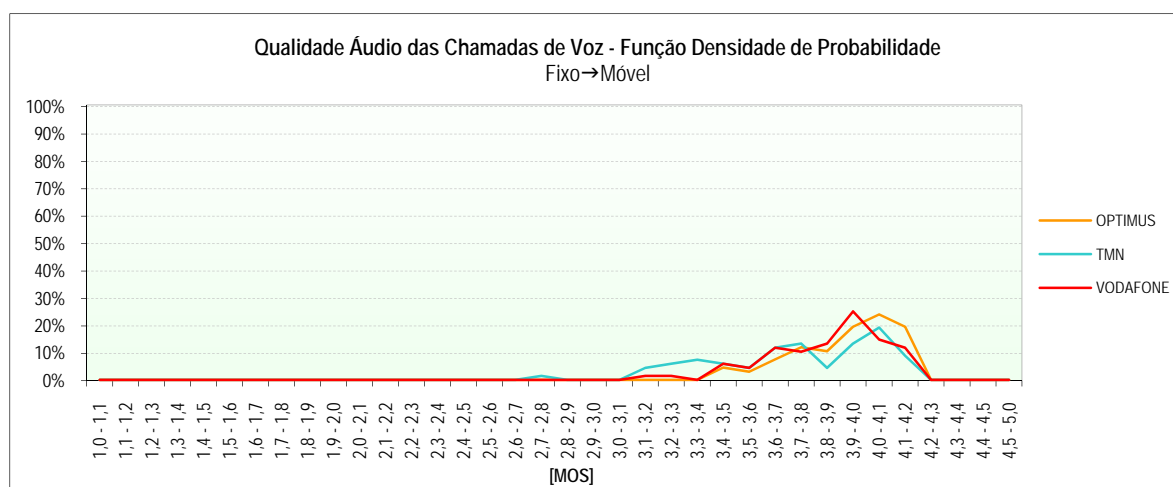


**4.2.1.3** INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VOZ*



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

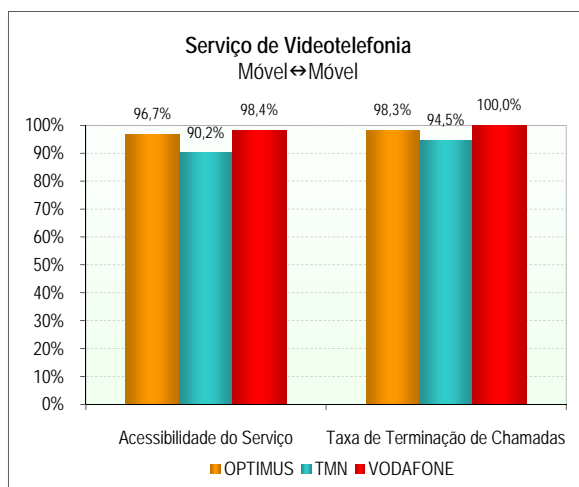




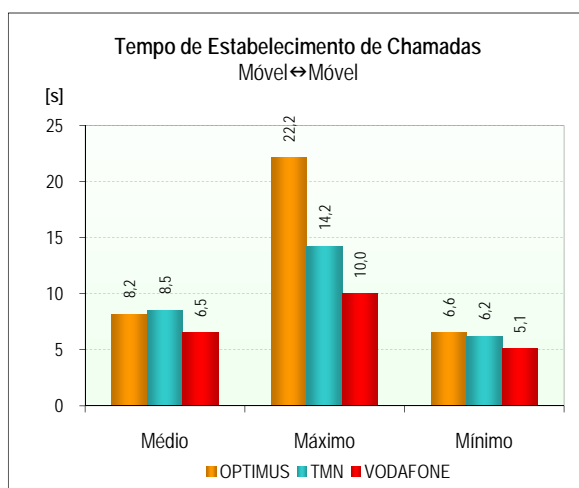
#### 4.2.2 SERVIÇO DE VIDEOTELEFONIA (UMTS)

		OPTIMUS	TMN	VODAFONE
		Móvel↔Móvel	Móvel↔Móvel	Móvel↔Móvel
<b>Chamadas Realizadas</b>	Número de Chamadas	61	61	61
	Falhadas no Estabelecimento	2	6	1
	Falhadas Durante a Chamada	1	3	0
	Com Terminação Normal	58	52	60
	Acessibilidade do Serviço	96,7%	90,2%	98,4%
	Taxa de Terminação de Chamadas	98,3%	94,5%	100,0%
<b>Estabelecimento das Chamadas</b>	Número de Amostras (Chamadas)	59	55	60
	Tempo Médio [s]	8,2	8,5	6,5
	Tempo Máximo [s]	22,2	14,2	10,0
	Tempo Mínimo [s]	6,6	6,2	5,1
	Desvio Padrão [s]	2,6	1,8	1,0
<b>Qualidade Áudio</b>	Número de Amostras (Chamadas)	116	104	120
	Média [MOS]	3,92	3,54	3,93
	Máxima [MOS]	4,05	4,05	4,05
	Mínima [MOS]	1,00	2,14	2,92
	Desvio Padrão [MOS]	0,25	0,39	0,19
<b>Qualidade Vídeo</b>	Número de Amostras (Chamadas)	116	104	120
	Média [MOS]	2,28	1,92	2,30
	Máxima [MOS]	2,62	2,63	2,63
	Mínima [MOS]	1,39	1,03	1,57
	Desvio Padrão [MOS]	0,28	0,39	0,27

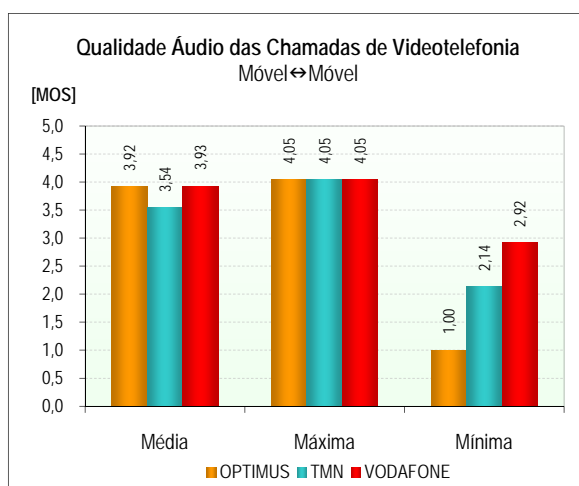
4.2.2.1 INDICADORES *ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO* E *TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS*



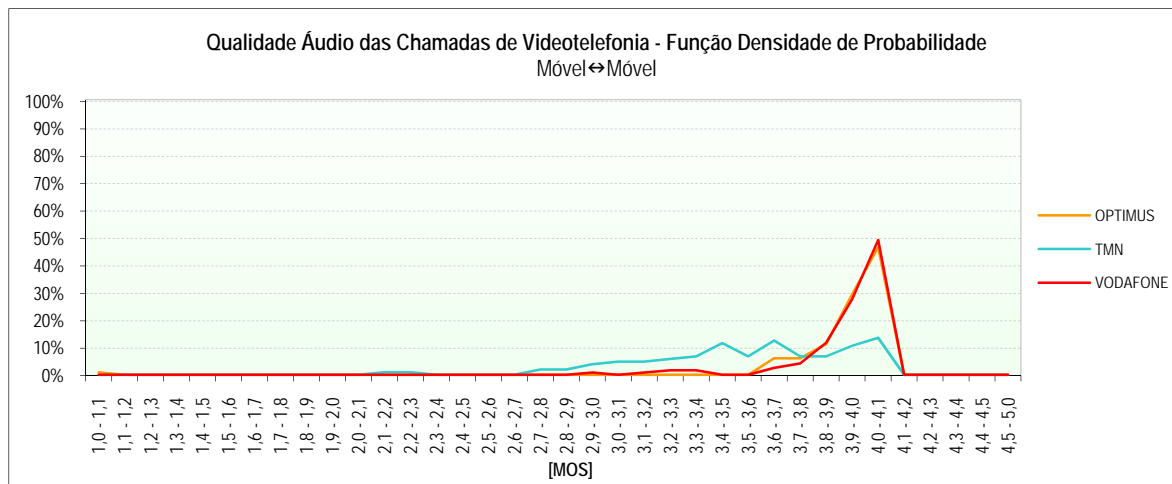
4.2.2.2 INDICADOR *TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS*



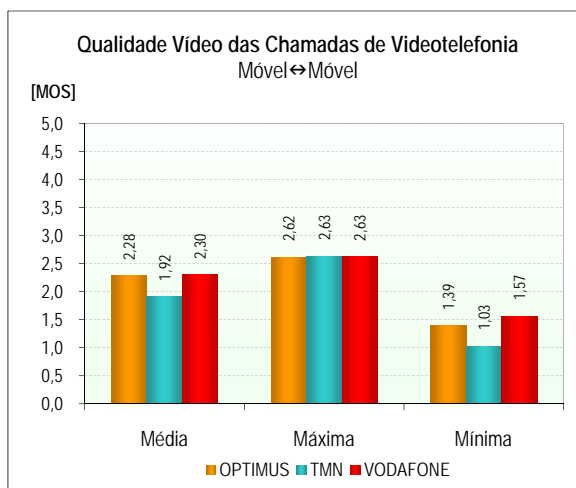
4.2.2.3 INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*



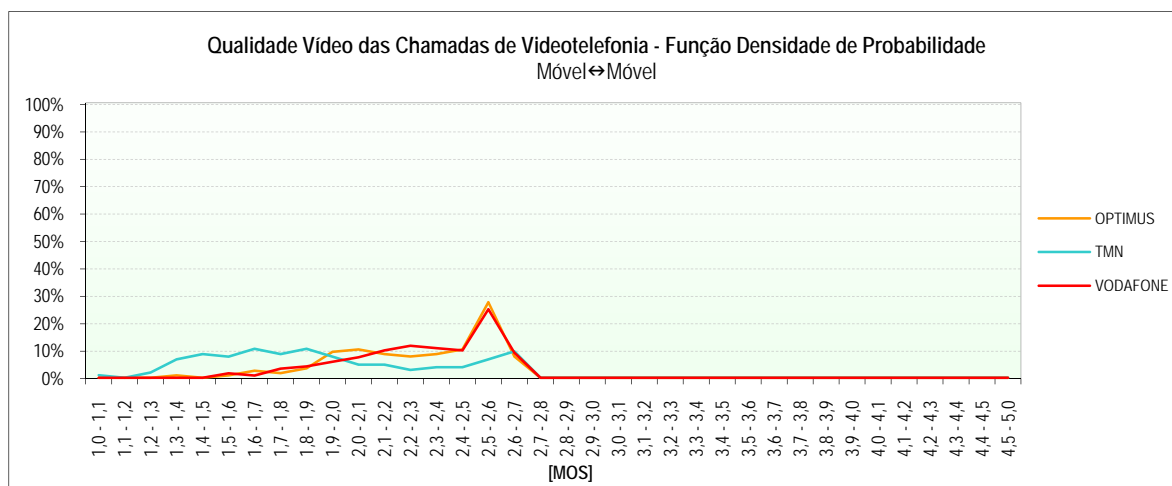
4.2.2.4 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*



4.2.2.5 INDICADOR *QUALIDADE VIDEO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*



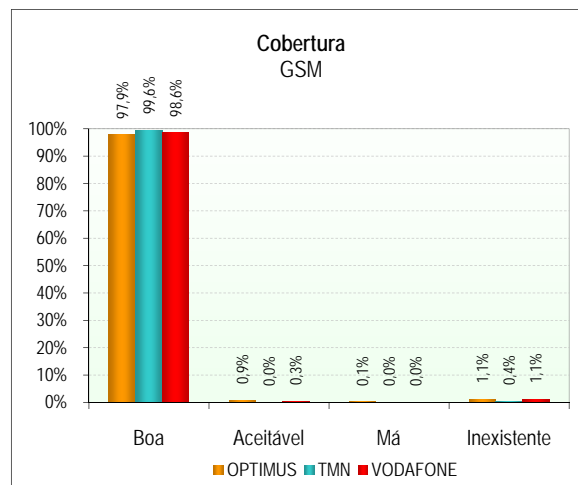
4.2.2.6 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR *QUALIDADE VIDEO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*



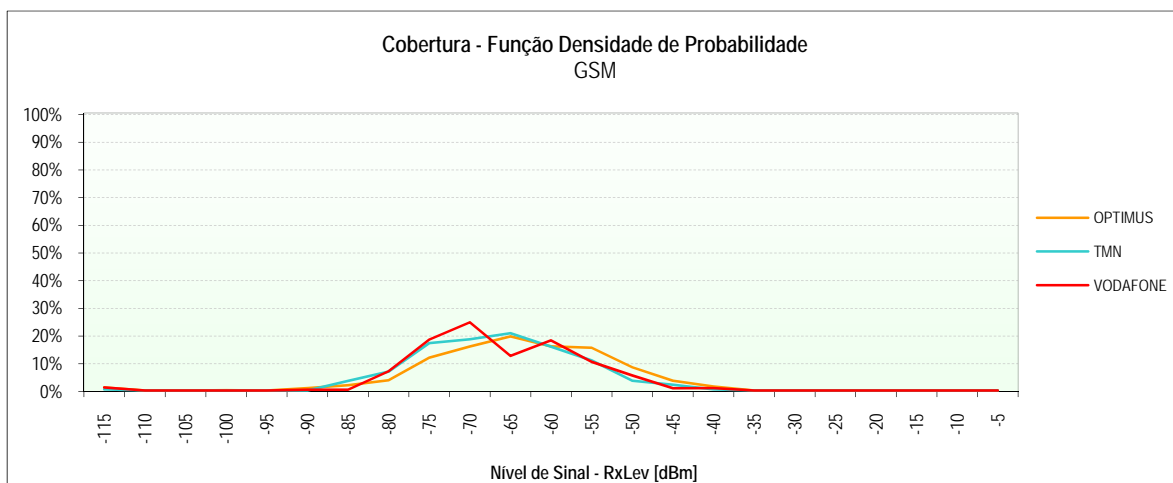
## 4.2.3 COBERTURA DAS REDES

		GSM			WCDMA		
		OPTIMUS	TMN	VODAFONE	OPTIMUS	TMN	VODAFONE
Cobertura	Número de Amostras (Medições)	13.309	13.304	13.314	13.443	13.443	13.453
	Nível Médio de Sinal [dBm]	-62	-65	-64	-87	-83	-84
	Nível Máximo de Sinal [dBm]	-36	-37	-39	-49	-40	-46
	Nível Mínimo de Sinal [dBm]	-115	-115	-115	-123	-116	-126
	Desvio Padrão [dBm]	11	10	10	12	10	10
	Boa	97,9%	99,6%	98,6%	72,3%	89,3%	86,6%
	Aceitável	0,9%	0,0%	0,3%	23,9%	10,2%	12,2%
	Má	0,1%	0,0%	0,0%	3,5%	0,4%	1,1%
	Inexistente	1,1%	0,4%	1,1%	0,3%	0,0%	0,1%

### 4.2.3.1 GSM

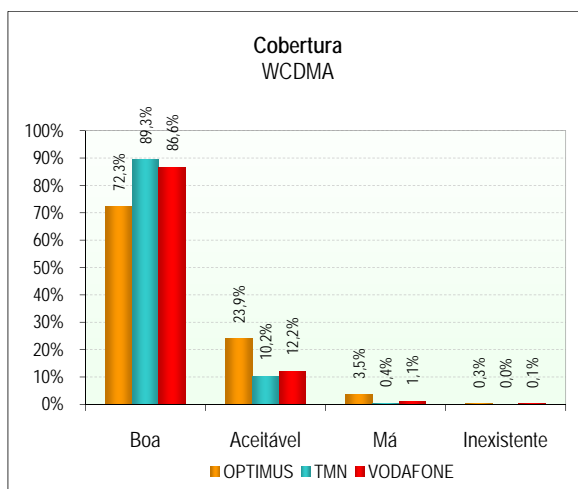


### 4.2.3.2 GSM - FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE

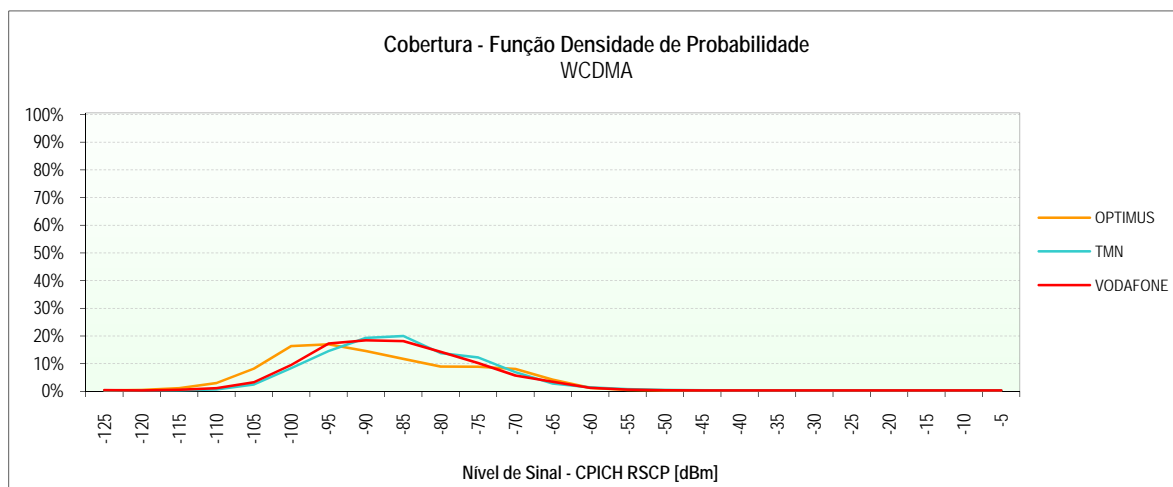




## 4.2.3.3 WCDMA



## 4.2.3.4 WCDMA - FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE

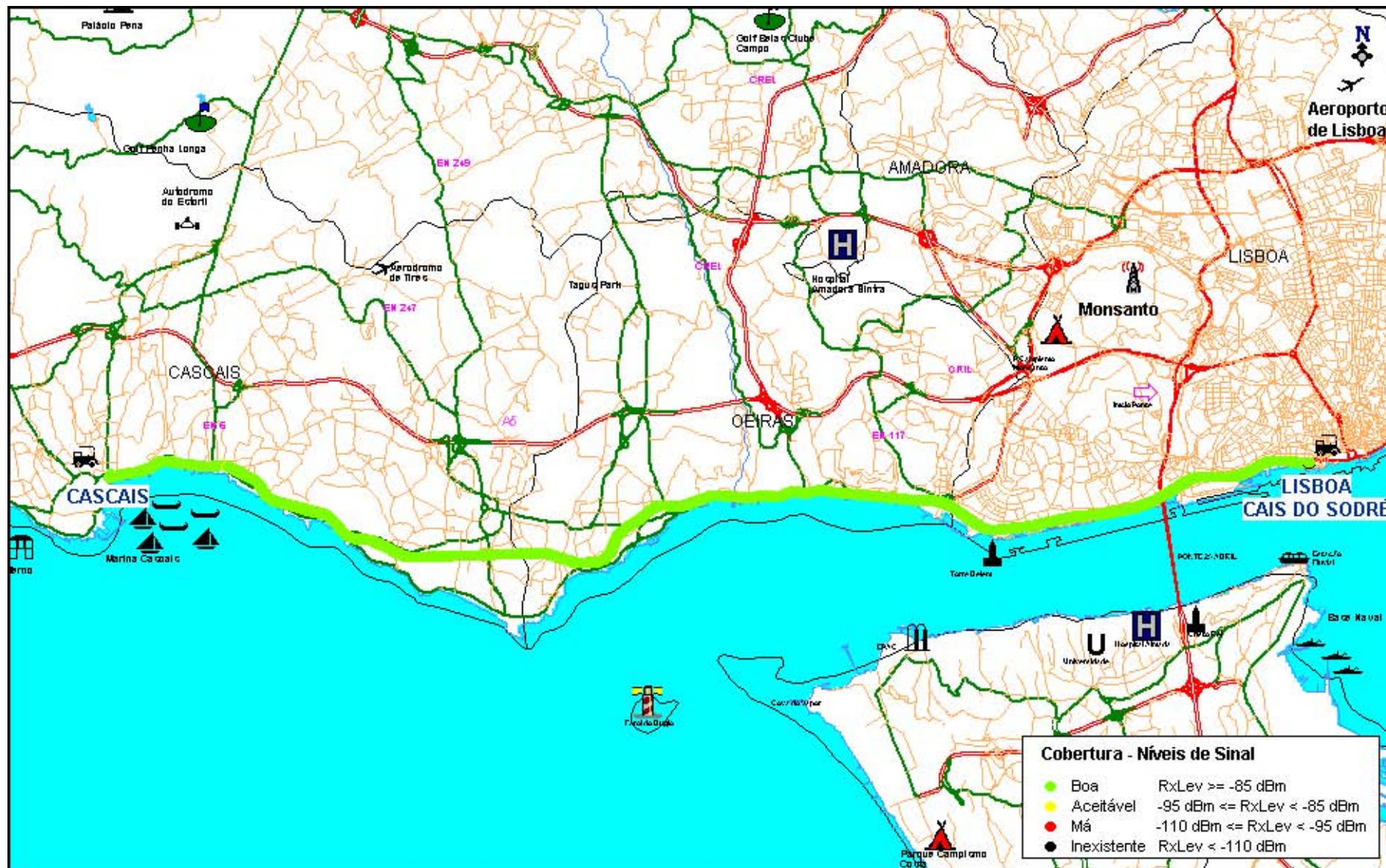


## 4.2.3.4.1 MAPAS DE COBERTURA

(Páginas seguintes)

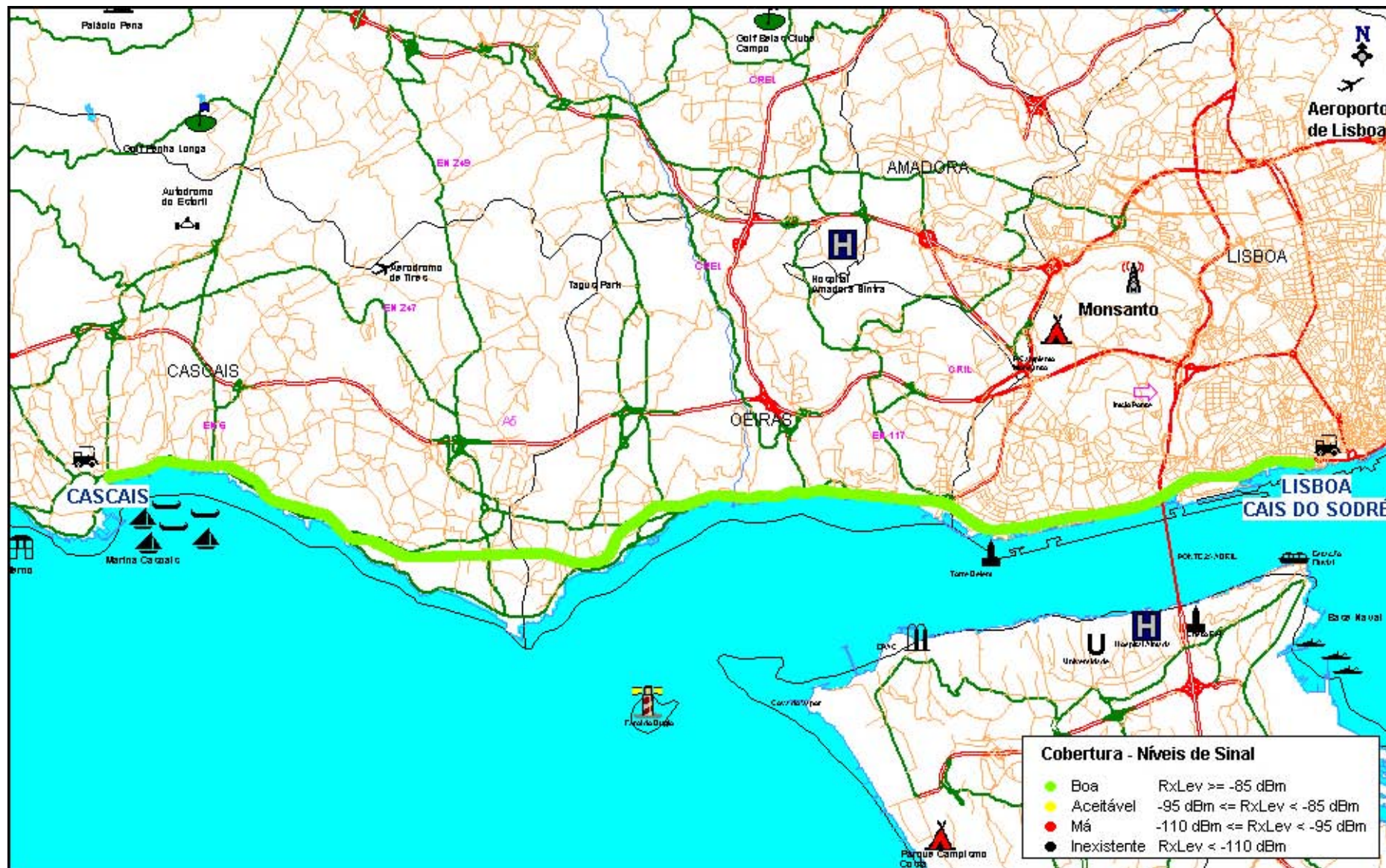
## LINHA DE CASCAIS (LISBOA/CAIS DO SODRÉ – CASCAIS)

OPTIMUS – Cobertura GSM



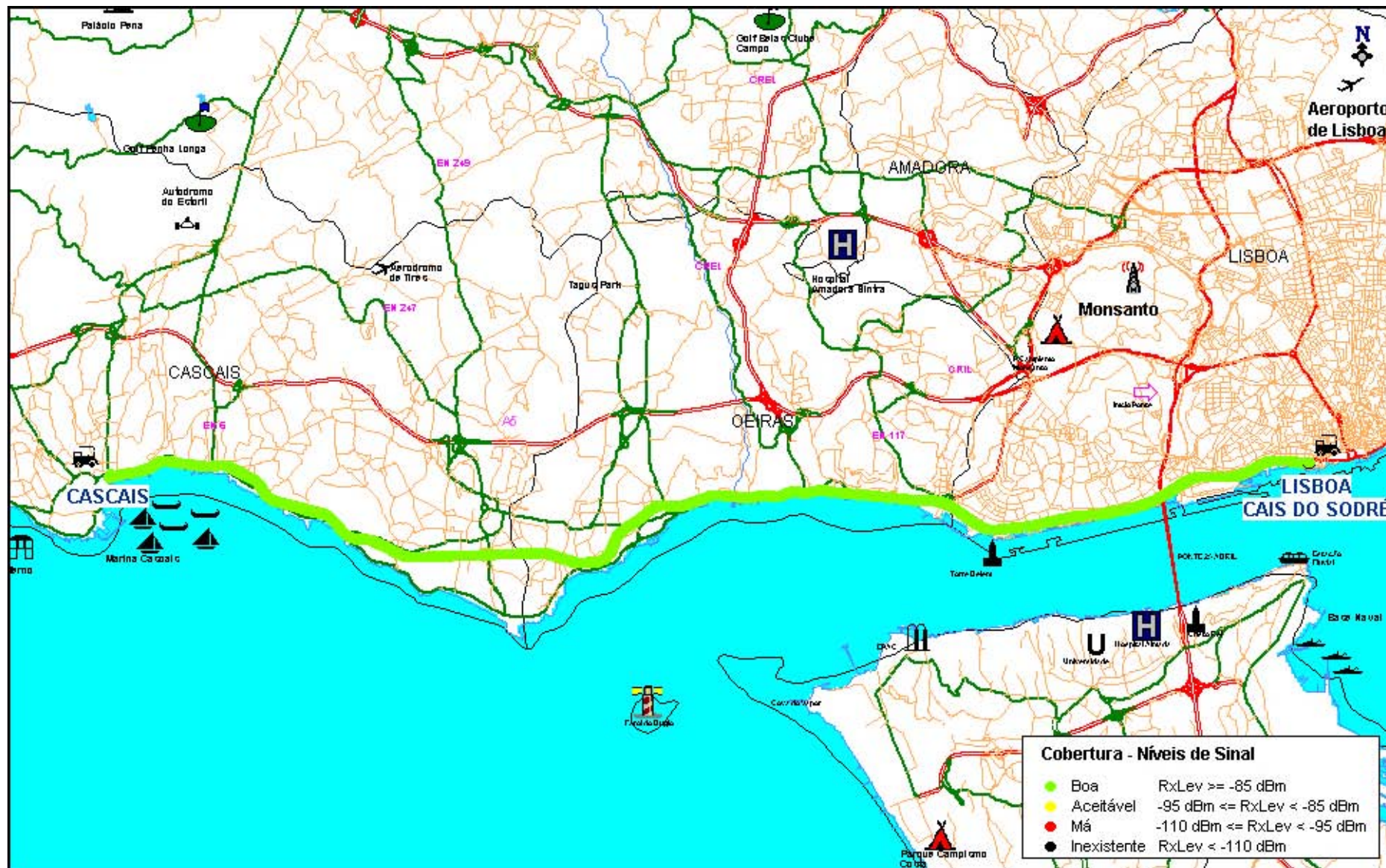
## LINHA DE CASCAIS (LISBOA/CAIS DO SODRÉ – CASCAIS)

