



ANACOM

AUTORIDADE NACIONAL DE COMUNICAÇÕES

Redes Móveis GSM

Aferição da Qualidade de Serviço

Eixos Ferroviários

Novembro de 2005

Índice

I	Sumário Executivo	3
I.I	Enquadramento Geral.....	3
I.II	Principais Conclusões.....	5
1	Aspectos Técnicos.....	7
1.1	Metodologia.....	7
1.1.1	Aspectos Fundamentais.....	7
1.1.2	Indicadores de Qualidade de Serviço.....	7
1.1.3	Procedimentos de Realização das Medidas.....	9
1.2	Locais Visados.....	10
1.3	Dimensão da Amostra.....	10
1.4	Condições de Recolha das Medidas.....	10
1.5	Equipamento de Teste e Medida.....	10
1.6	Ferramentas de Pós-Processamento.....	11
2	Resultados	12
2