TMN – Cobertura GSM



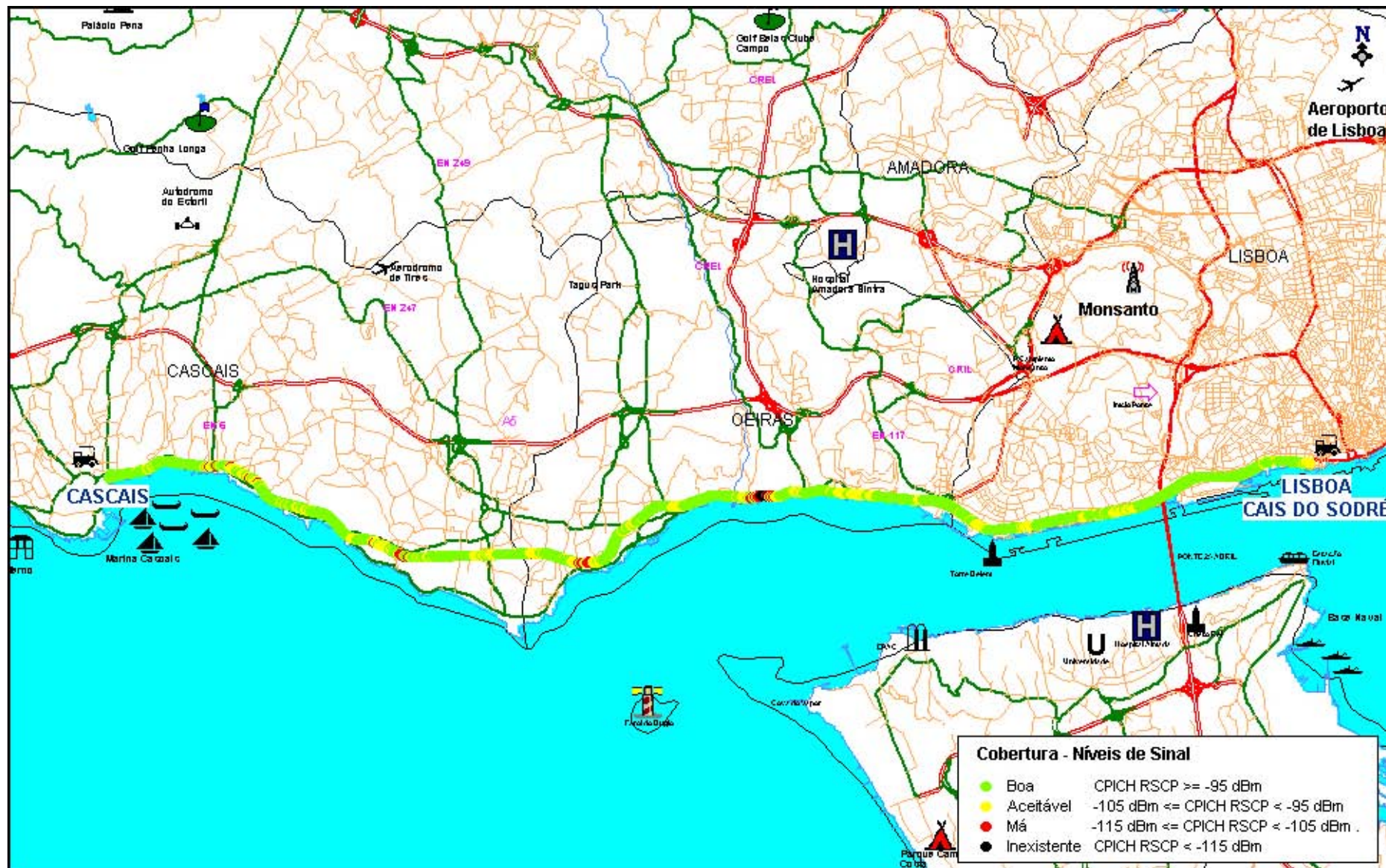
## LINHA DE CASCAIS (LISBOA/CAIS DO SODRÉ – CASCAIS)

VODAFONE – Cobertura GSM



## LINHA DE CASCAIS (LISBOA/CAIS DO SODRÉ – CASCAIS)

OPTIMUS – Cobertura WCDMA



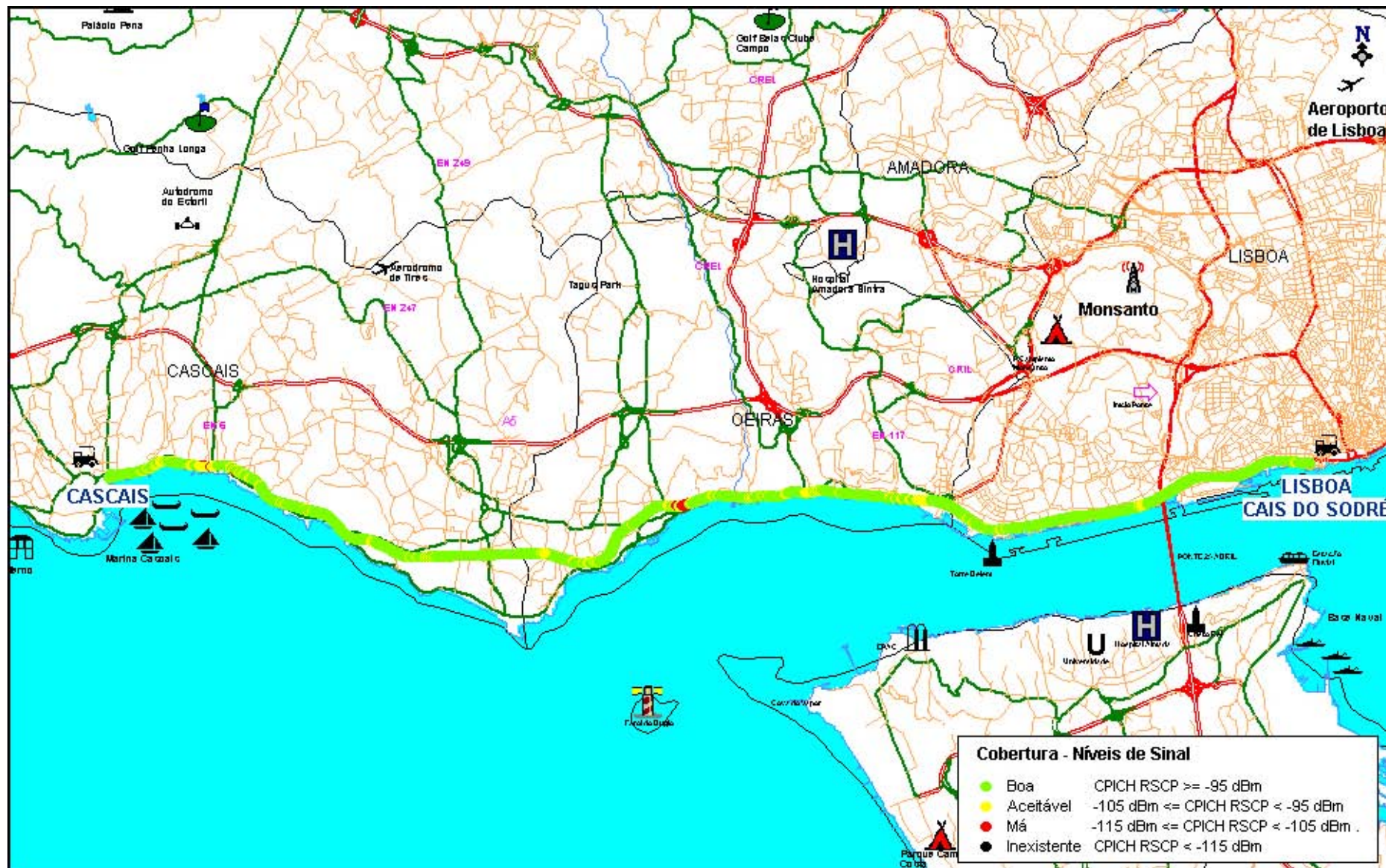
## LINHA DE CASCAIS (LISBOA/CAIS DO SODRÉ – CASCAIS)

TMN – Cobertura WCDMA



## LINHA DE CASCAIS (LISBOA/CAIS DO SODRÉ – CASCAIS)

VODAFONE – Cobertura WCDMA







## 4.3 LINHA DA FERTAGUS (LISBOA/ROMA AREIRO – SETÚBAL)

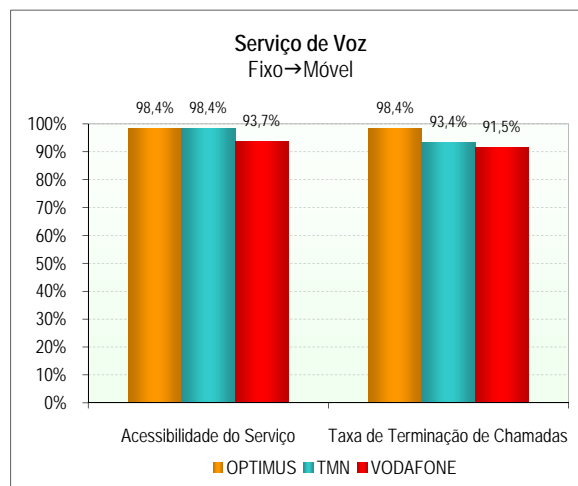
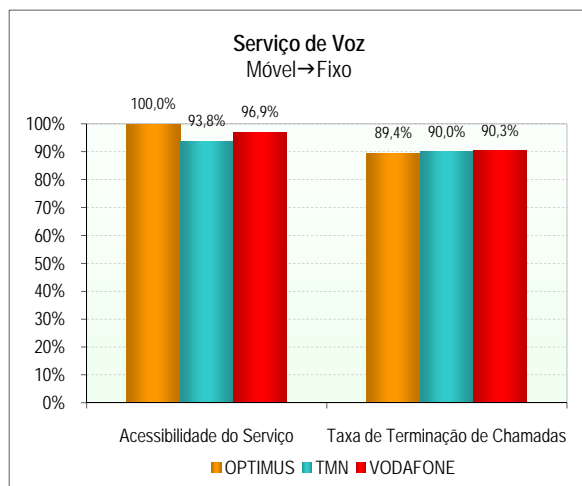
### Sessões de Medidas realizadas em:

- 15 de Junho de 2009, entre as 16h50 e as 19h30;
- 16 de Junho de 2009, entre as 16h50 e as 19h30;
- 17 de Junho de 2009, entre as 16h50 e as 19h30.

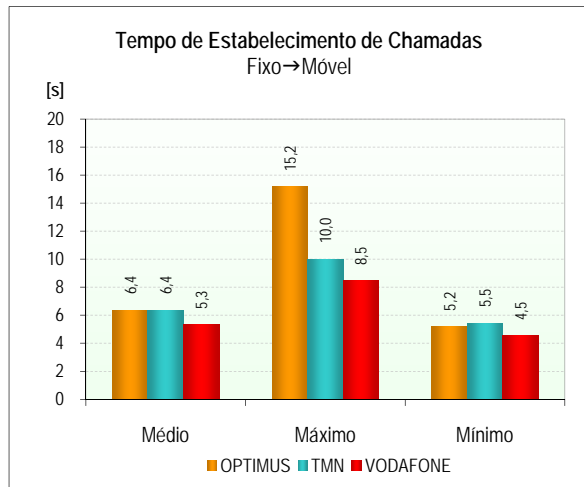
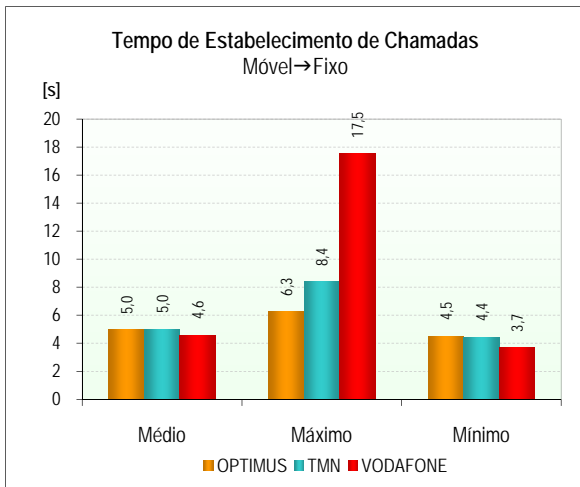
### 4.3.1 SERVIÇO DE VOZ (GSM)

		OPTIMUS		TMN		VODAFONE	
		Móvel→Fixo	Fixo→Móvel	Móvel→Fixo	Fixo→Móvel	Móvel→Fixo	Fixo→Móvel
Chamadas Realizadas	Número de Chamadas	66	63	64	62	64	63
	Falhadas no Estabelecimento	0	1	4	1	2	4
	Falhadas Durante a Chamada	7	1	6	4	6	5
	Com Terminação Normal	59	61	54	57	56	54
	Acessibilidade do Serviço	100,0%	98,4%	93,8%	98,4%	96,9%	93,7%
	Taxa de Terminação de Chamadas	89,4%	98,4%	90,0%	93,4%	90,3%	91,5%
Estabelecimento das Chamadas	Número de Amostras (Chamadas)	66	62	60	61	62	59
	Tempo Médio [s]	5,0	6,4	5,0	6,4	4,6	5,3
	Tempo Máximo [s]	6,3	15,2	8,4	10,0	17,5	8,5
	Tempo Mínimo [s]	4,5	5,2	4,4	5,5	3,7	4,5
	Desvio Padrão [s]	0,3	1,8	0,6	0,8	2,1	0,7
Qualidade de Áudio	Número de Amostras (Chamadas)	120	120	111	111	110	110
	Média [MOS]	3,85	3,89	3,75	3,68	3,68	3,64
	Máxima [MOS]	4,09	4,16	4,08	4,15	4,07	4,11
	Mínima [MOS]	3,21	2,05	3,12	2,68	2,87	2,65
	Desvio Padrão [MOS]	0,18	0,28	0,25	0,39	0,23	0,30

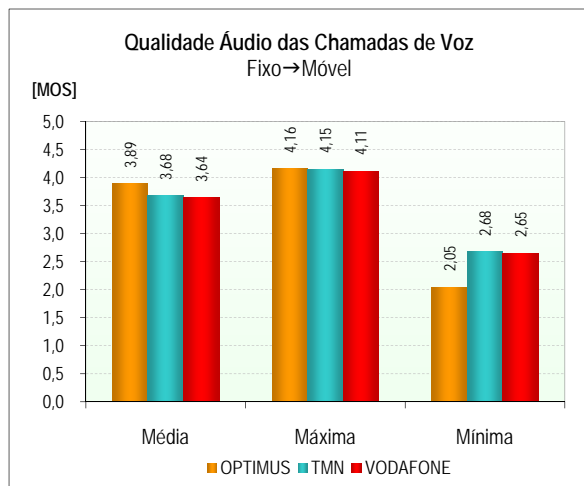
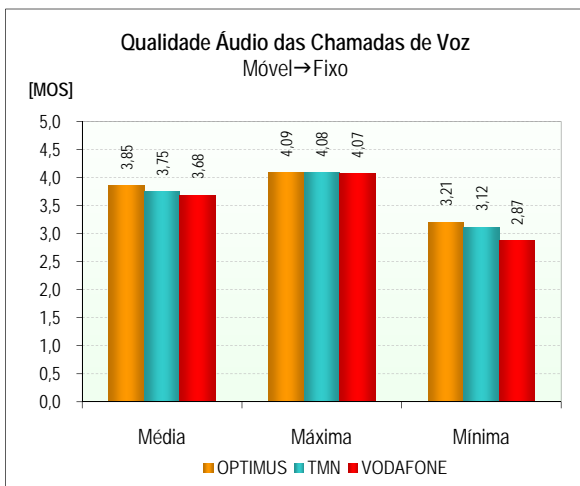
#### 4.3.1.1 INDICADORES ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO E TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS



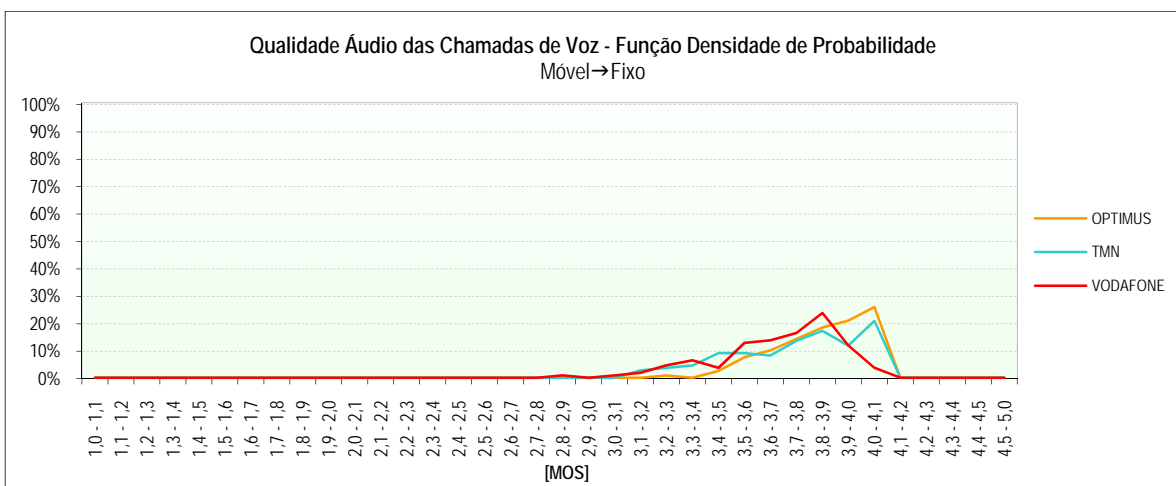
### 4.3.1.2 INDICADOR *TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS*

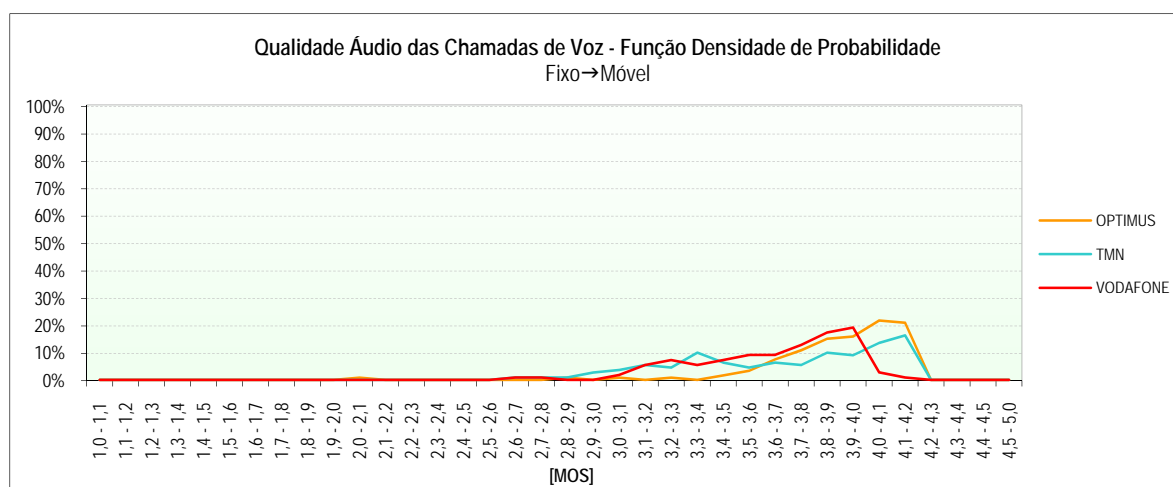


### 4.3.1.3 INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VOZ*



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

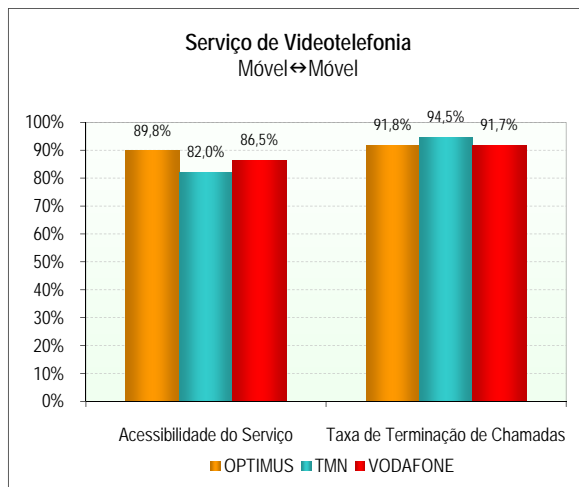




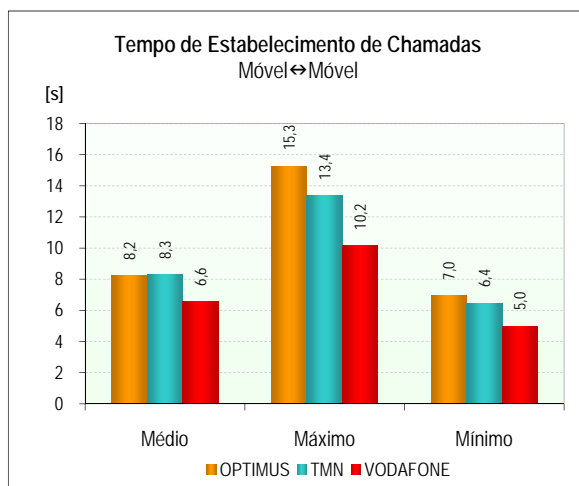
#### 4.3.2 SERVIÇO DE VIDEOTELEFONIA (UMTS)

		OPTIMUS	TMN	VODAFONE
		Móvel↔Móvel	Móvel↔Móvel	Móvel↔Móvel
<b>Chamadas Realizadas</b>	Número de Chamadas	108	111	111
	Falhadas no Estabelecimento	11	20	15
	Falhadas Durante a Chamada	8	5	8
	Com Terminação Normal	89	86	88
	Acessibilidade do Serviço	89,8%	82,0%	86,5%
	Taxa de Terminação de Chamadas	91,8%	94,5%	91,7%
<b>Estabelecimento das Chamadas</b>	Número de Amostras (Chamadas)	97	91	96
	Tempo Médio [s]	8,2	8,3	6,6
	Tempo Máximo [s]	15,3	13,4	10,2
	Tempo Mínimo [s]	7,0	6,4	5,0
	Desvio Padrão [s]	2,0	1,4	1,1
<b>Qualidade Áudio</b>	Número de Amostras (Chamadas)	178	172	176
	Média [MOS]	3,95	3,40	3,87
	Máxima [MOS]	4,05	4,04	4,05
	Mínima [MOS]	3,21	1,00	1,00
	Desvio Padrão [MOS]	0,12	0,44	0,39
<b>Qualidade Vídeo</b>	Número de Amostras (Chamadas)	178	172	176
	Média [MOS]	2,31	1,78	2,26
	Máxima [MOS]	2,63	2,63	2,63
	Mínima [MOS]	1,04	1,03	1,35
	Desvio Padrão [MOS]	0,26	0,34	0,28

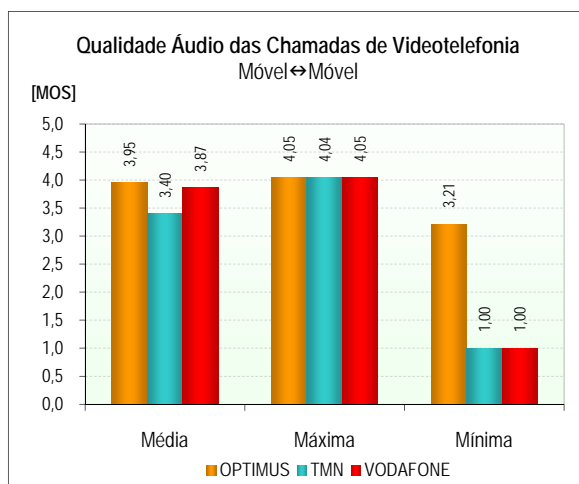
4.3.2.1 INDICADORES *ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO* E *TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS*



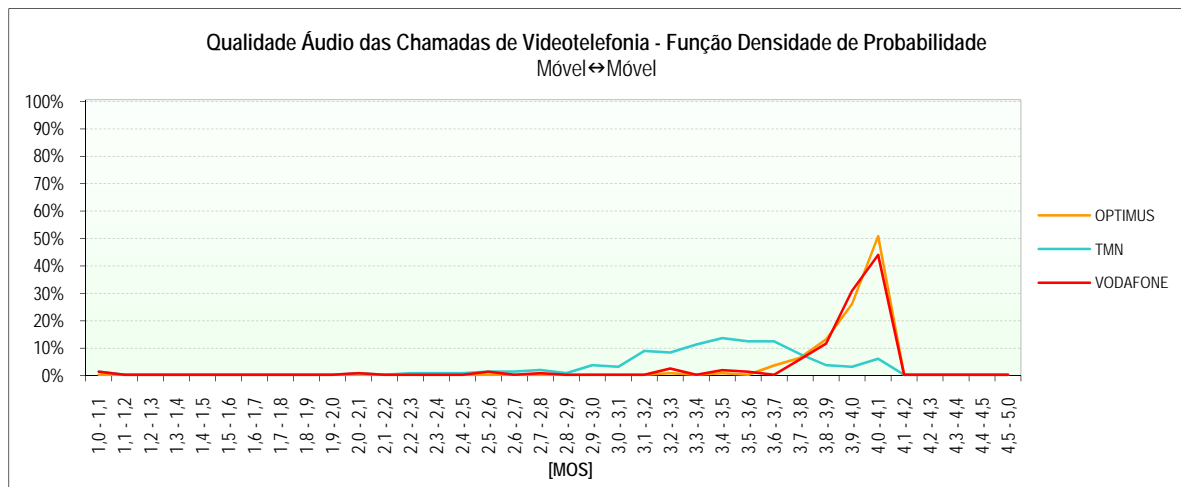
4.3.2.2 INDICADOR *TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS*



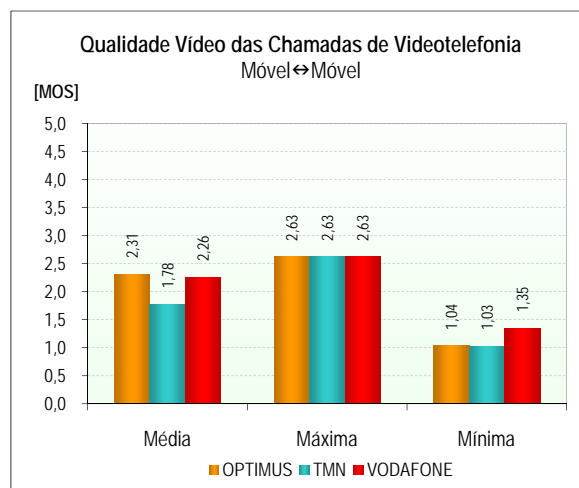
4.3.2.3 INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*



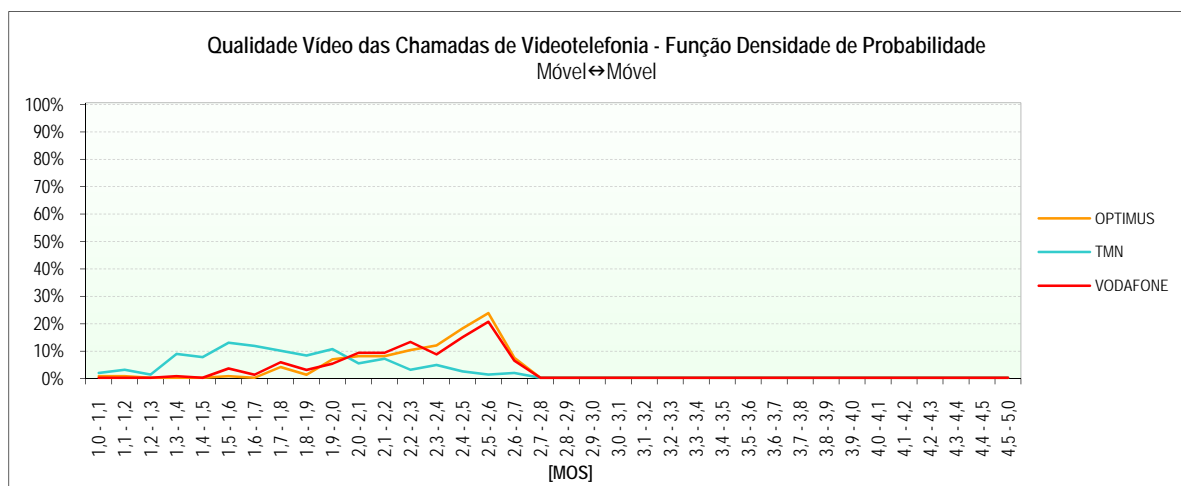
**4.3.2.4 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA***



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



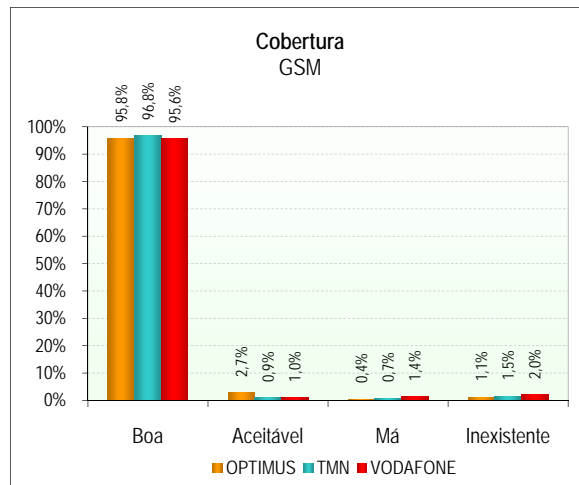
**4.3.2.6 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR *QUALIDADE VIDEO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA***



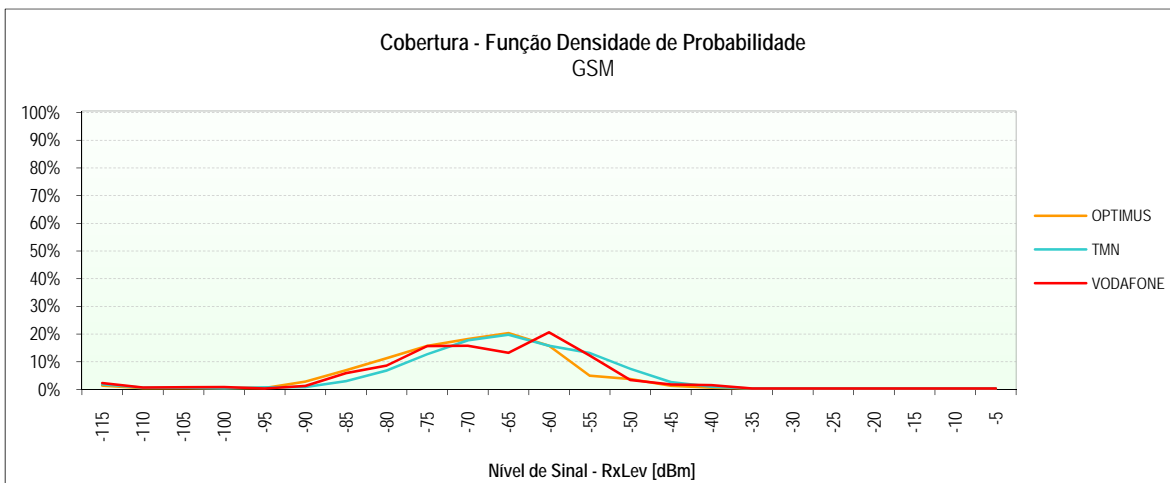
### 4.3.3 COBERTURA DAS REDES

		GSM			WCDMA		
		OPTIMUS	TMN	VODAFONE	OPTIMUS	TMN	VODAFONE
Cobertura	Número de Amostras (Medições)	23.888	23.919	23.901	24.046	24.040	24.040
	Nível Médio de Sinal [dBm]	-68	-64	-66	-90	-85	-86
	Nível Máximo de Sinal [dBm]	-36	-40	-36	-52	-42	-44
	Nível Mínimo de Sinal [dBm]	-119	-115	-116	-128	-127	-129
	Desvio Padrão [dBm]	11	12	13	11	14	14
	Boa	95,8%	96,8%	95,6%	67,7%	76,1%	77,8%
	Aceitável	2,7%	0,9%	1,0%	24,1%	14,4%	13,3%
	Má	0,4%	0,7%	1,4%	5,8%	7,2%	5,0%
	Inexistente	1,1%	1,5%	2,0%	2,4%	2,2%	4,0%

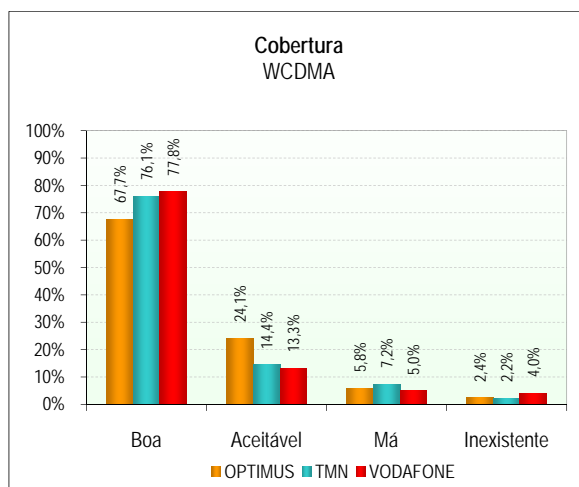
#### 4.3.3.1 GSM



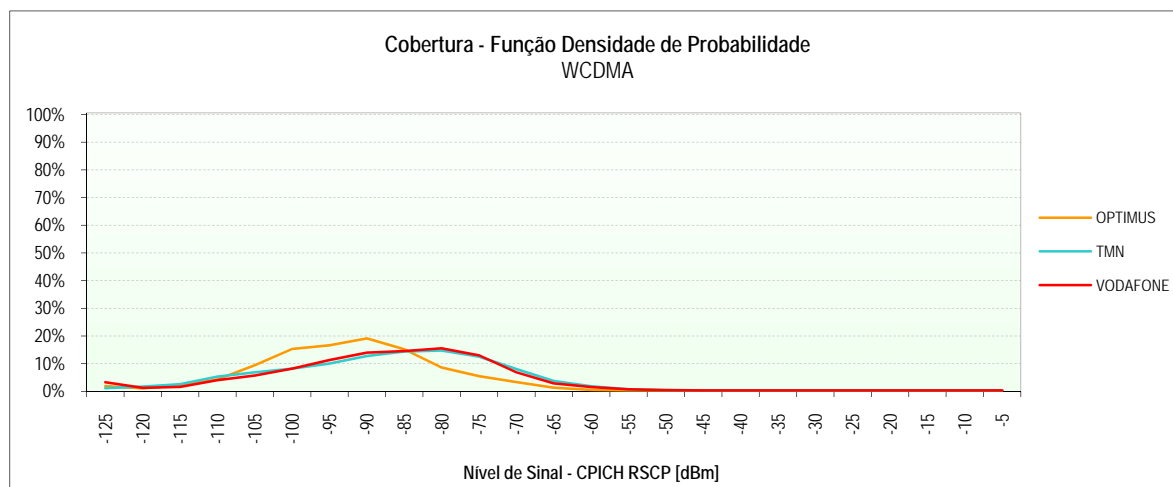
#### 4.3.3.2 GSM - FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE



4.3.3.3 WCDMA



4.3.3.4 WCDMA - FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE

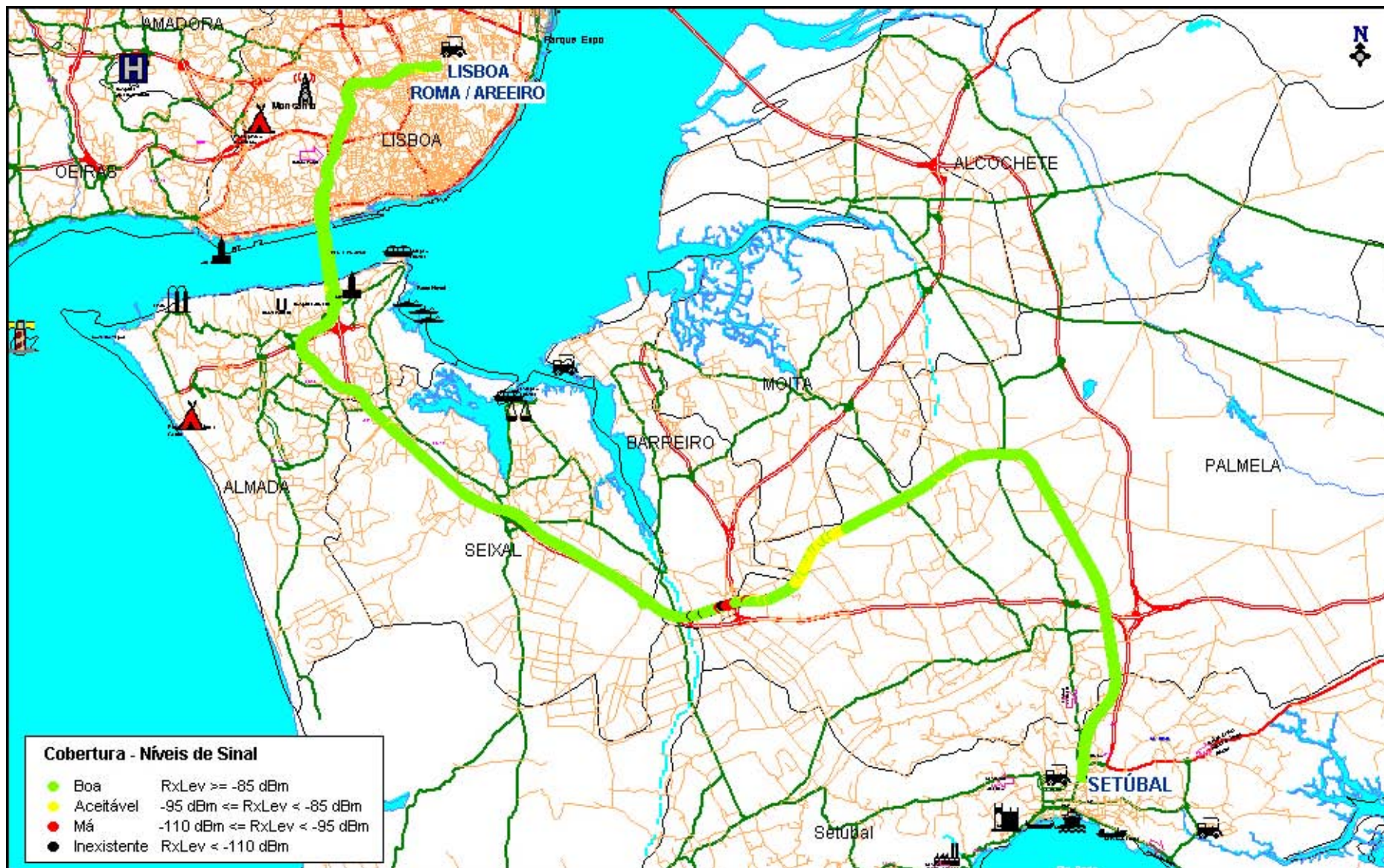


4.3.3.4.1 MAPAS DE COBERTURA

(Páginas seguintes)

## LINHA DA FERTAGUS (LISBOA/ROMA AREEIRO – SETÚBAL)

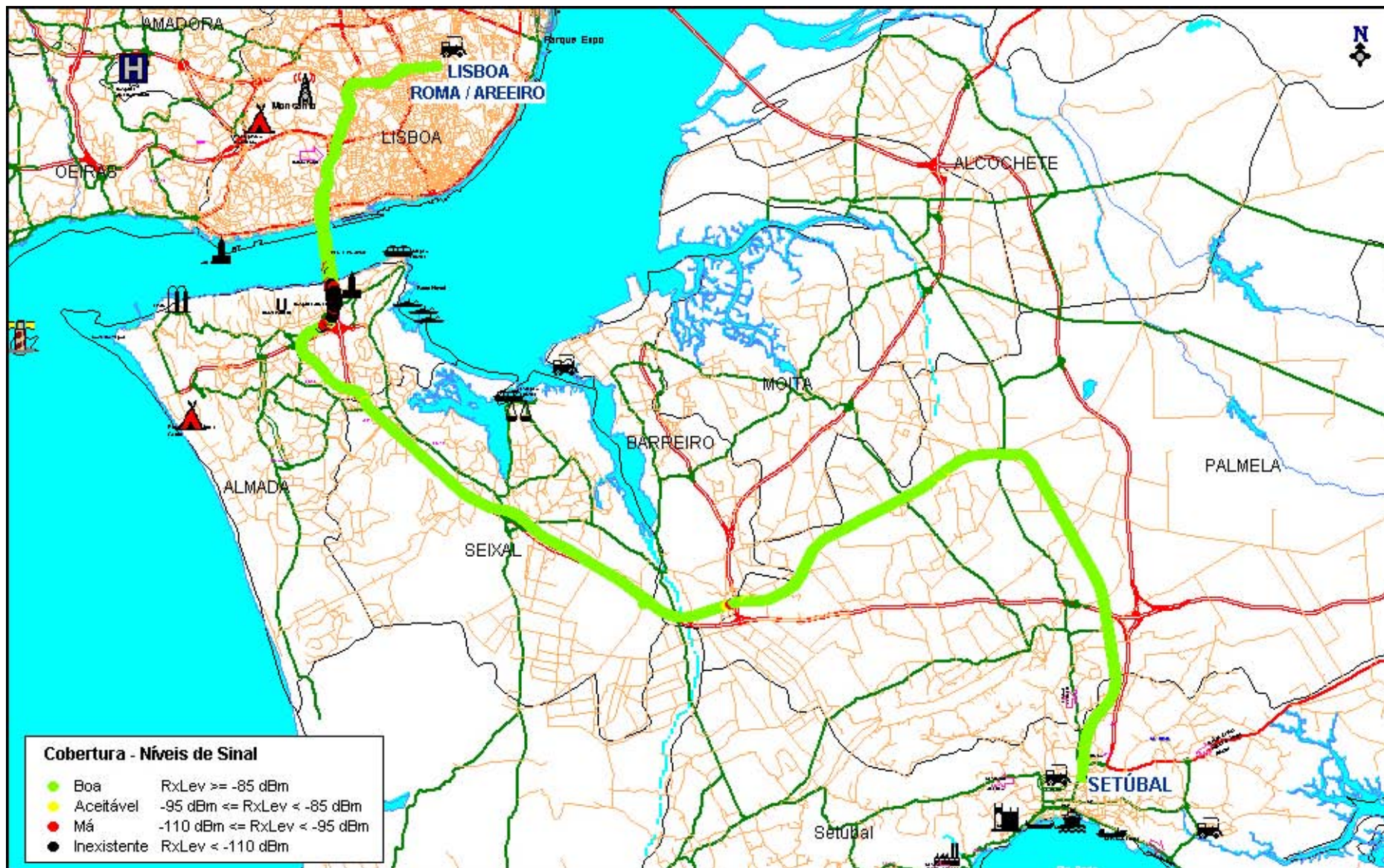
OPTIMUS – Cobertura GSM





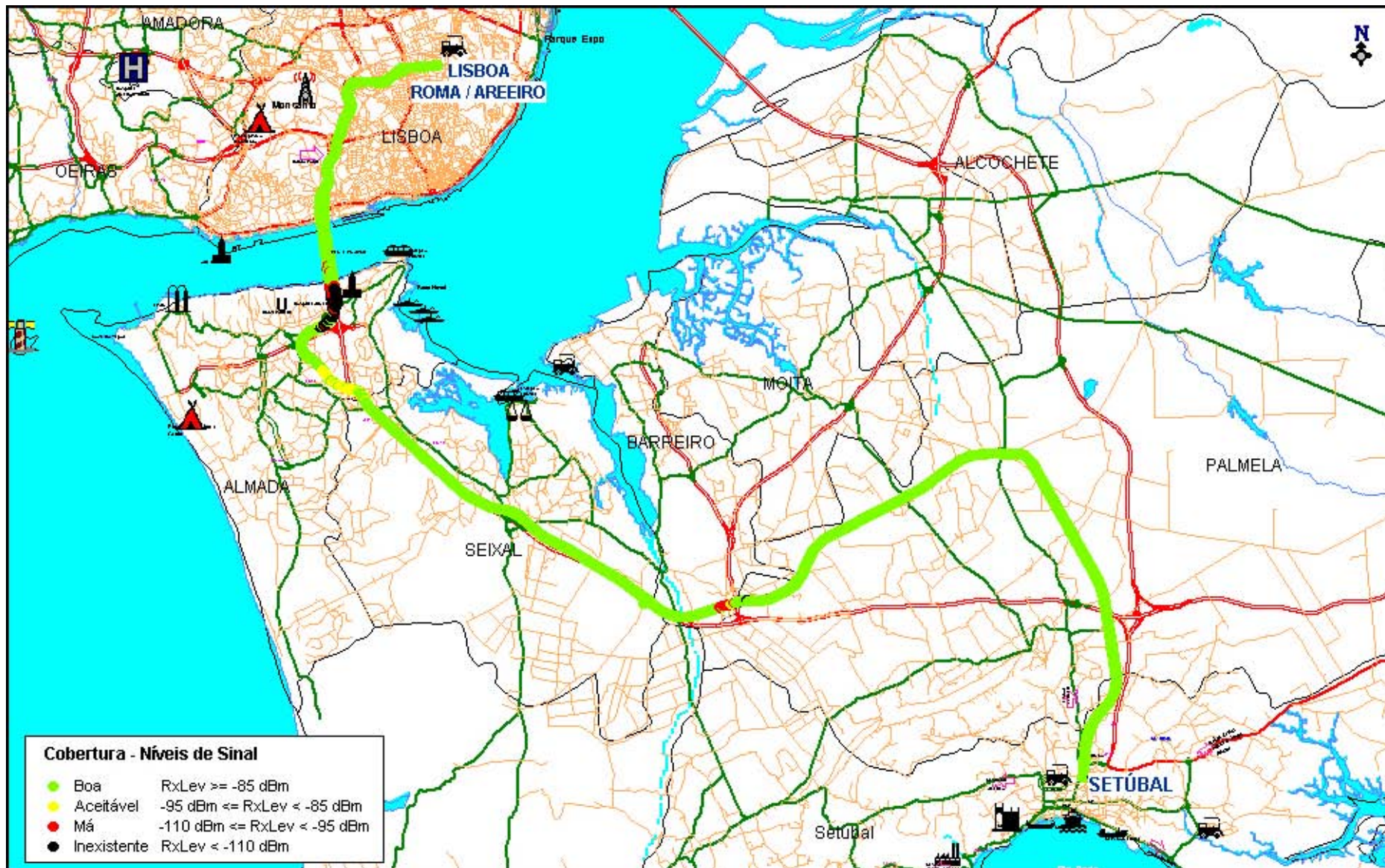
## LINHA DA FERTAGUS (LISBOA/ROMA AREEIRO – SETÚBAL)

TMN – Cobertura GSM



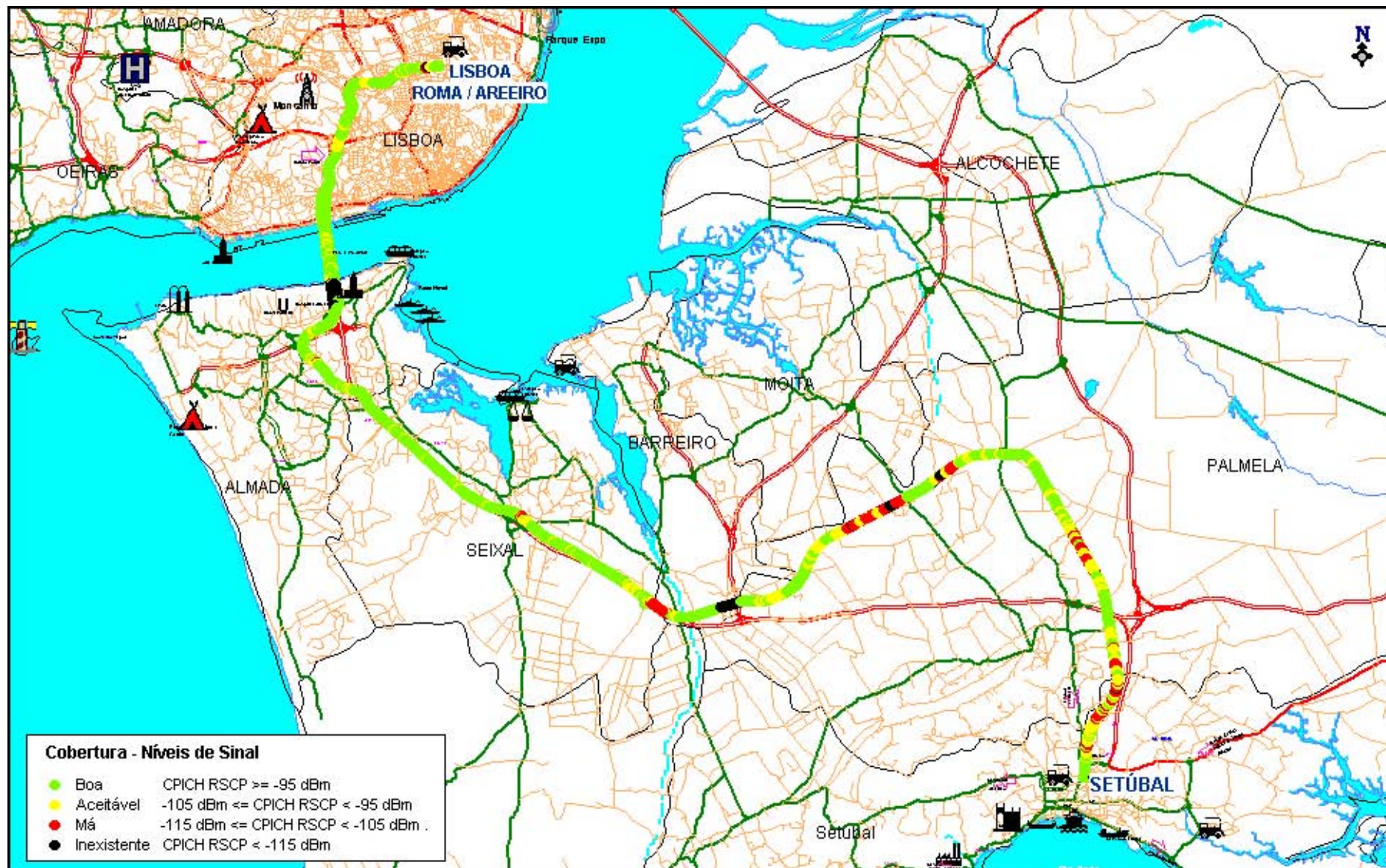
## LINHA DA FERTAGUS (LISBOA/ROMA AREEIRO – SETÚBAL)

VODAFONE – Cobertura GSM



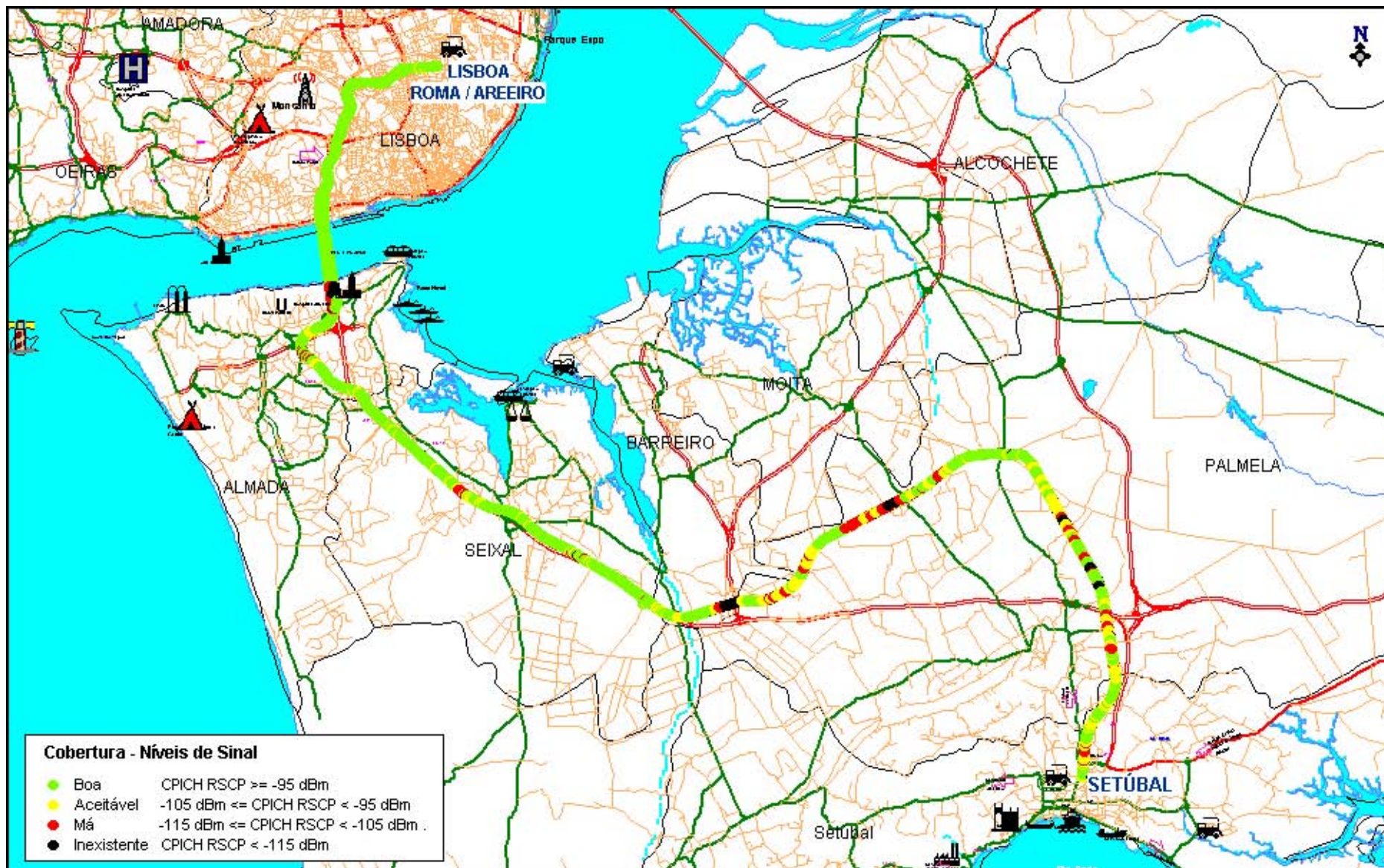
## LINHA DA FERTAGUS (LISBOA/ROMA AREEIRO – SETÚBAL)

OPTIMUS – Cobertura WCDMA



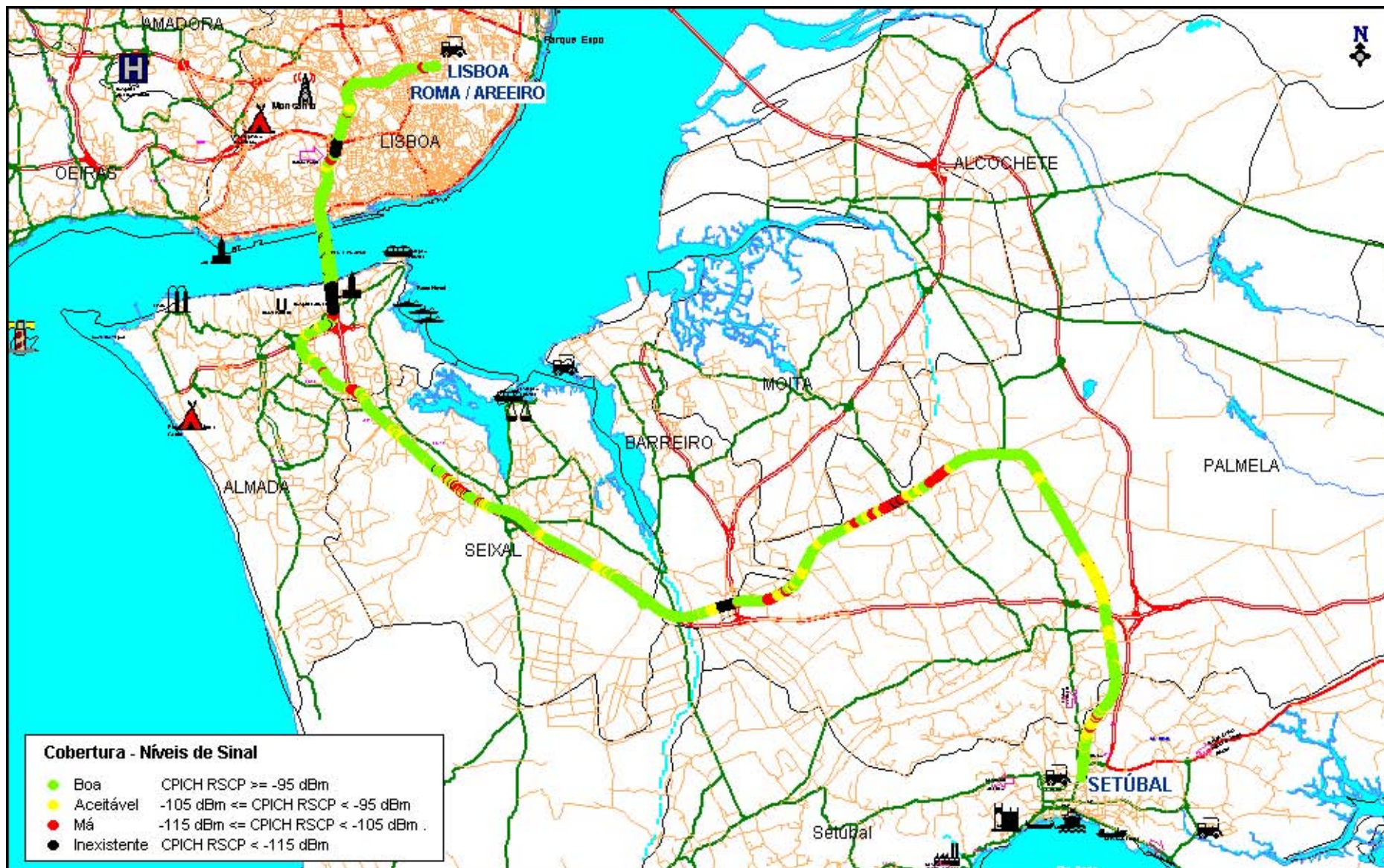
## LINHA DA FERTAGUS (LISBOA/ROMA AREEIRO – SETÚBAL)

TMN – Cobertura WCDMA



## LINHA DA FERTAGUS (LISBOA/ROMA AREEIRO – SETÚBAL)

VODAFONE – Cobertura WCDMA





## 4.4 LINHA DO SADO (BARREIRO – PRAIAS DO SADO)

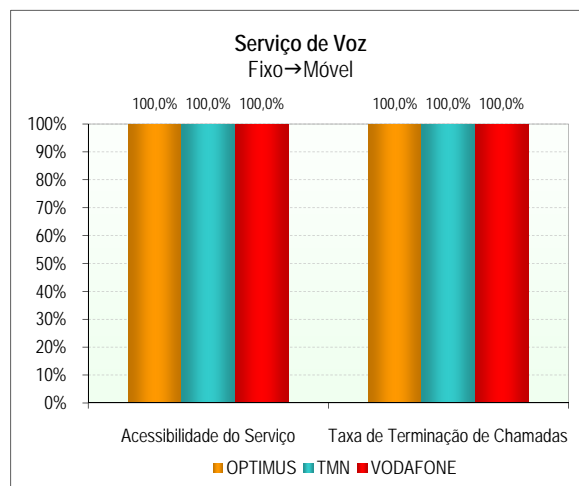
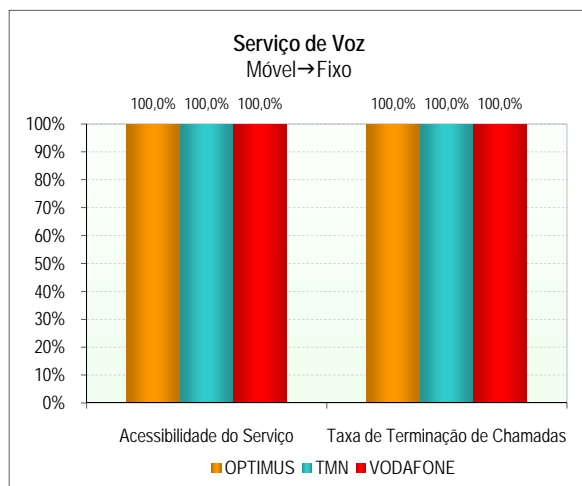
### Sessões de Medidas realizadas em:

- 25 de Junho de 2009, entre as 9h20 e as 15h30.

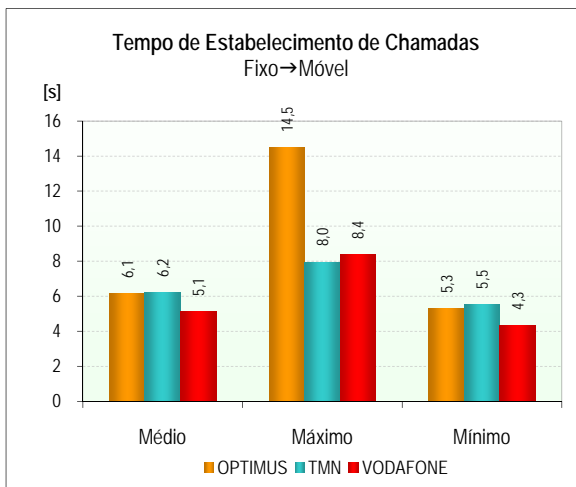
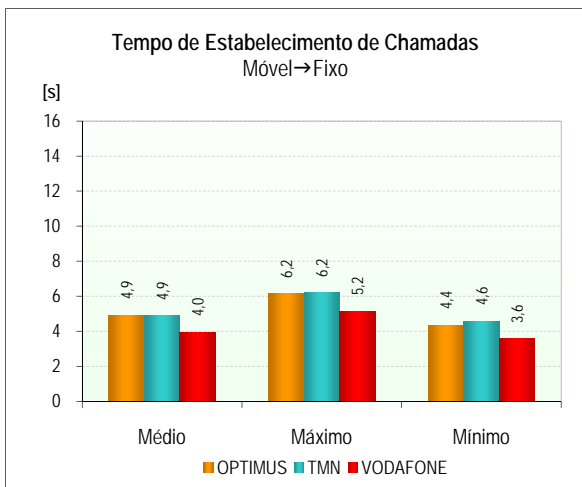
### 4.4.1 SERVIÇO DE VOZ (GSM)

		OPTIMUS		TMN		VODAFONE	
		Móvel→Fixo	Fixo→Móvel	Móvel→Fixo	Fixo→Móvel	Móvel→Fixo	Fixo→Móvel
Chamadas Realizadas	Número de Chamadas	44	40	43	40	44	40
	Falhadas no Estabelecimento	0	0	0	0	0	0
	Falhadas Durante a Chamada	0	0	0	0	0	0
	Com Terminação Normal	44	40	43	40	44	40
	Acessibilidade do Serviço	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
	Taxa de Terminação de Chamadas	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Estabelecimento das Chamadas	Número de Amostras (Chamadas)	44	40	43	40	44	40
	Tempo Médio [s]	4,9	6,1	4,9	6,2	4,0	5,1
	Tempo Máximo [s]	6,2	14,5	6,2	8,0	5,2	8,4
	Tempo Mínimo [s]	4,4	5,3	4,6	5,5	3,6	4,3
	Desvio Padrão [s]	0,4	1,4	0,3	0,5	0,3	0,6
Qualidade Audio	Número de Amostras (Chamadas)	84	84	83	83	84	84
	Média [MOS]	3,88	3,96	3,84	3,90	3,79	3,80
	Máxima [MOS]	4,10	4,16	4,10	4,15	4,09	4,13
	Mínima [MOS]	3,33	3,30	2,88	3,11	3,28	3,32
	Desvio Padrão [MOS]	0,18	0,17	0,24	0,26	0,15	0,16

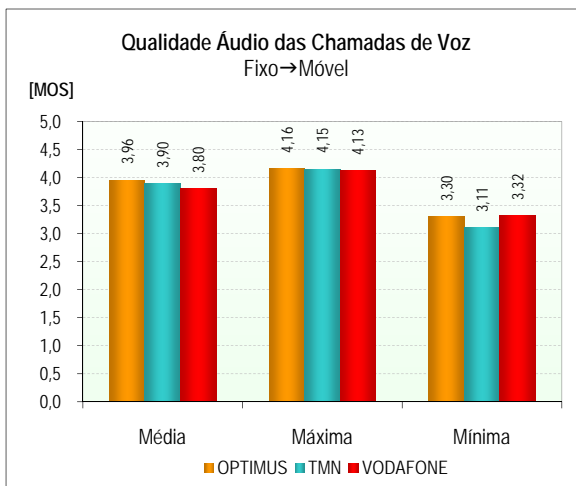
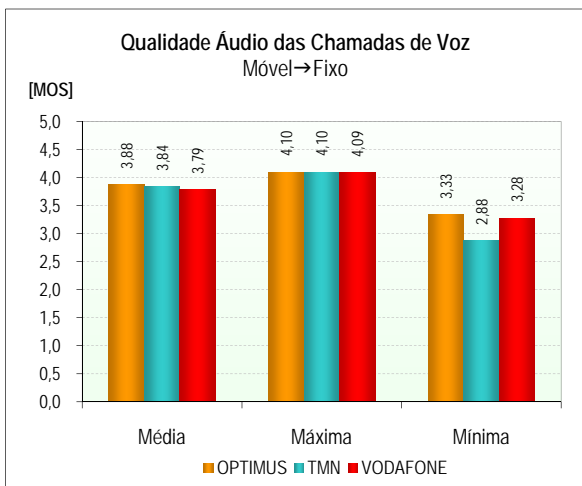
#### 4.4.1.1 INDICADORES ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO E TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS



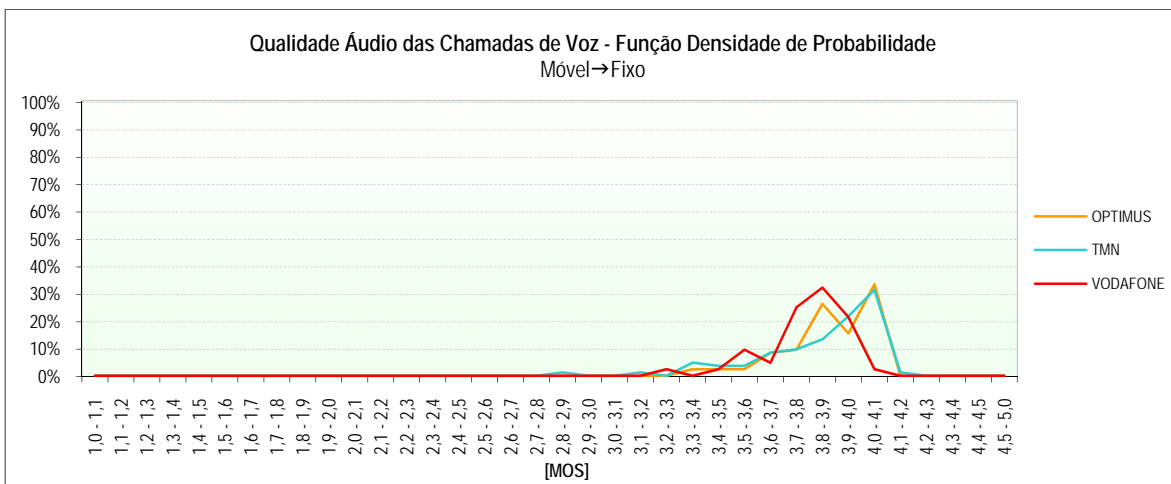
**4.4.1.2** INDICADOR *TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS*



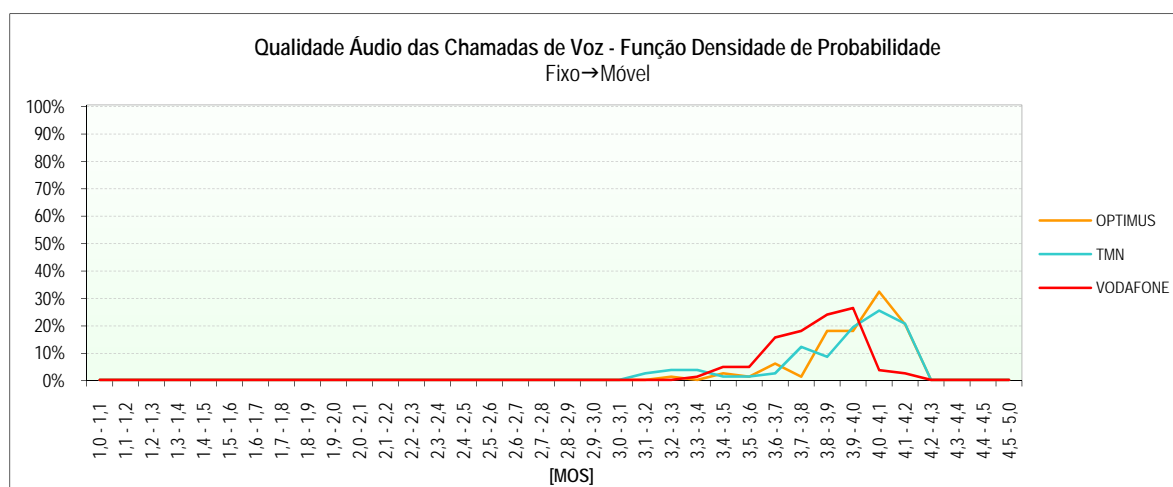
**4.4.1.3** INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VOZ*



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



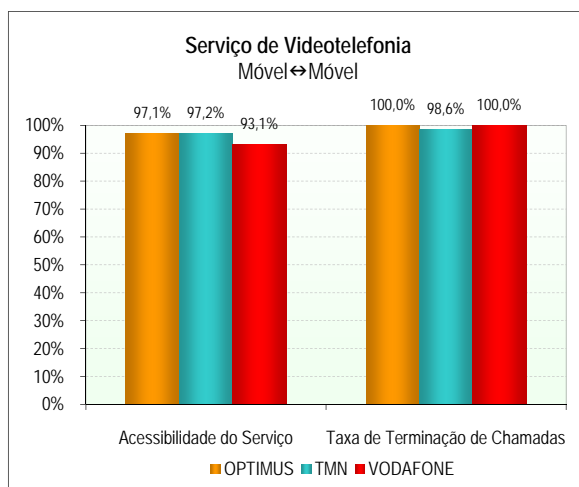




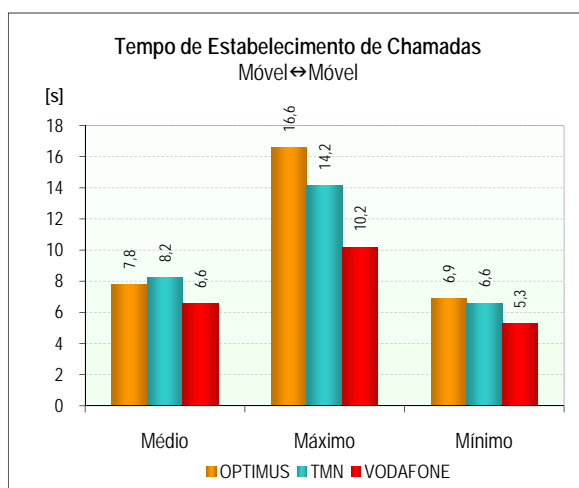
#### 4.4.2 SERVIÇO DE VIDEOTELEFONIA (UMTS)

		OPTIMUS	TMN	VODAFONE
		Móvel↔Móvel	Móvel↔Móvel	Móvel↔Móvel
<b>Chamadas Realizadas</b>	Número de Chamadas	70	72	72
	Falhadas no Estabelecimento	2	2	5
	Falhadas Durante a Chamada	0	1	0
	Com Terminação Normal	68	69	67
	Acessibilidade do Serviço	97,1%	97,2%	93,1%
	Taxa de Terminação de Chamadas	100,0%	98,6%	100,0%
<b>Estabelecimento das Chamadas</b>	Número de Amostras (Chamadas)	68	70	67
	Tempo Médio [s]	7,8	8,2	6,6
	Tempo Máximo [s]	16,6	14,2	10,2
	Tempo Mínimo [s]	6,9	6,6	5,3
	Desvio Padrão [s]	1,6	1,2	0,9
<b>Qualidade Áudio</b>	Número de Amostras (Chamadas)	136	138	134
	Média [MOS]	3,93	3,43	3,91
	Máxima [MOS]	4,05	4,01	4,04
	Mínima [MOS]	2,33	2,30	1,00
	Desvio Padrão [MOS]	0,16	0,31	0,23
<b>Qualidade Vídeo</b>	Número de Amostras (Chamadas)	136	138	134
	Média [MOS]	2,30	1,72	2,31
	Máxima [MOS]	2,63	2,51	2,63
	Mínima [MOS]	1,40	1,03	1,39
	Desvio Padrão [MOS]	0,26	0,31	0,24

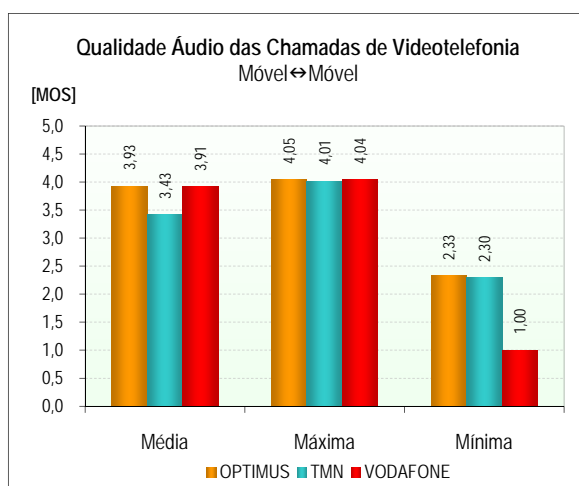
4.4.2.1 INDICADORES *ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO* E *TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS*



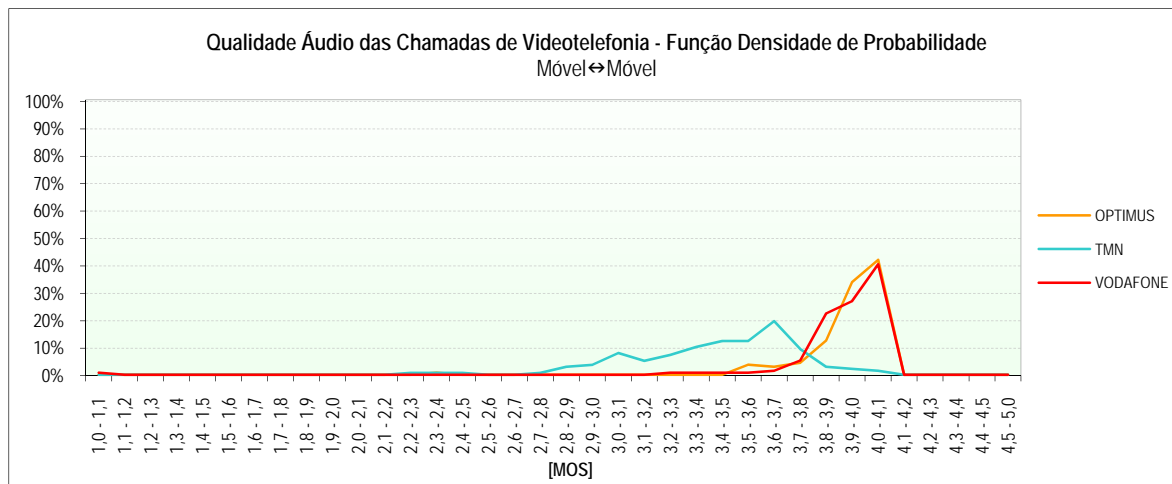
4.4.2.2 INDICADOR *TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS*



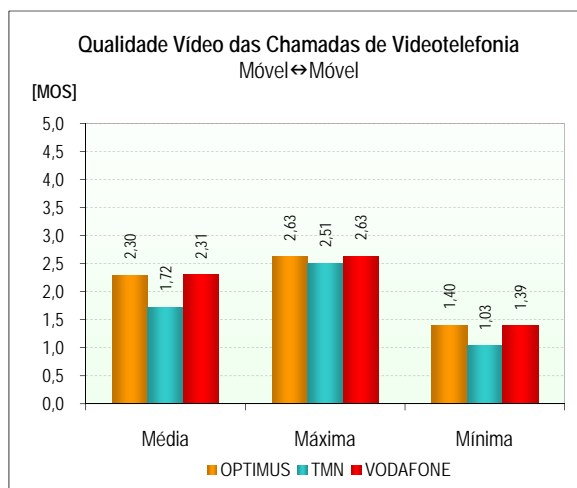
4.4.2.3 INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*



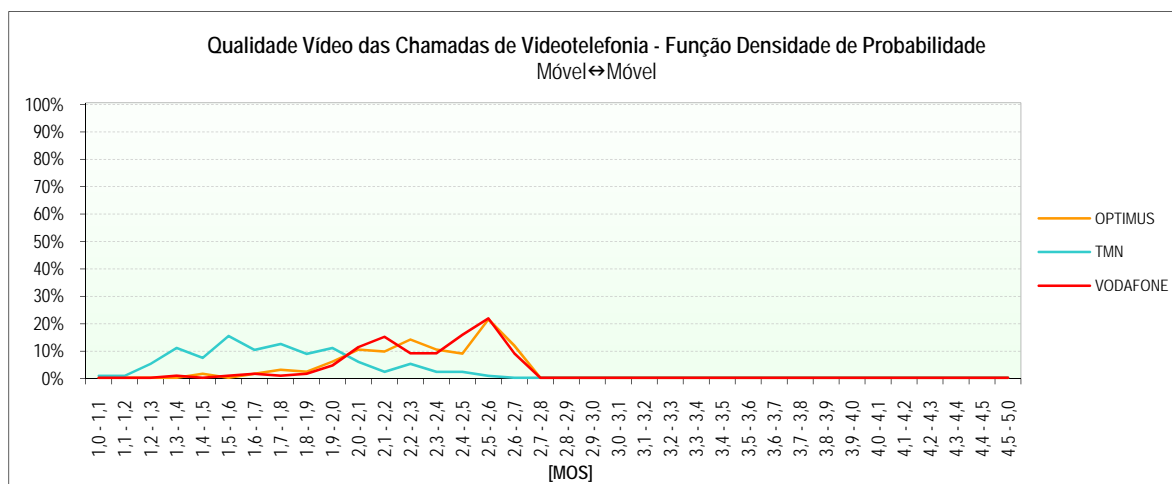
**4.4.2.4 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA***



**4.4.2.5 INDICADOR *QUALIDADE VÍDEO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA***



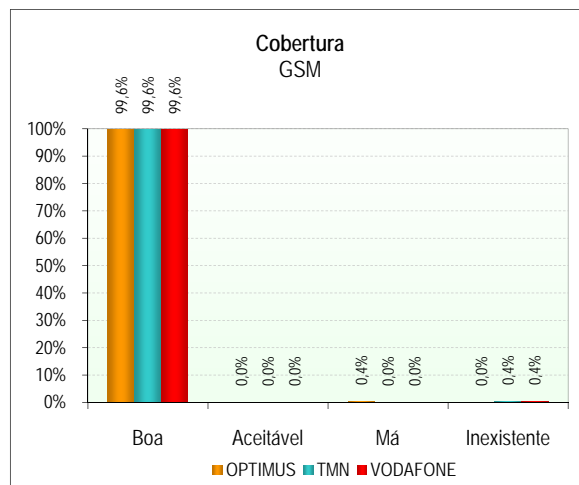
**4.4.2.6 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR *QUALIDADE VÍDEO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA***



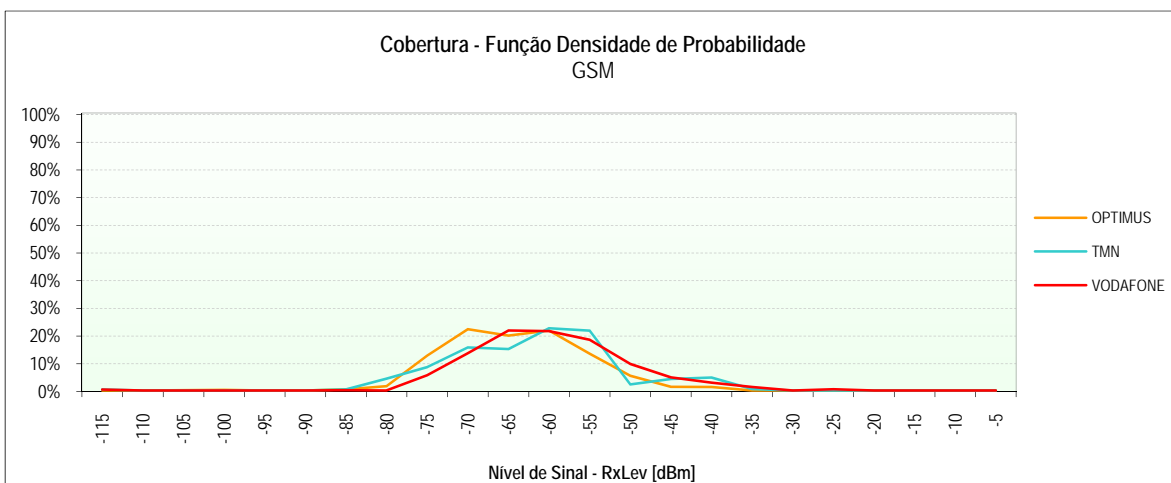
## 4.4.3 COBERTURA DAS REDES

		GSM			WCDMA		
		OPTIMUS	TMN	VODAFONE	OPTIMUS	TMN	VODAFONE
Cobertura	Número de Amostras (Medições)	15.511	15.444	15.491	15.533	15.542	15.504
	Nível Médio de Sinal [dBm]	-62	-59	-58	-85	-84	-78
	Nível Máximo de Sinal [dBm]	-36	-33	-25	-39	-41	-40
	Nível Mínimo de Sinal [dBm]	-103	-115	-115	-116	-126	-128
	Desvio Padrão [dBm]	9	10	10	12	12	13
	Boa	99,6%	99,6%	99,6%	79,4%	85,5%	92,6%
	Aceitável	0,0%	0,0%	0,0%	20,0%	11,0%	6,4%
	Má	0,4%	0,0%	0,0%	0,6%	2,9%	0,7%
	Inexistente	0,0%	0,4%	0,4%	0,0%	0,6%	0,3%

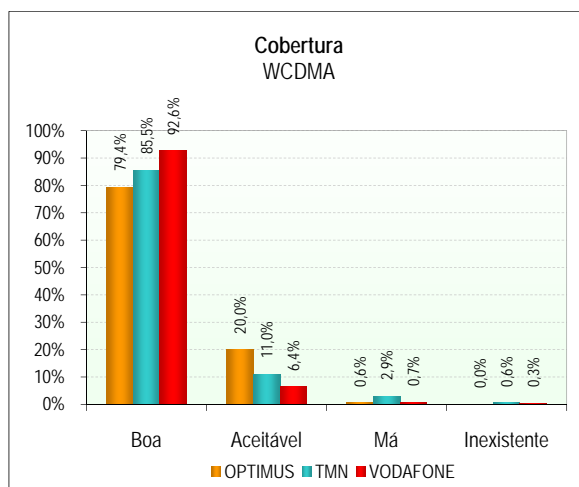
### 4.4.3.1 GSM



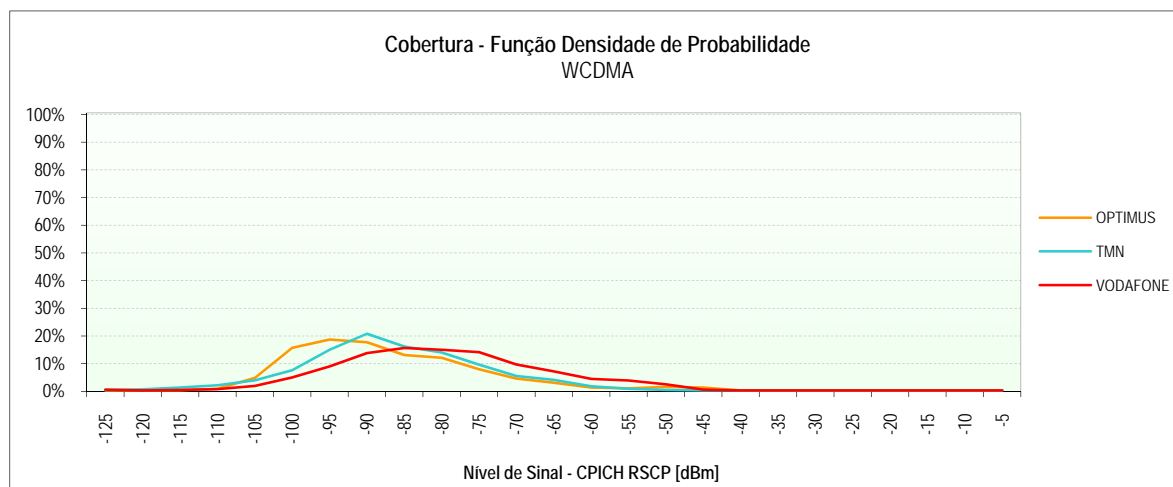
### 4.4.3.2 GSM - FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE



#### 4.4.3.3 WCDMA



#### 4.4.3.4 WCDMA - FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE

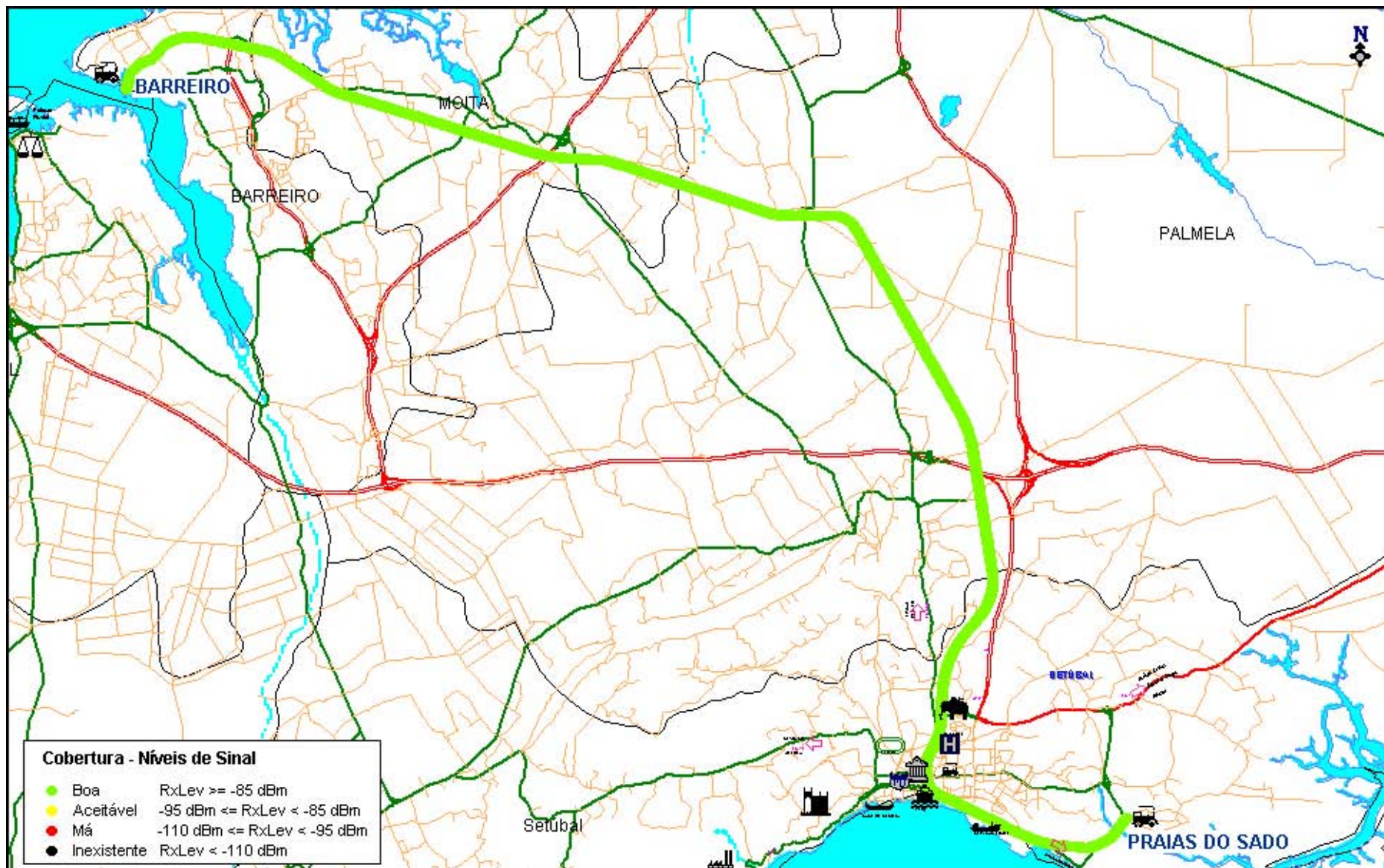


#### 4.4.3.4.1 MAPAS DE COBERTURA

(Páginas seguintes)

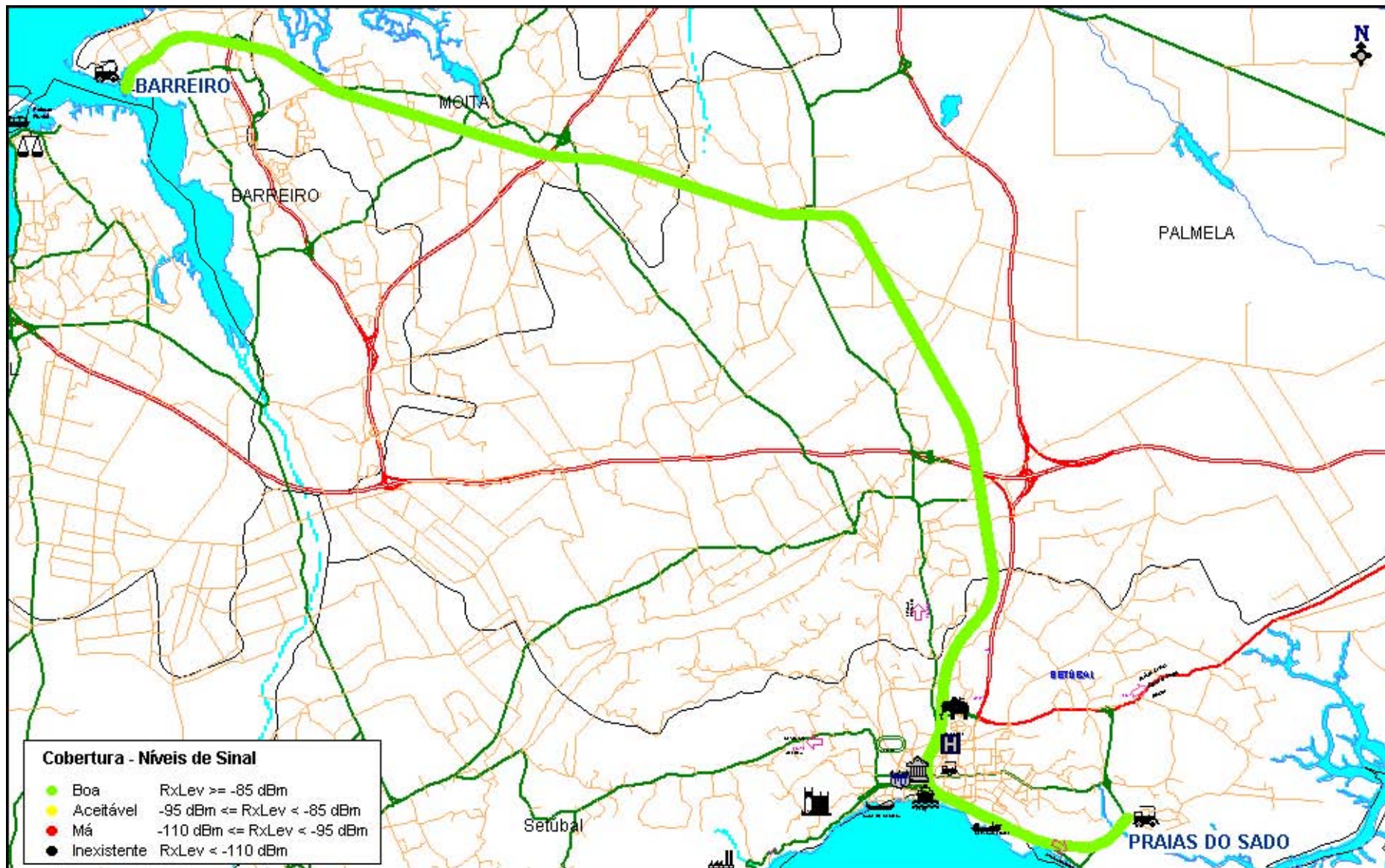
## LINHA DO SADO (BARREIRO – PRAIAS DO SADO)

OPTIMUS – Cobertura GSM



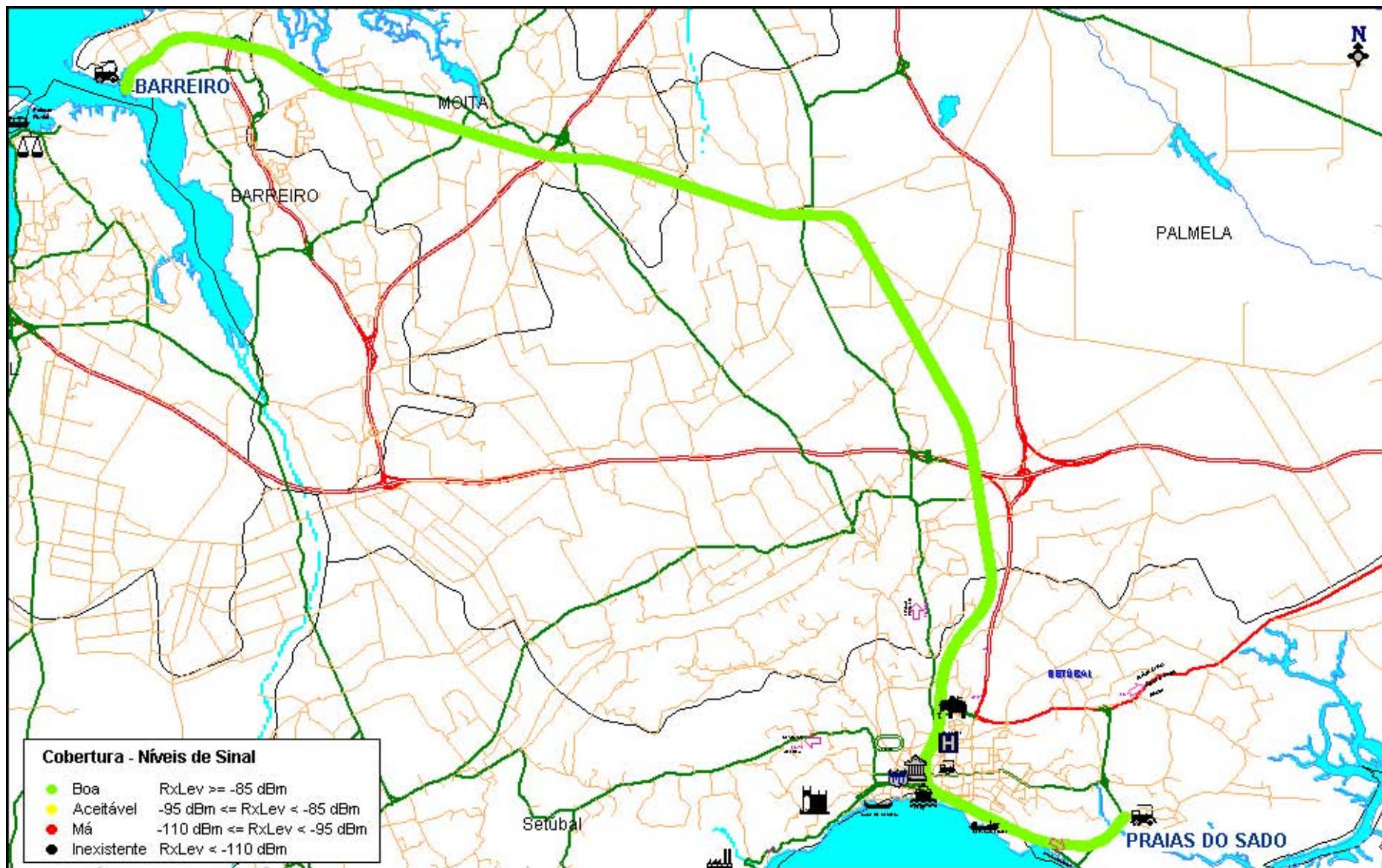
## LINHA DO SADO (BARREIRO – PRAIAS DO SADO)

TMN – Cobertura GSM



## LINHA DO SADO (BARREIRO – PRAIAS DO SADO)

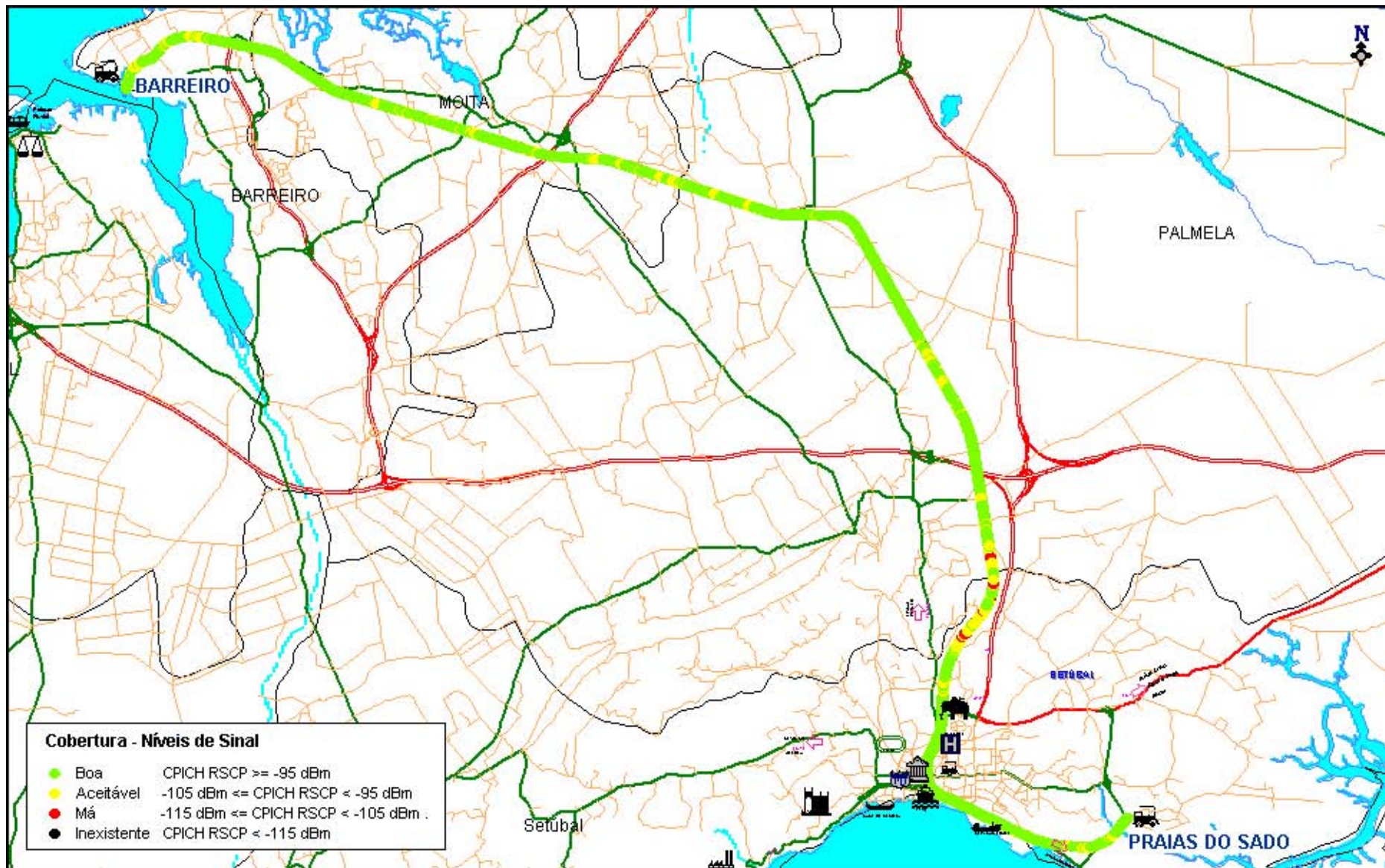
VODAFONE – Cobertura GSM





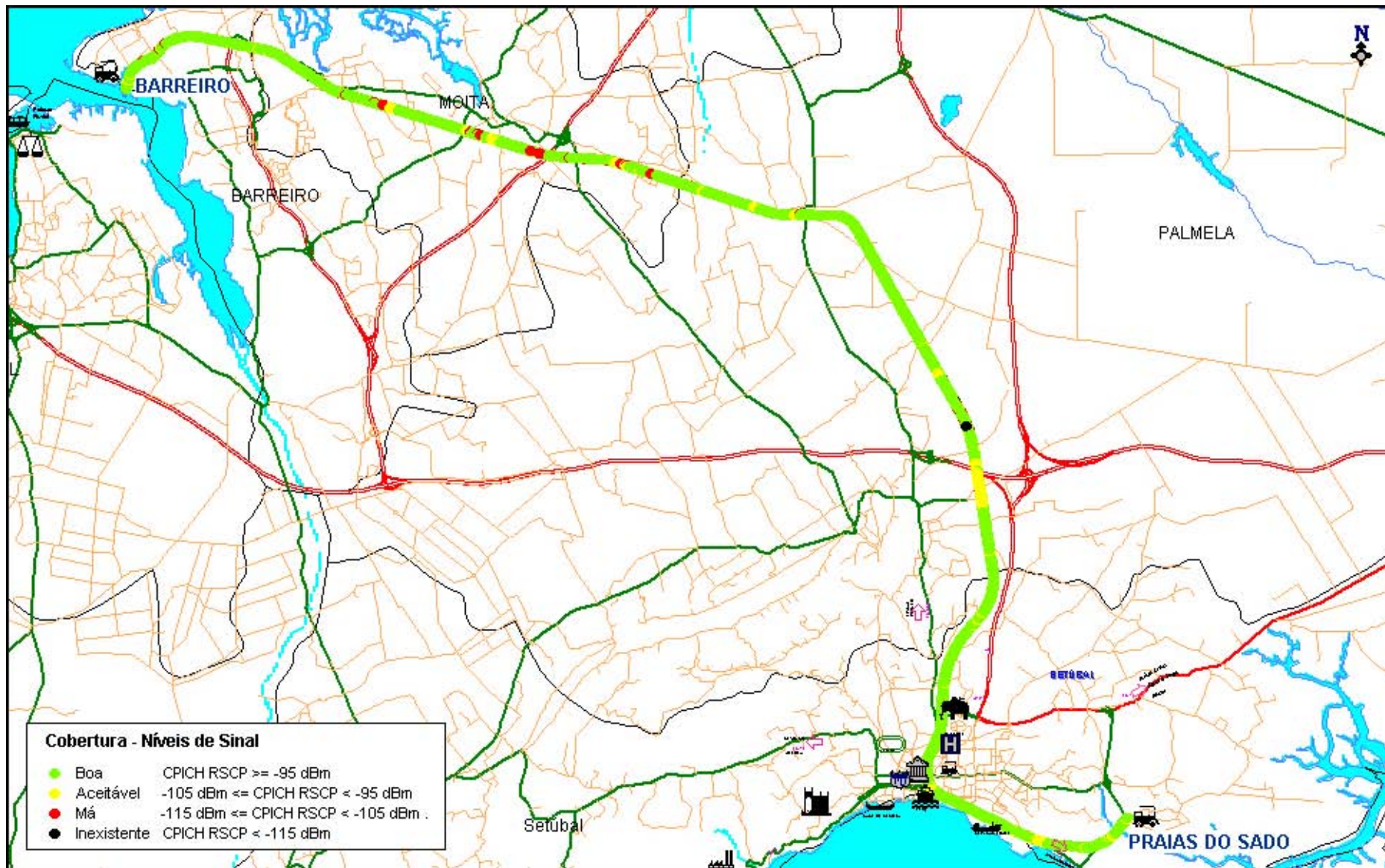
## LINHA DO SADO (BARREIRO – PRAIAS DO SADO)

OPTIMUS – Cobertura WCDMA



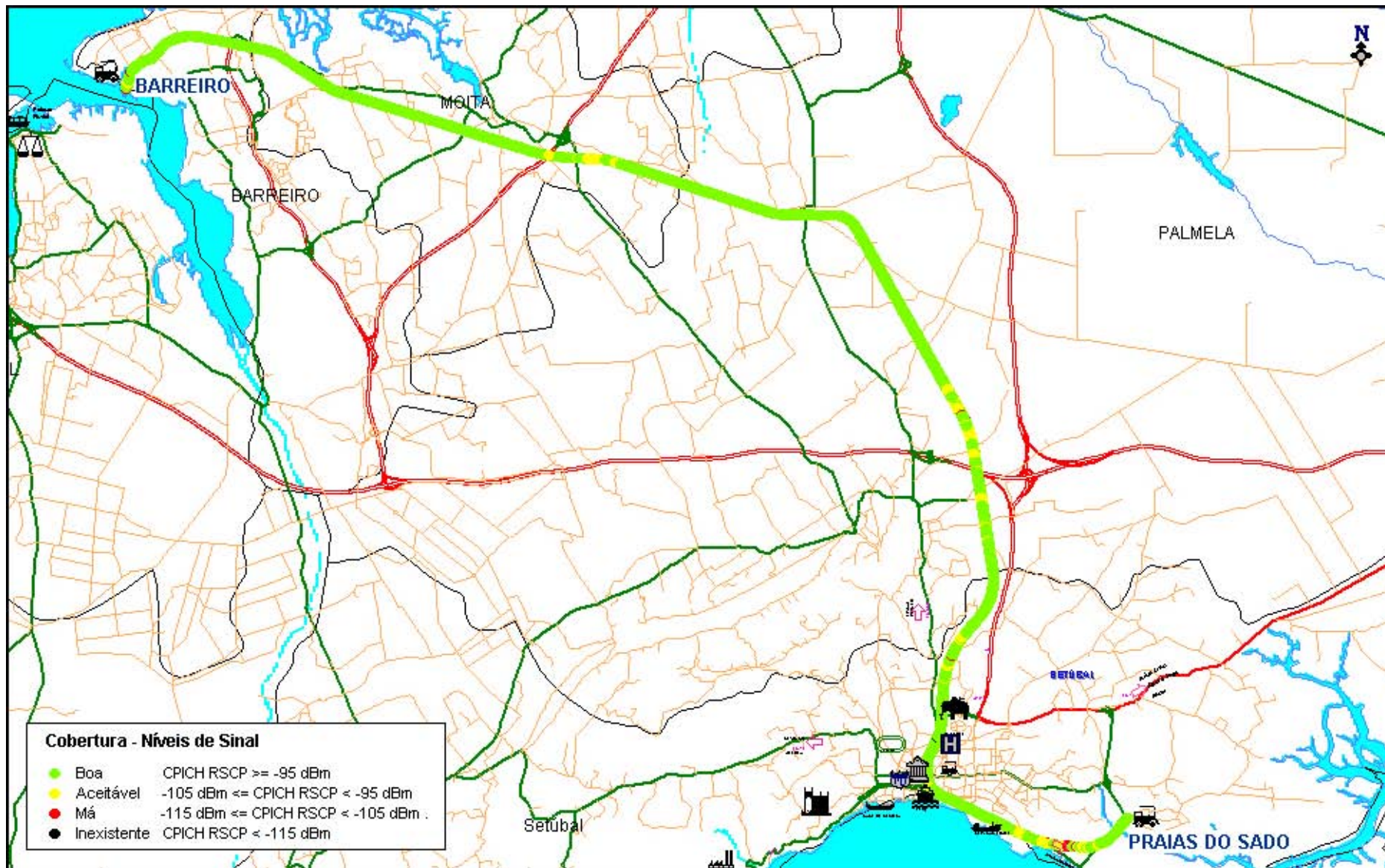
## LINHA DO SADO (BARREIRO – PRAIAS DO SADO)

TMN – Cobertura WCDMA



## LINHA DO SADO (BARREIRO – PRAIAS DO SADO)

VODAFONE – Cobertura WCDMA





## 4.5 LINHA DE SINTRA (LISBOA/ROSSIO – SINTRA)

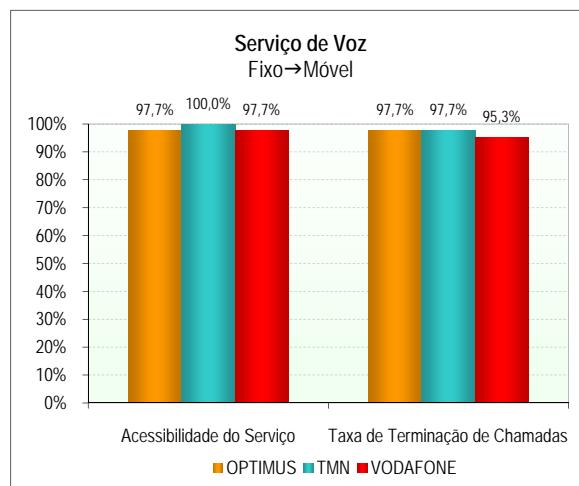
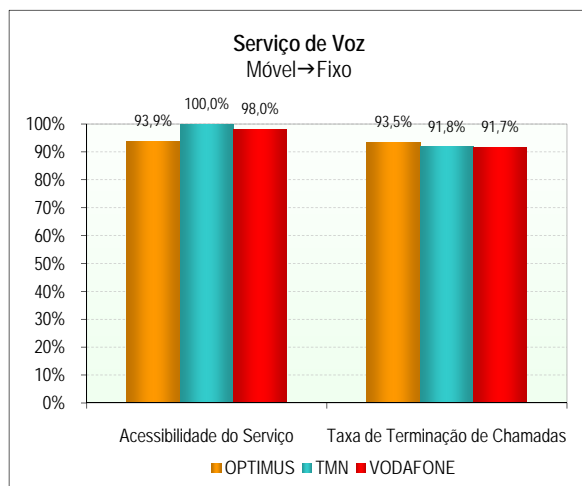
### Sessões de Medidas realizadas em:

- 23 de Junho de 2009, entre as 9h30 e as 17h30.

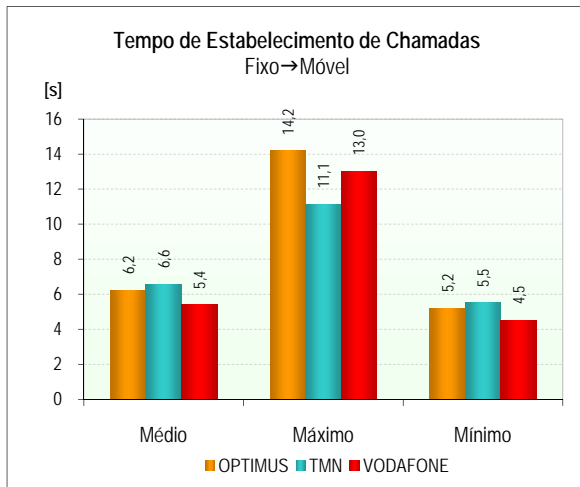
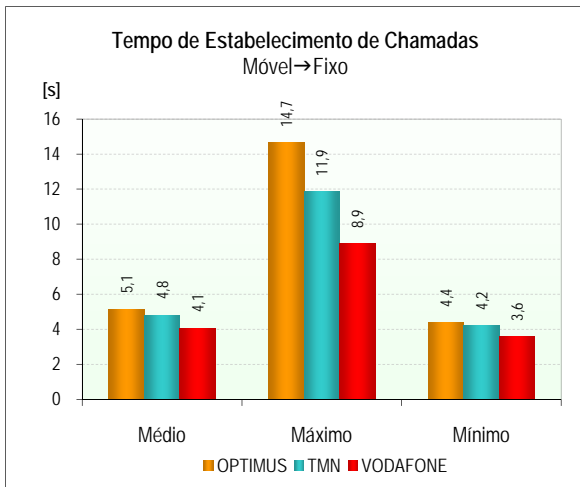
### 4.5.1 SERVIÇO DE VOZ (GSM)

		OPTIMUS		TMN		VODAFONE	
		Móvel→Fixo	Fixo→Móvel	Móvel→Fixo	Fixo→Móvel	Móvel→Fixo	Fixo→Móvel
Chamadas Realizadas	Número de Chamadas	49	44	49	44	49	44
	Falhadas no Estabelecimento	3	1	0	0	1	1
	Falhadas Durante a Chamada	3	1	4	1	4	2
	Com Terminação Normal	43	42	45	43	44	41
	Acessibilidade do Serviço	93,9%	97,7%	100,0%	100,0%	98,0%	97,7%
	Taxa de Terminação de Chamadas	93,5%	97,7%	91,8%	97,7%	91,7%	95,3%
Estabelecimento das Chamadas	Número de Amostras (Chamadas)	46	43	49	44	48	43
	Tempo Médio [s]	5,1	6,2	4,8	6,6	4,1	5,4
	Tempo Máximo [s]	14,7	14,2	11,9	11,1	8,9	13,0
	Tempo Mínimo [s]	4,4	5,2	4,2	5,5	3,6	4,5
	Desvio Padrão [s]	1,5	1,3	1,1	1,1	0,8	1,3
Qualidade Audio	Número de Amostras (Chamadas)	85	85	88	88	85	85
	Média [MOS]	3,90	3,98	3,71	3,63	3,84	3,91
	Máxima [MOS]	4,09	4,16	4,08	4,15	4,13	4,17
	Mínima [MOS]	3,49	3,35	3,06	2,53	3,18	3,14
	Desvio Padrão [MOS]	0,16	0,16	0,25	0,41	0,20	0,20

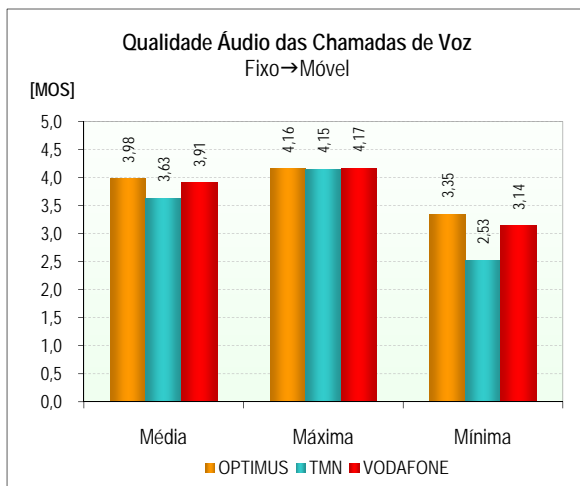
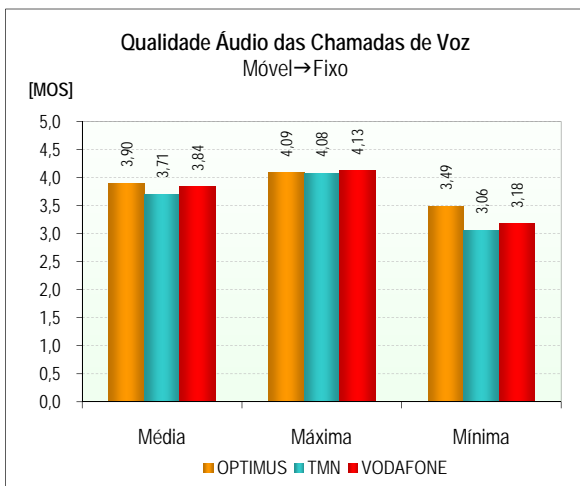
#### 4.5.1.1 INDICADORES ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO E TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS



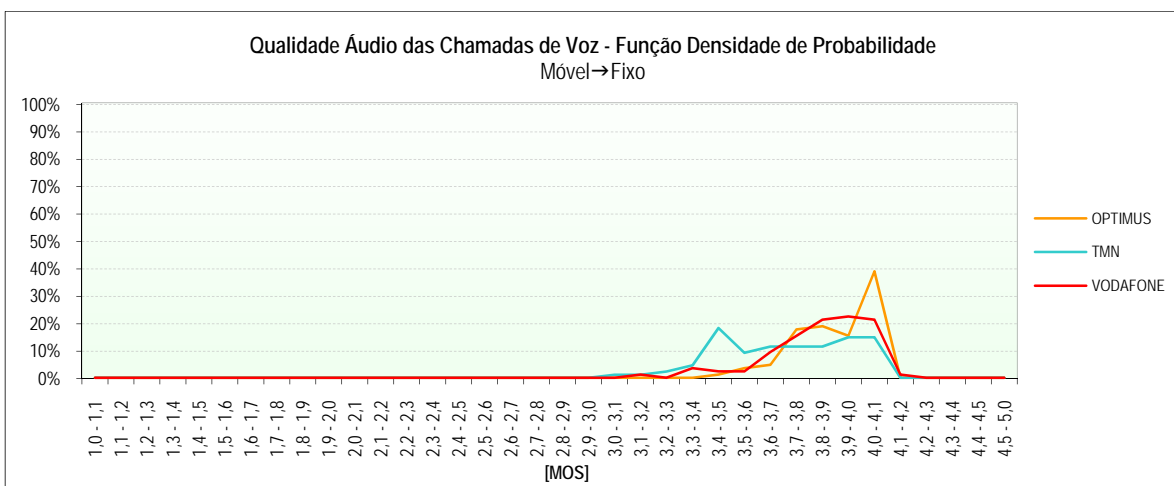
4.5.1.2 INDICADOR *TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS*

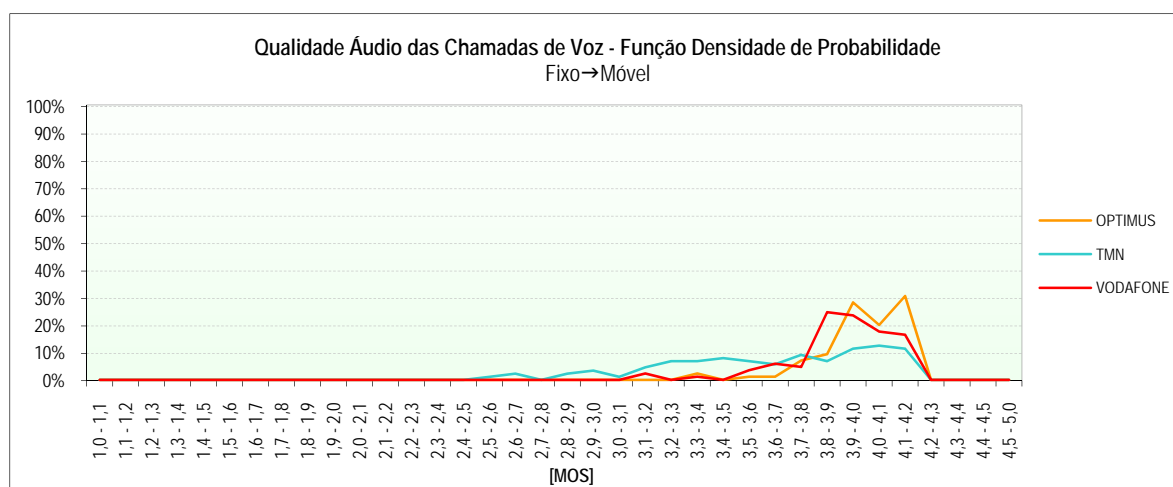


4.5.1.3 INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VOZ*



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

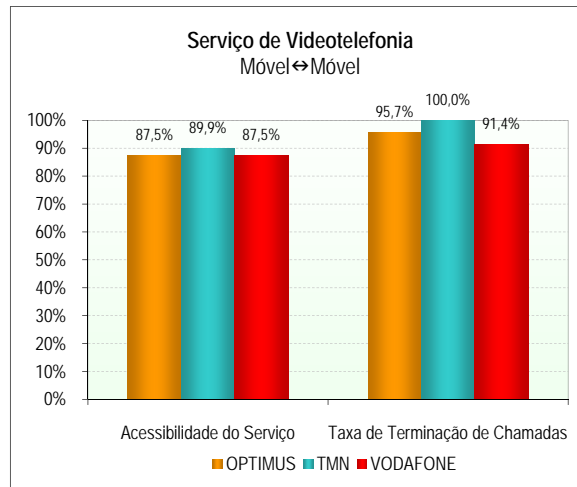




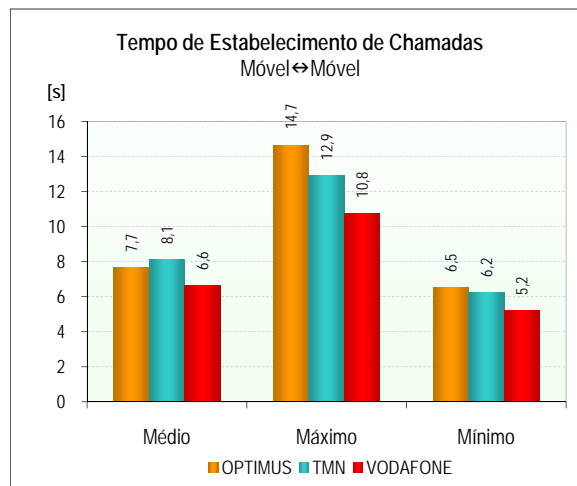
#### 4.5.2 SERVIÇO DE VIDEOTELEFONIA (UMTS)

		OPTIMUS	TMN	VODAFONE
		Móvel↔Móvel	Móvel↔Móvel	Móvel↔Móvel
Chamadas Realizadas	Número de Chamadas	80	79	80
	Falhadas no Estabelecimento	10	8	10
	Falhadas Durante a Chamada	3	0	6
	Com Terminação Normal	67	71	64
	Acessibilidade do Serviço	87,5%	89,9%	87,5%
	Taxa de Terminação de Chamadas	95,7%	100,0%	91,4%
Estabelecimento das Chamadas	Número de Amostras (Chamadas)	70	71	70
	Tempo Médio [s]	7,7	8,1	6,6
	Tempo Máximo [s]	14,7	12,9	10,8
	Tempo Mínimo [s]	6,5	6,2	5,2
	Desvio Padrão [s]	1,6	1,3	1,4
Qualidade Áudio	Número de Amostras (Chamadas)	134	142	128
	Média [MOS]	3,90	3,56	3,94
	Máxima [MOS]	4,04	4,05	4,05
	Mínima [MOS]	2,48	2,50	3,22
	Desvio Padrão [MOS]	0,23	0,31	0,14
Qualidade Vídeo	Número de Amostras (Chamadas)	134	142	128
	Média [MOS]	2,31	1,92	2,28
	Máxima [MOS]	2,63	2,63	2,63
	Mínima [MOS]	1,18	1,00	1,55
	Desvio Padrão [MOS]	0,25	0,44	0,25

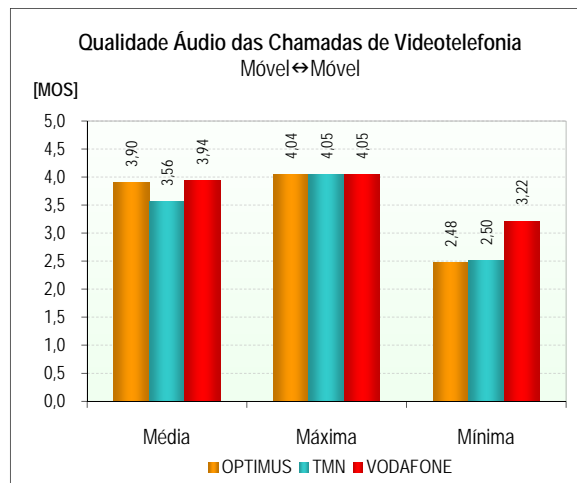
## 4.5.2.1 INDICADORES *ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO* E *TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS*



## 4.5.2.2 INDICADOR *TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS*

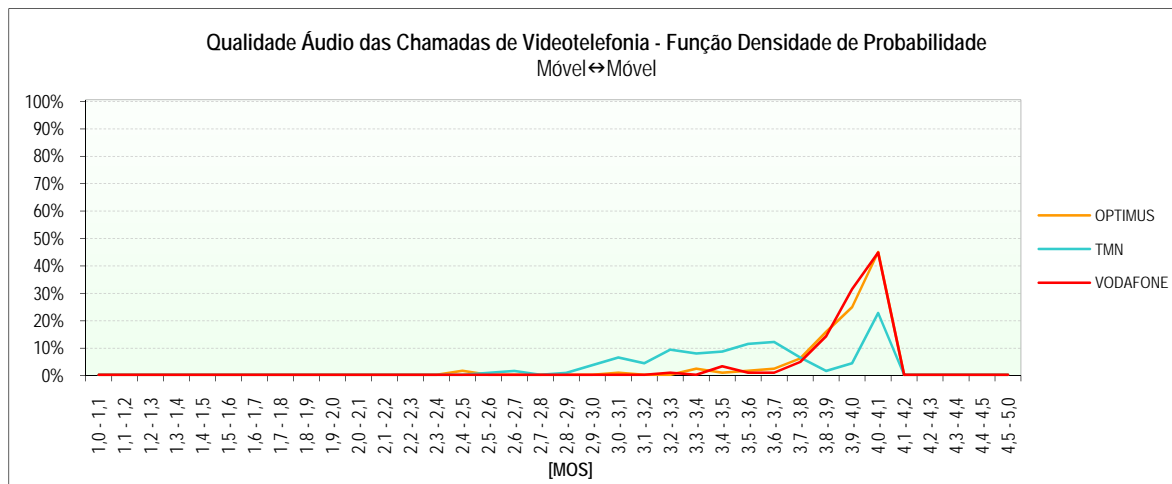


## 4.5.2.3 INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*

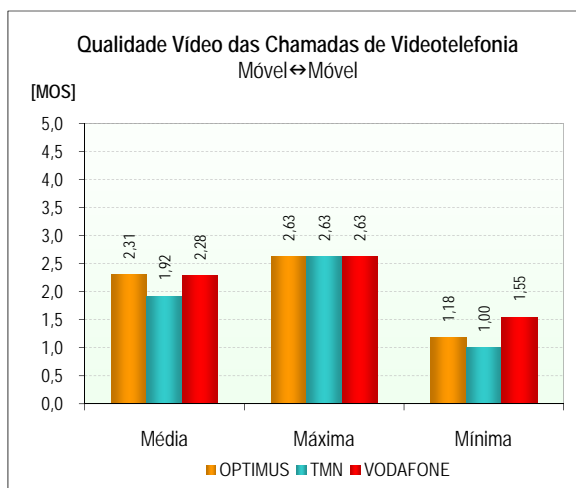




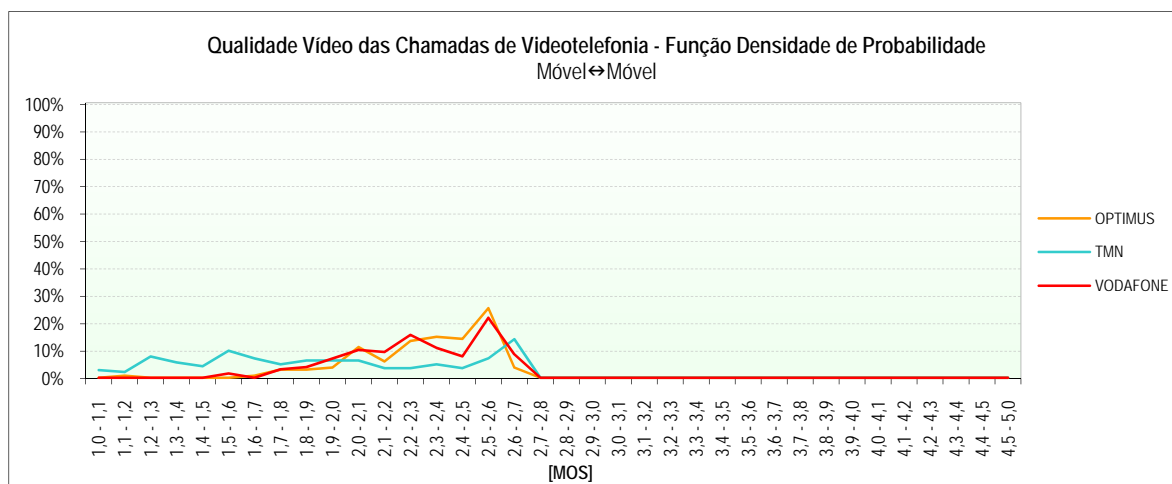
4.5.2.4 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*



4.5.2.5 INDICADOR *QUALIDADE VIDEO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*



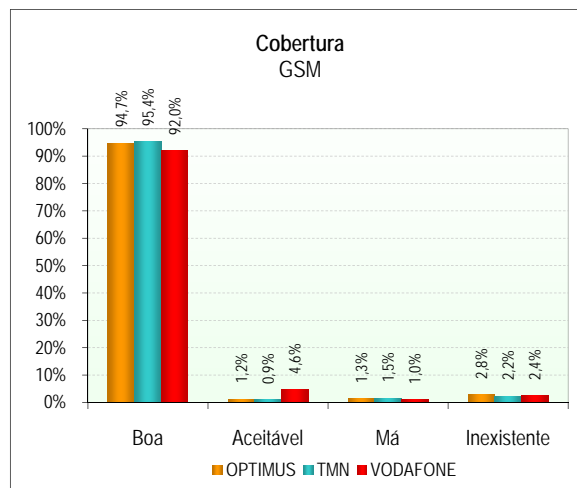
4.5.2.6 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR *QUALIDADE VIDEO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*



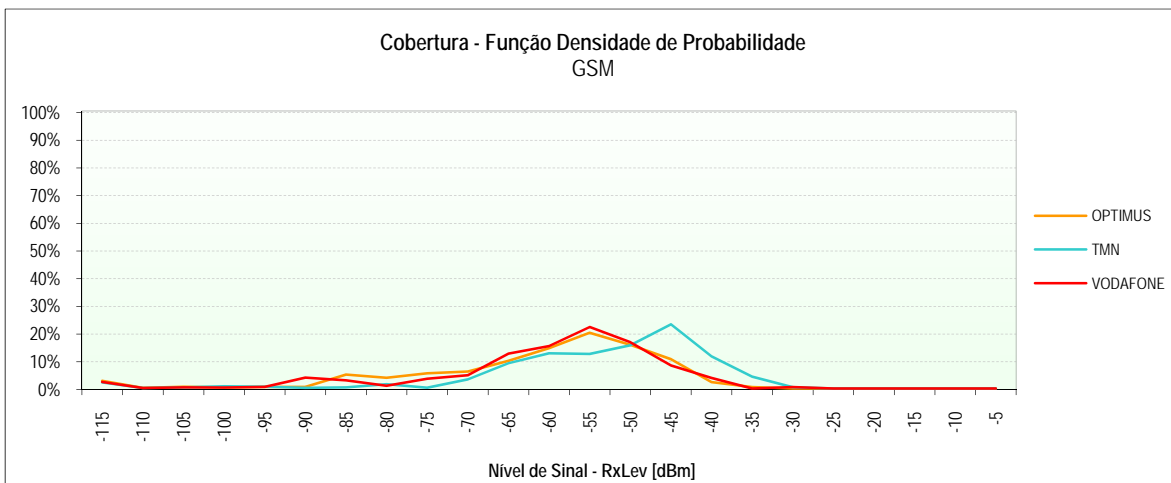
## 4.5.3 COBERTURA DAS REDES

		GSM			WCDMA		
		OPTIMUS	TMN	VODAFONE	OPTIMUS	TMN	VODAFONE
Cobertura	Número de Amostras (Medições)	17.400	17.395	17.414	17.615	17.594	17.579
	Nível Médio de Sinal [dBm]	-60	-52	-59	-84	-72	-83
	Nível Máximo de Sinal [dBm]	-34	-28	-27	-48	-41	-43
	Nível Mínimo de Sinal [dBm]	-116	-116	-120	-124	-123	-126
	Desvio Padrão [dBm]	16	15	15	15	14	15
	Boa	94,7%	95,4%	92,0%	81,3%	95,3%	84,6%
	Aceitável	1,2%	0,9%	4,6%	6,8%	1,6%	4,4%
	Má	1,3%	1,5%	1,0%	3,9%	2,3%	7,2%
	Inexistente	2,8%	2,2%	2,4%	7,9%	0,8%	3,8%

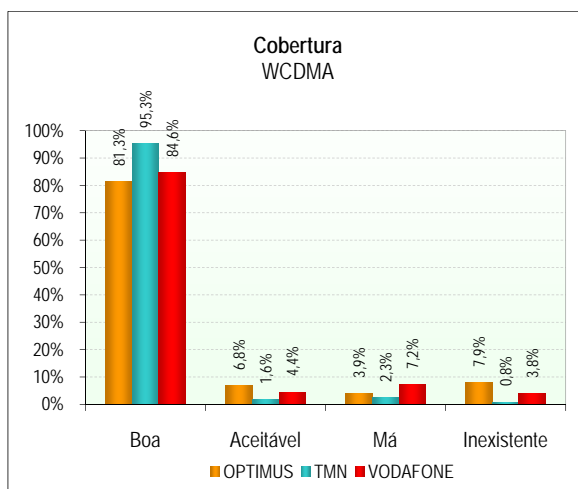
### 4.5.3.1 GSM



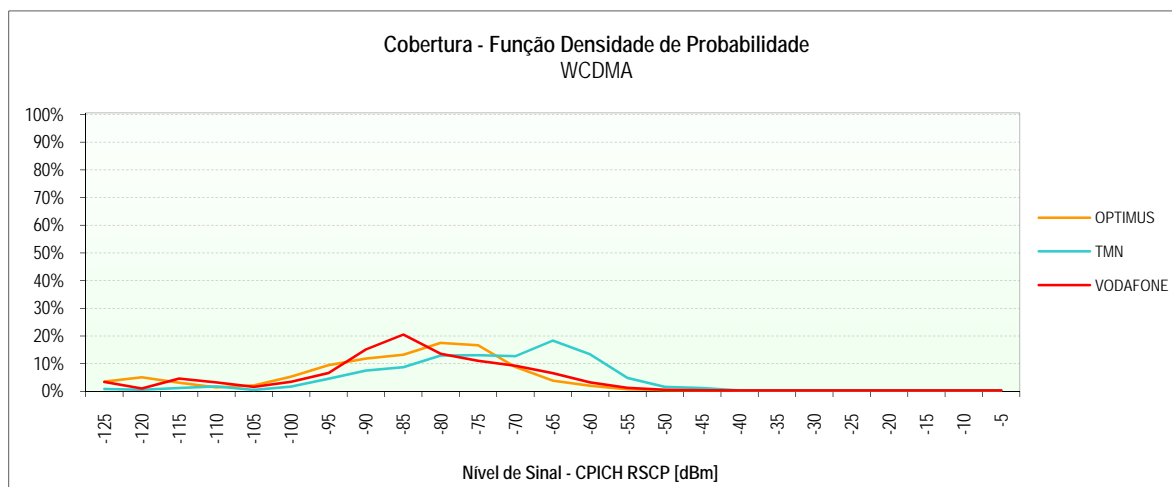
### 4.5.3.2 GSM - FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE



## 4.5.3.3 WCDMA



## 4.5.3.4 WCDMA - FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE

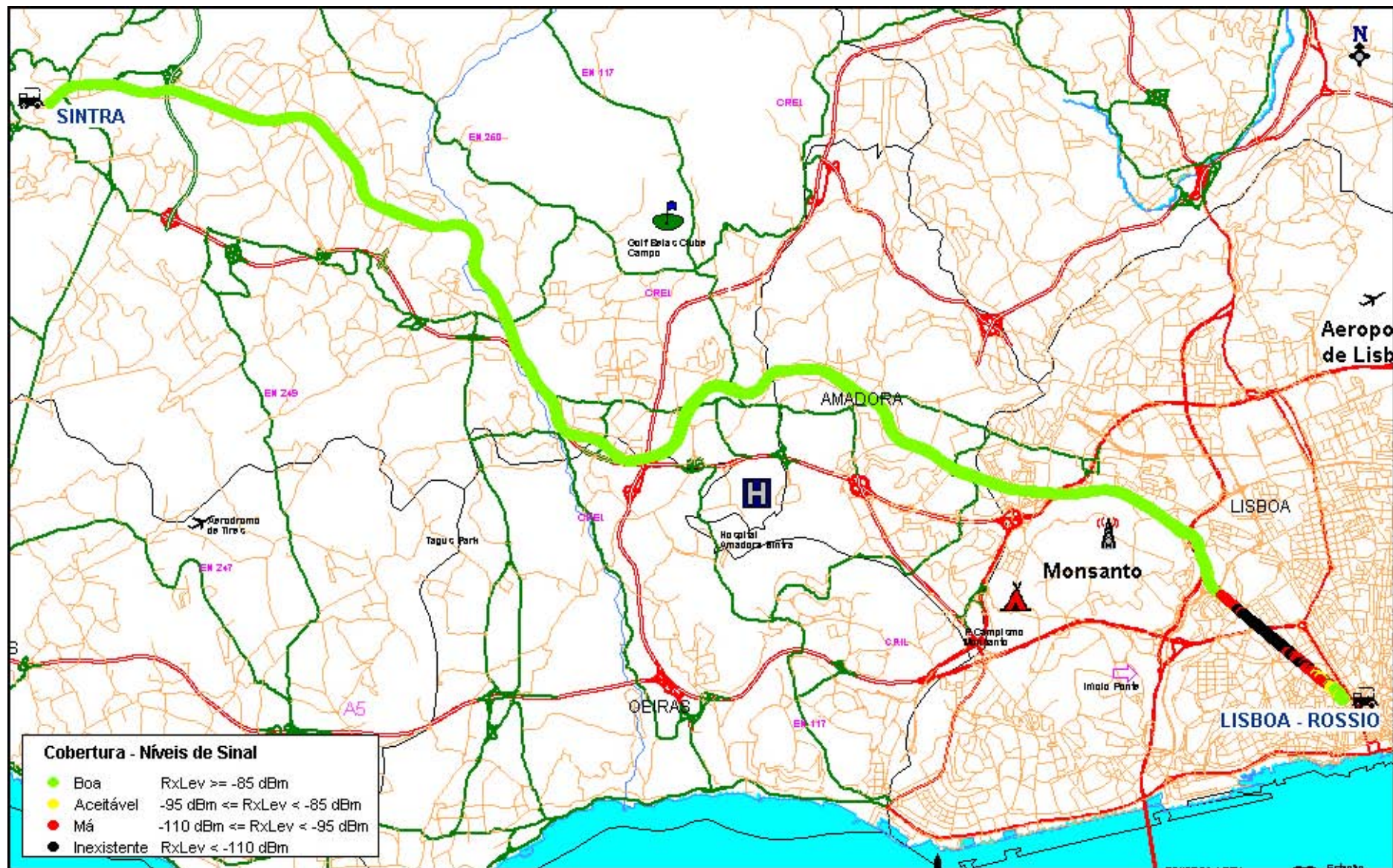


### 4.5.3.4.1 MAPAS DE COBERTURA

(Páginas seguintes)

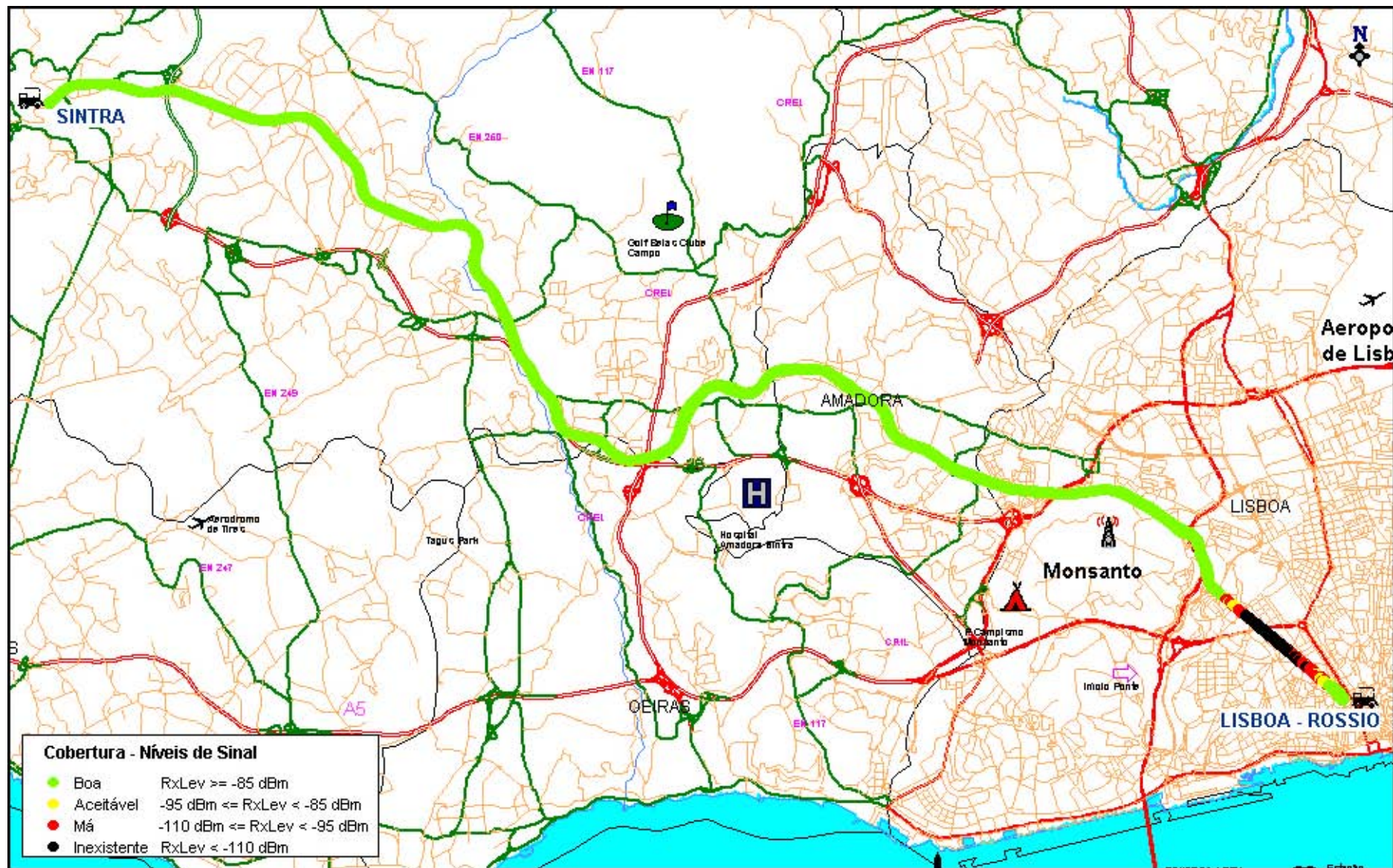
## LINHA DE SINTRA (LISBOA/ROSSIO - SINTRA)

OPTIMUS – Cobertura GSM



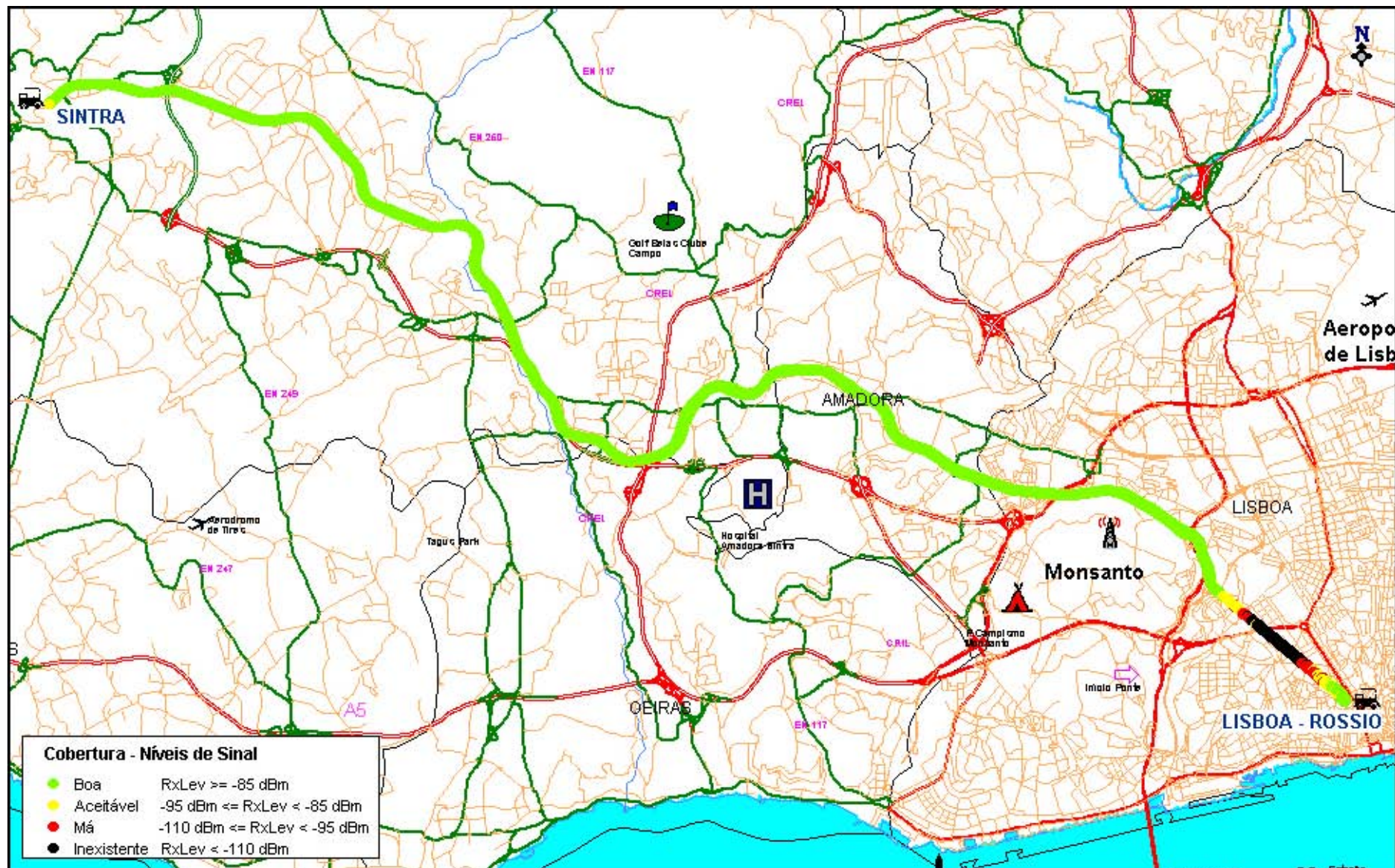
## LINHA DE SINTRA (LISBOA/ROSSIO - SINTRA)

TMN - Cobertura GSM



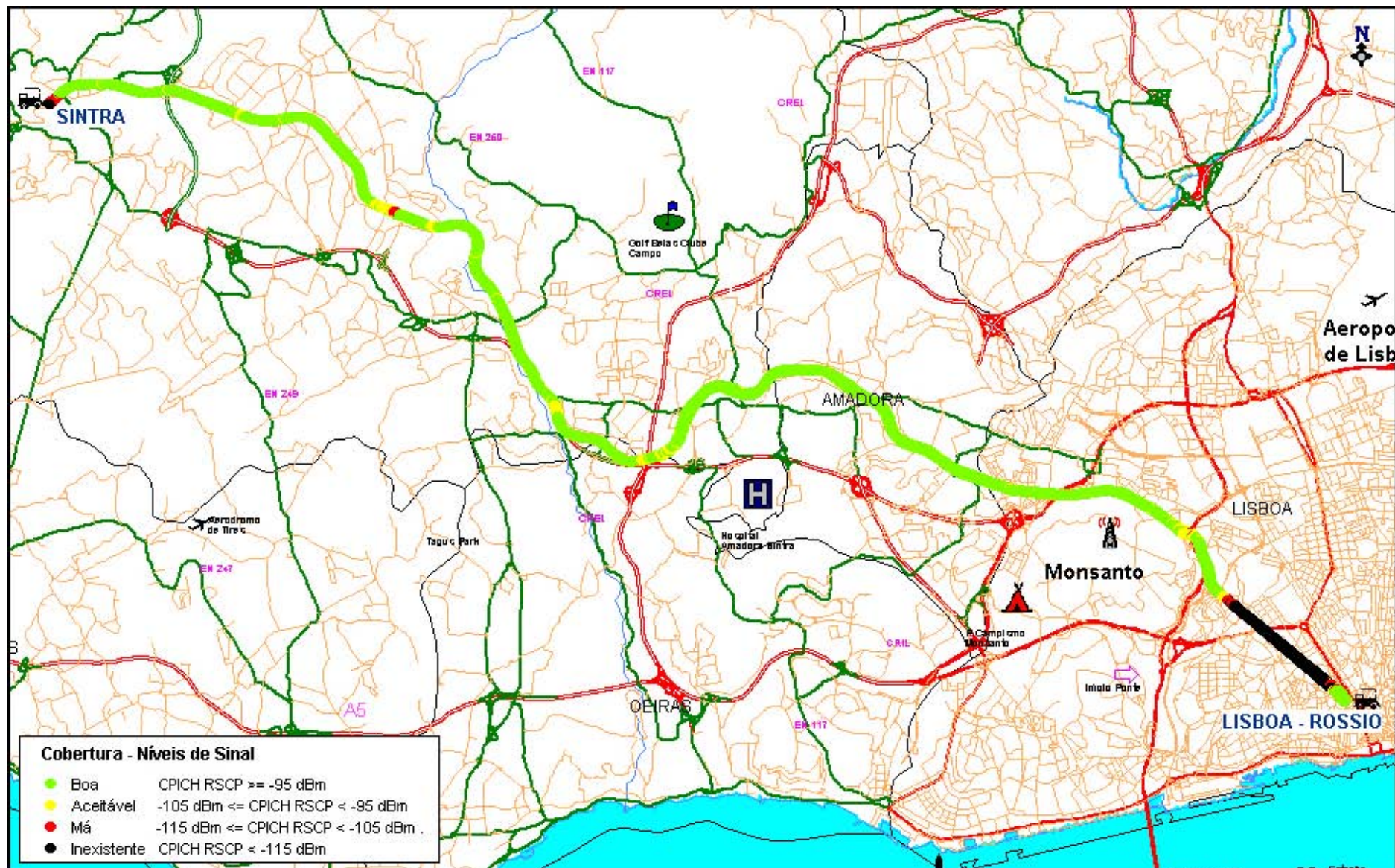
## LINHA DE SINTRA (LISBOA/ROSSIO - SINTRA)

VODAFONE - Cobertura GSM



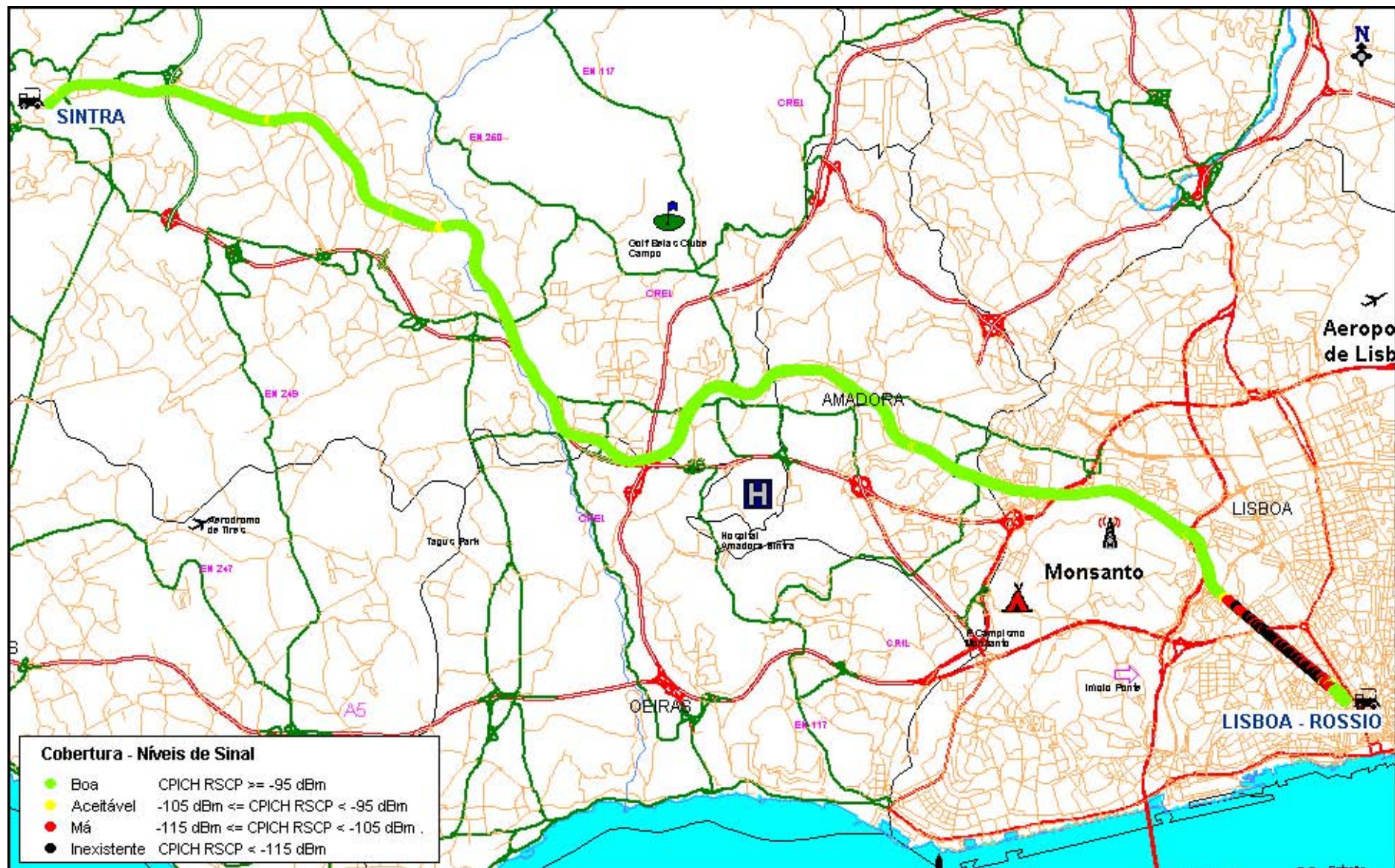
## LINHA DE SINTRA (LISBOA/ROSSIO - SINTRA)

OPTIMUS – Cobertura WCDMA



## LINHA DE SINTRA (LISBOA/ROSSIO - SINTRA)

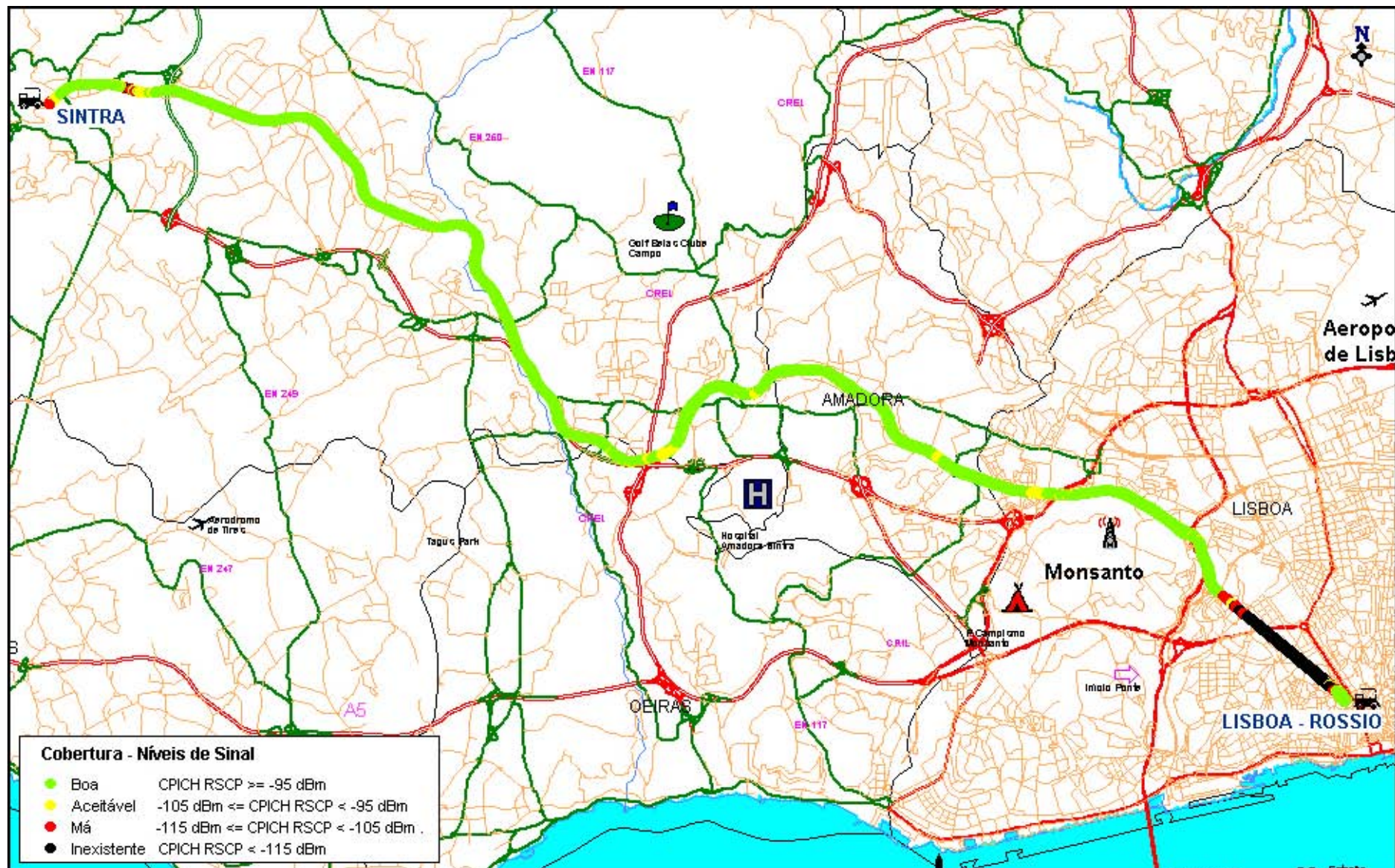
TMN – Cobertura WCDMA





## LINHA DE SINTRA (LISBOA/ROSSIO - SINTRA)

VODAFONE - Cobertura WCDMA





## 4.6 GLOBAL DOS COMBOIOS URBANOS DE LISBOA (LINHAS DA AZAMBUJA, CASCAIS, FERTAGUS, SADO E SINTRA)

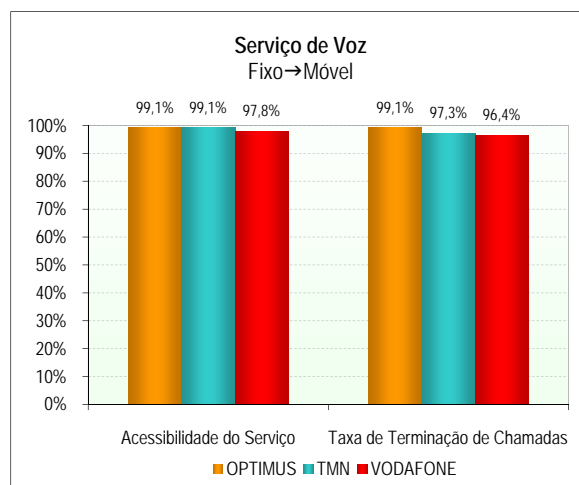
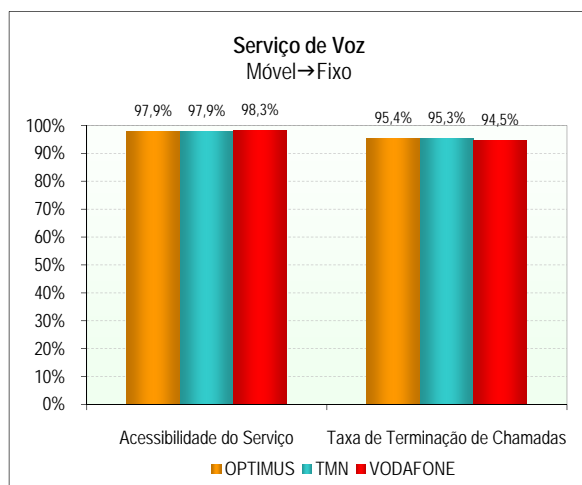
### 4.6.1 SERVIÇO DE VOZ (GSM)

		OPTIMUS		TMN		VODAFONE	
		Móvel→Fixo	Fixo→Móvel	Móvel→Fixo	Fixo→Móvel	Móvel→Fixo	Fixo→Móvel
Chamadas Realizadas	Número de Chamadas	242	226	238	225	241	226
	Falhadas no Estabelecimento	5	2	5	2	4	5
	Falhadas Durante a Chamada	11	2	11	6	13	8
	Com Terminação Normal	226	222	222	217	224	213
	Acessibilidade do Serviço	97,9%	99,1%	97,9%	99,1%	98,3%	97,8%
	Taxa de Terminação de Chamadas	95,4%	99,1%	95,3%	97,3%	94,5%	96,4%
Estabelecimento das Chamadas	Número de Amostras (Chamadas)	237	224	233	223	237	221
	Tempo Médio [s]	5,0	6,2	4,9	6,4	4,2	5,3
	Tempo Máximo [s]	14,7	15,2	11,9	11,1	17,5	13,0
	Tempo Mínimo [s]	4,4	5,0	4,2	5,4	3,6	4,3
	Desvio Padrão [s]	0,8	1,4	0,7	0,9	1,2	1,0
Qualidade Áudio	Número de Amostras (Chamadas)	448	448	439	439	437	437
	Média [MOS]	3,87	3,94	3,77	3,76	3,76	3,78
	Máxima [MOS]	4,11	4,17	4,10	4,15	4,13	4,17
	Mínima [MOS]	2,50	2,05	2,63	2,53	2,35	2,65
	Desvio Padrão [MOS]	0,19	0,22	0,26	0,35	0,22	0,24

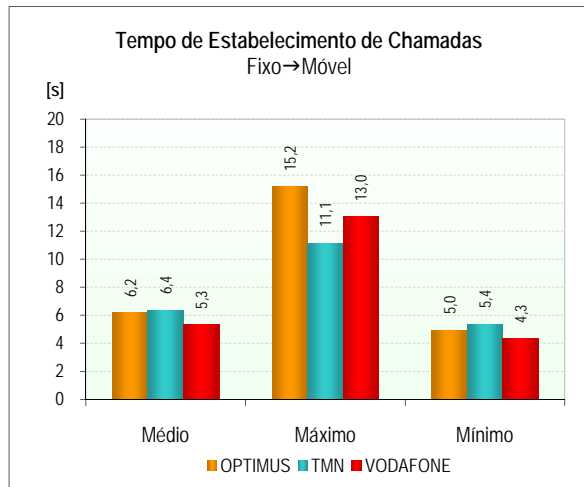
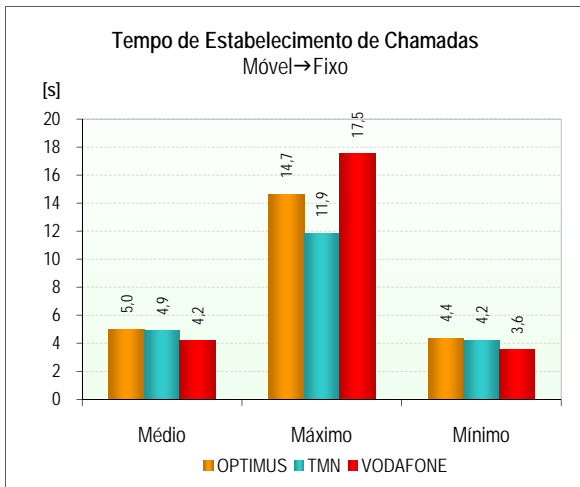
		OPTIMUS		TMN		VODAFONE	
		Móvel→Fixo	Fixo→Móvel	Móvel→Fixo	Fixo→Móvel	Móvel→Fixo	Fixo→Móvel
Erro de Precisão	Acessibilidade do Serviço	2,7%	2,3%	2,7%	2,3%	2,5%	2,9%
	Taxa de Terminação de Chamadas	3,5%	2,3%	3,6%	3,1%	3,7%	3,4%
	Tempo de Estabelecimento de Chamadas [s]	0,106	0,186	0,088	0,112	0,155	0,133
	Qualidade Áudio [MOS]	0,018	0,020	0,024	0,033	0,020	0,023

Nível de Confiança = 95 %

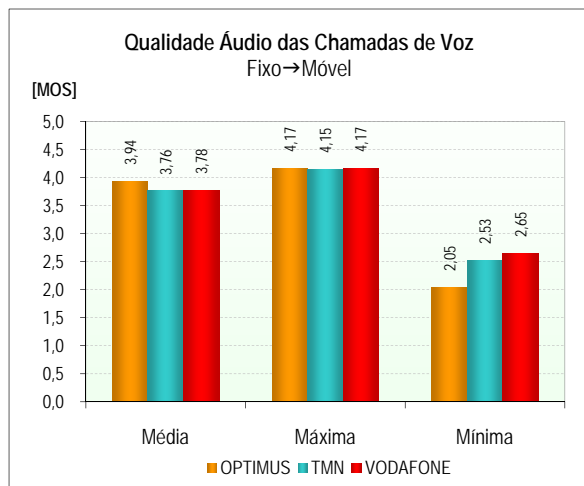
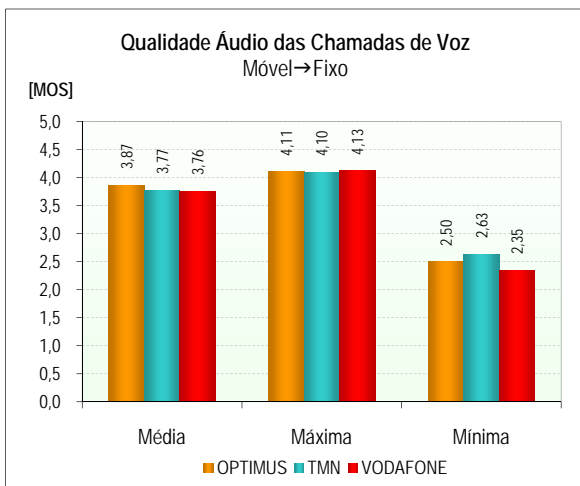
#### 4.6.1.1 INDICADORES ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO E TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS



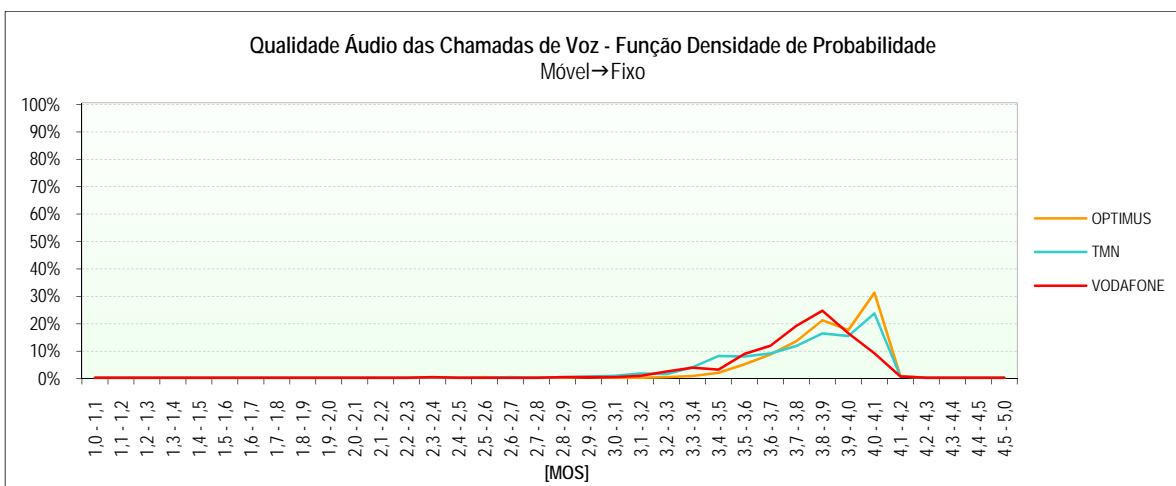
## 4.6.1.2 INDICADOR *TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS*

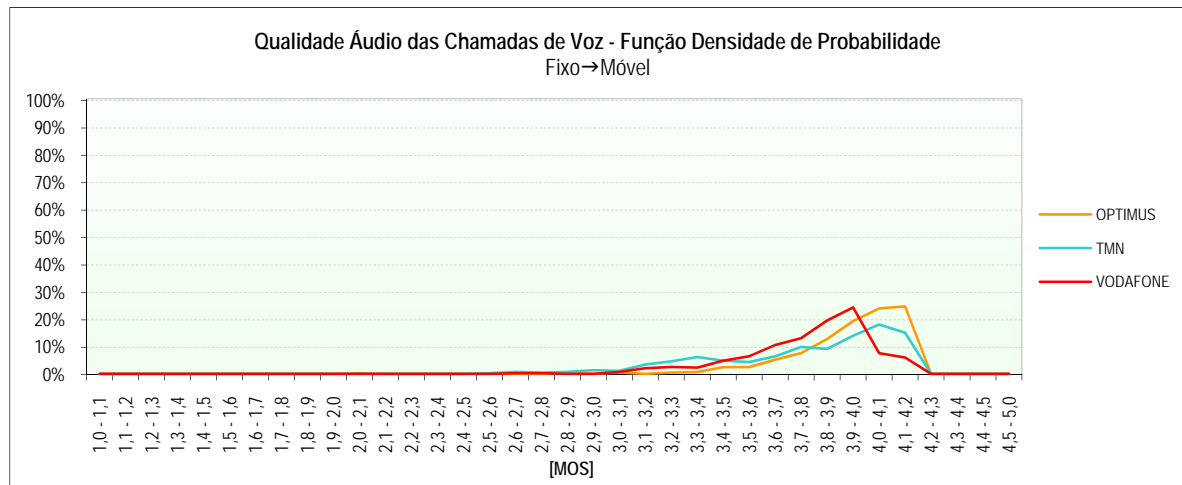


## 4.6.1.3 INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VOZ*



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





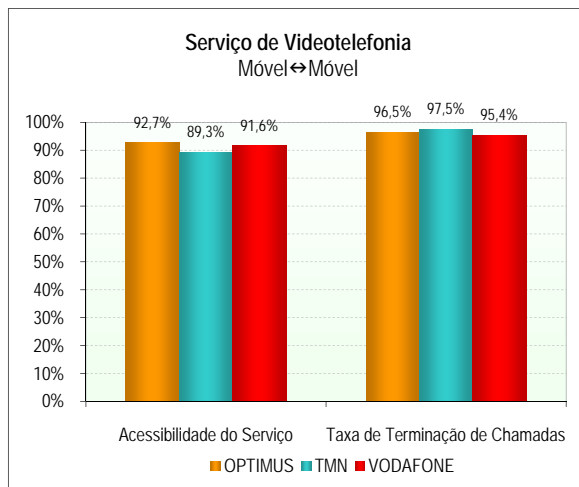
## 4.6.2 SERVIÇO DE VIDEOTELEFONIA (UMTS)

		OPTIMUS	TMN	VODAFONE
		Móvel↔Móvel	Móvel↔Móvel	Móvel↔Móvel
Chamadas Realizadas	Número de Chamadas	397	401	403
	Falhadas no Estabelecimento	29	43	34
	Falhadas Durante a Chamada	13	9	17
	Com Terminação Normal	355	349	352
	Acessibilidade do Serviço	92,7%	89,3%	91,6%
	Taxa de Terminação de Chamadas	96,5%	97,5%	95,4%
Estabelecimento das Chamadas	Número de Amostras (Chamadas)	368	358	369
	Tempo Médio [s]	7,9	8,2	6,6
	Tempo Máximo [s]	22,2	14,2	11,1
	Tempo Mínimo [s]	6,5	6,2	5,0
	Desvio Padrão [s]	1,9	1,4	1,1
Qualidade Áudio	Número de Amostras (Chamadas)	710	698	704
	Média [MOS]	3,93	3,50	3,92
	Máxima [MOS]	4,05	4,05	4,05
	Mínima [MOS]	1,00	1,00	1,00
	Desvio Padrão [MOS]	0,19	0,39	0,25
Qualidade Vídeo	Número de Amostras (Chamadas)	710	698	704
	Média [MOS]	2,29	1,85	2,29
	Máxima [MOS]	2,63	2,63	2,63
	Mínima [MOS]	1,01	1,00	1,35
	Desvio Padrão [MOS]	0,27	0,38	0,26

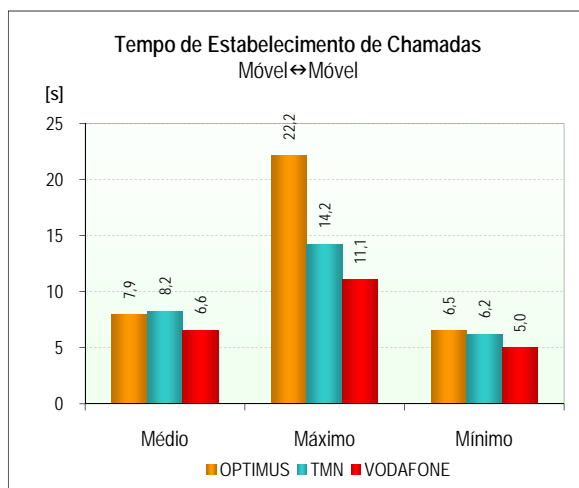
		OPTIMUS	TMN	VODAFONE
		Móvel↔Móvel	Móvel↔Móvel	Móvel↔Móvel
Erro de Precisão	Acessibilidade do Serviço	3,0%	3,4%	3,2%
	Taxa de Terminação de Chamadas	2,4%	2,2%	2,7%
	Tempo de Estabelecimento de Chamadas [s]	0,198	0,141	0,113
	Qualidade Áudio [MOS]	0,014	0,029	0,018
	Qualidade Vídeo [MOS]	0,020	0,028	0,019

Nível de Confiança = 95 %

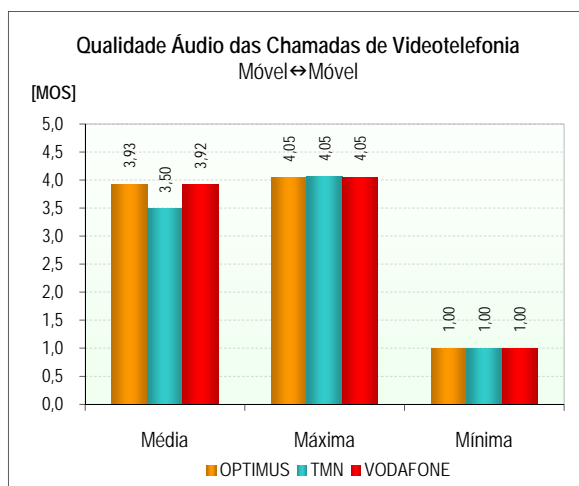
4.6.2.1 INDICADORES *ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO* E *TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS*



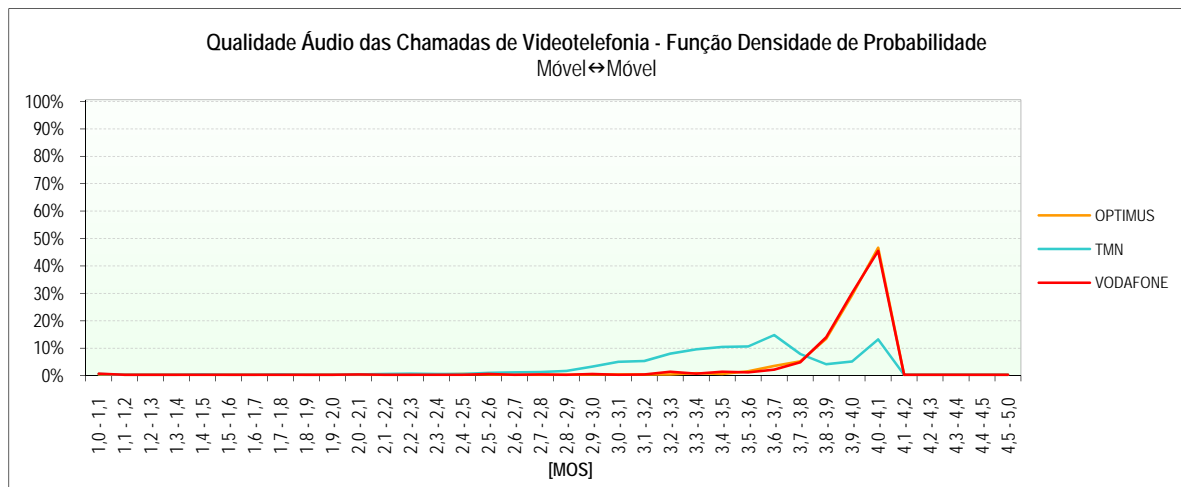
4.6.2.2 INDICADOR *TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS*



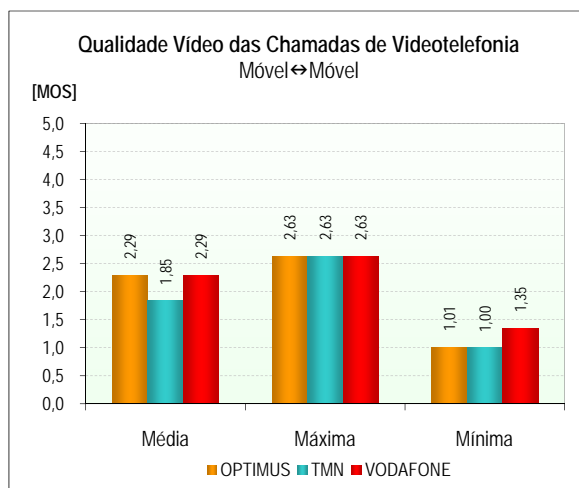
4.6.2.3 INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*



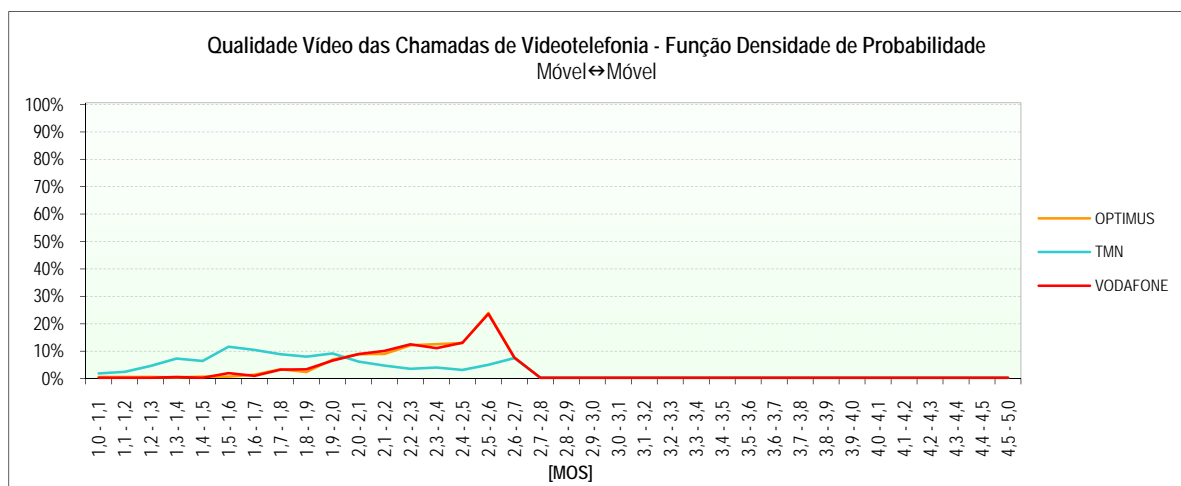
**4.6.2.4 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA***



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



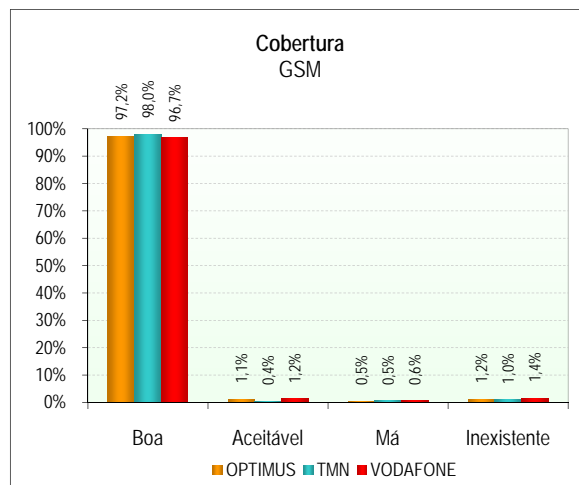
**4.6.2.6 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR *QUALIDADE VIDEO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA***



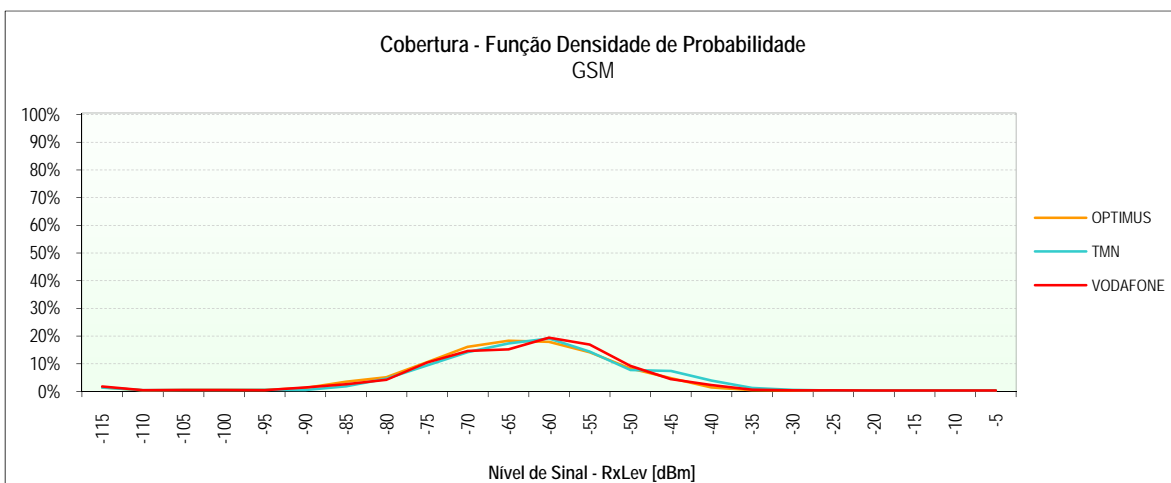
## 4.6.3 COBERTURA DAS REDES

		GSM			WCDMA		
		OPTIMUS	TMN	VODAFONE	OPTIMUS	TMN	VODAFONE
Cobertura	Número de Amostras (Medições)	86.997	86.958	87.009	87.670	87.659	87.579
	Nível Médio de Sinal [dBm]	-62	-60	-61	-87	-82	-83
	Nível Máximo de Sinal [dBm]	-34	-28	-25	-39	-40	-40
	Nível Mínimo de Sinal [dBm]	-119	-116	-120	-128	-127	-129
	Desvio Padrão [dBm]	12	13	13	13	13	13
	Boa	97,2%	98,0%	96,7%	75,0%	85,5%	85,2%
	Aceitável	1,1%	0,4%	1,2%	19,1%	10,4%	9,7%
	Má	0,5%	0,5%	0,6%	3,6%	3,2%	3,2%
	Inexistente	1,2%	1,0%	1,4%	2,3%	0,9%	1,9%

### 4.6.3.1 GSM

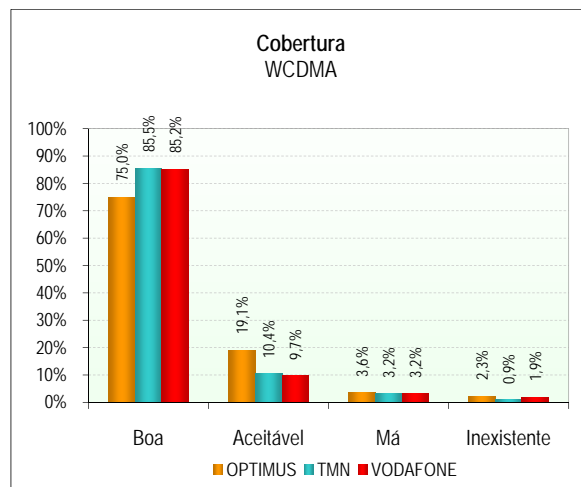


### 4.6.3.2 GSM - FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE

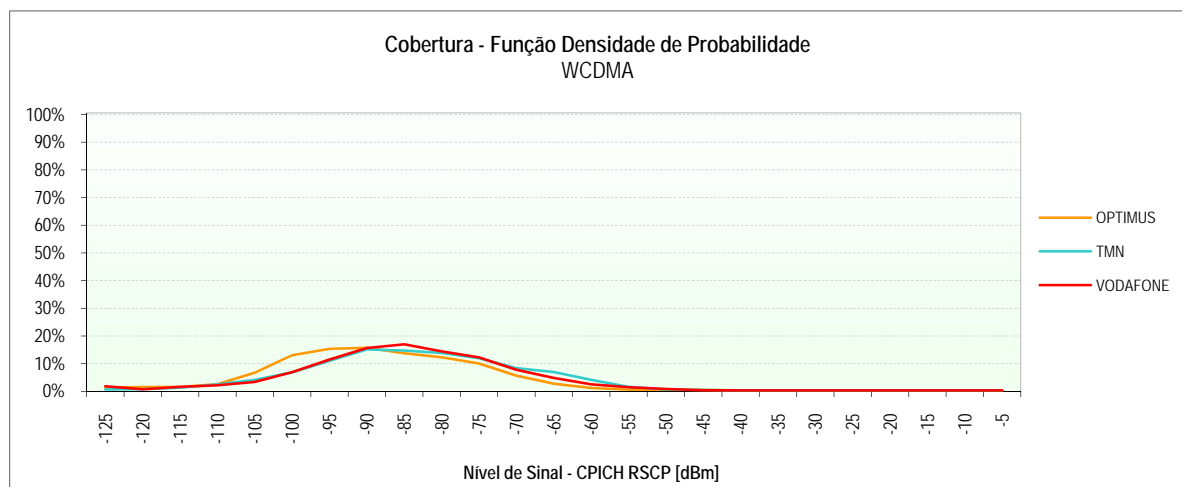




4.6.3.3 WCDMA



4.6.3.4 WCDMA - FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE

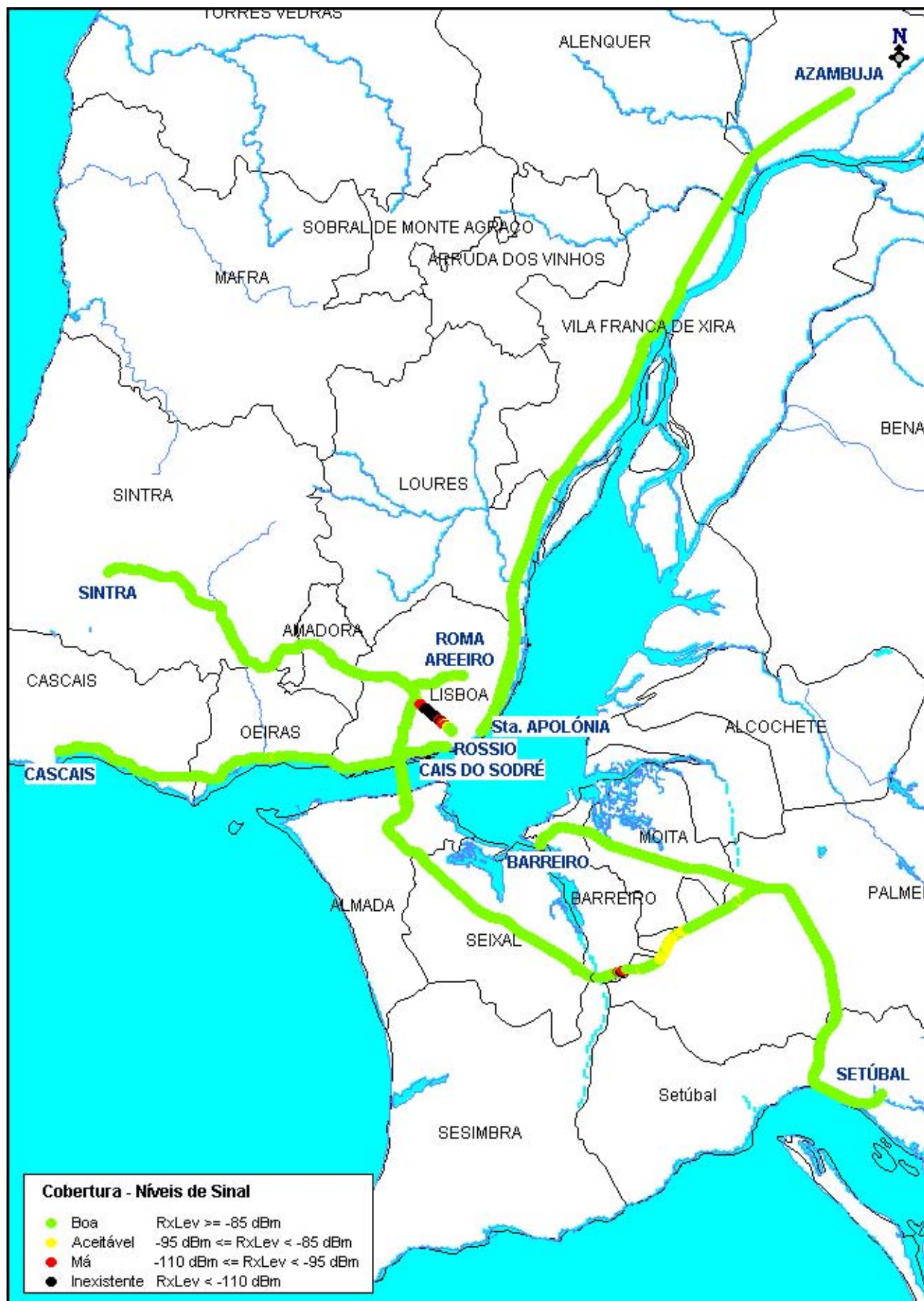


4.6.3.4.1 MAPAS DE COBERTURA

(Páginas seguintes)

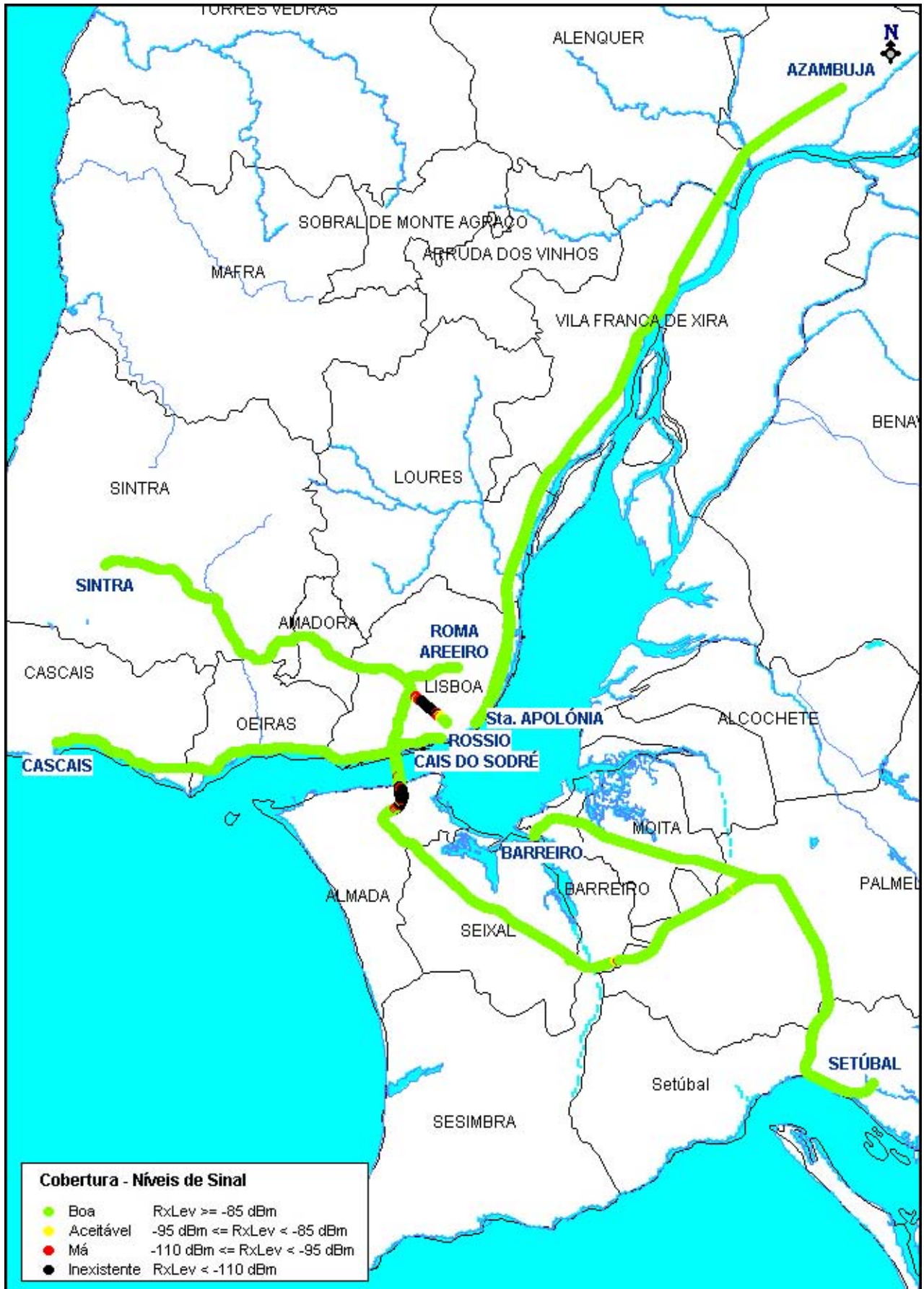
## GLOBAL DOS COMBOIOS URBANOS DE LISBOA (LINHAS DA AZAMBUJA, CASCAIS, FERTAGUS, SADO E SINTRA)

OPTIMUS – Cobertura GSM



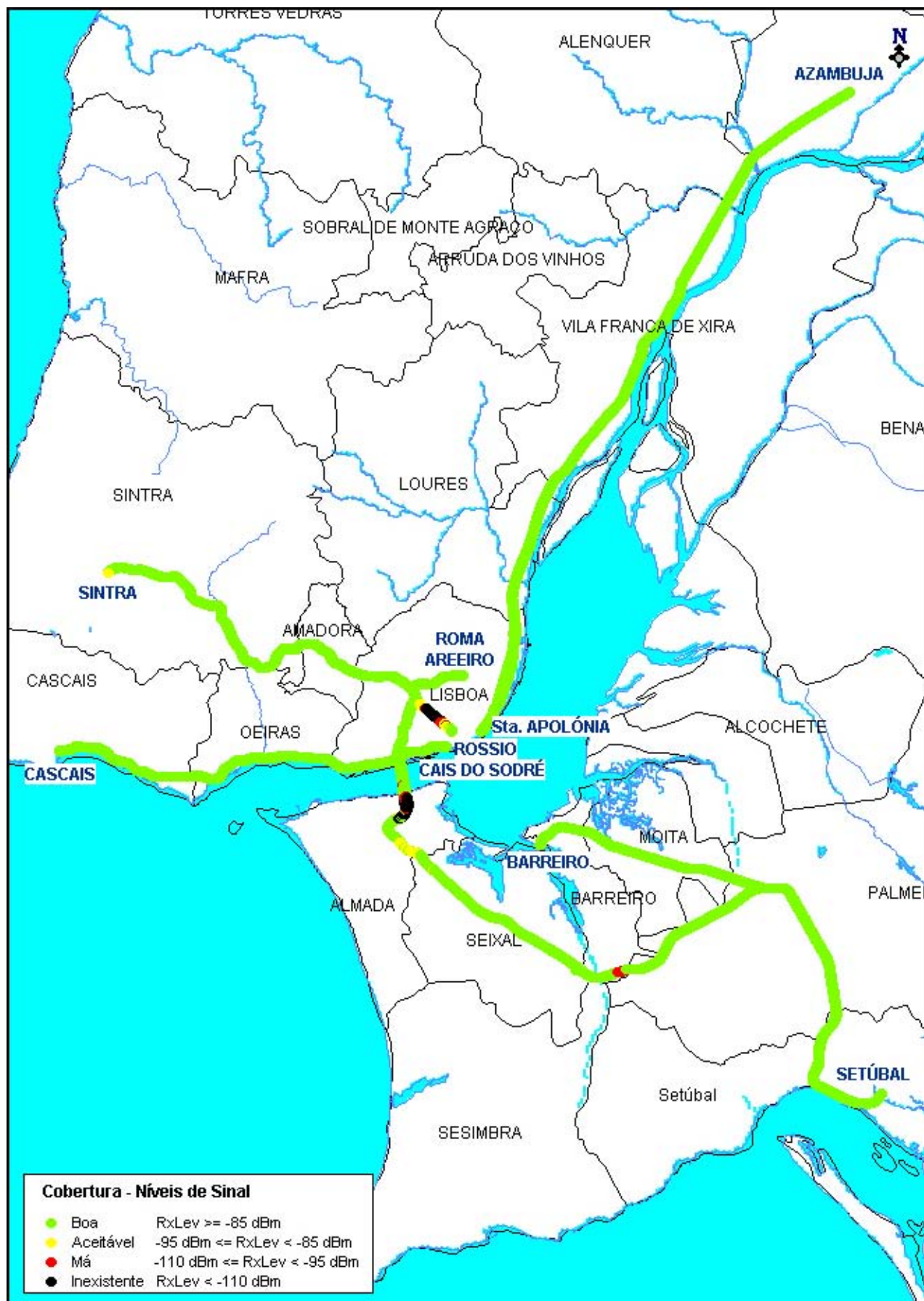
## GLOBAL DOS COMBOIOS URBANOS DE LISBOA (LINHAS DA AZAMBUJA, CASCAIS, FERTAGUS, SADO E SINTRA)

TMN – Cobertura GSM



## GLOBAL DOS COMBOIOS URBANOS DE LISBOA (LINHAS DA AZAMBUJA, CASCAIS, FERTAGUS, SADO E SINTRA)

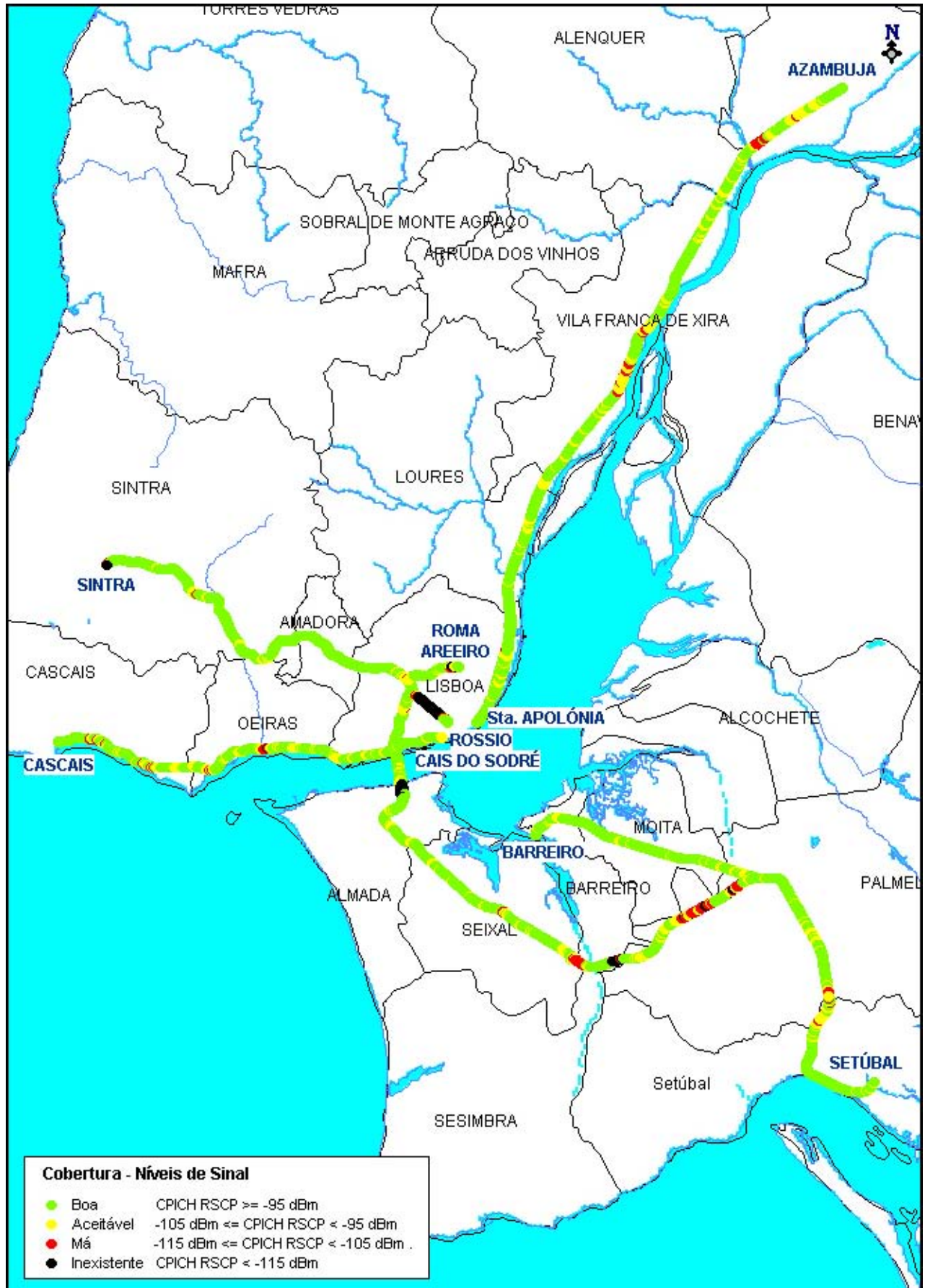
VODAFONE – Cobertura GSM



## GLOBAL DOS COMBOIOS URBANOS DE LISBOA

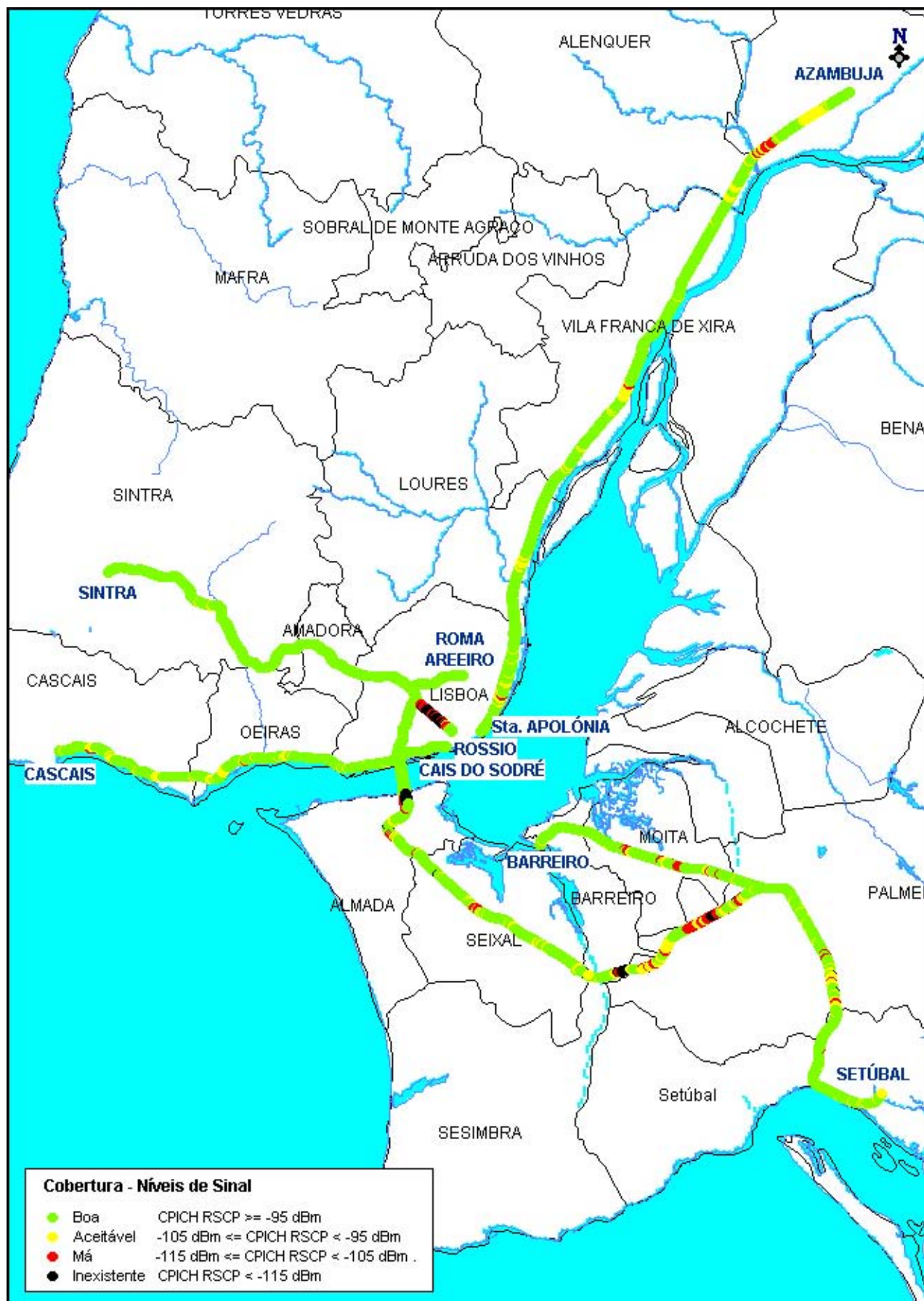
(LINHAS DA AZAMBUJA, CASCAIS, FERTAGUS, SADO E SINTRA)

OPTIMUS – Cobertura WCDMA



## GLOBAL DOS COMBOIOS URBANOS DE LISBOA (LINHAS DA AZAMBUJA, CASCAIS, FERTAGUS, SADO E SINTRA)

TMN – Cobertura WCDMA



## GLOBAL DOS COMBOIOS URBANOS DE LISBOA

(LINHAS DA AZAMBUJA, CASCAIS, FERTAGUS, SADO E SINTRA)

VODAFONE – Cobertura WCDMA

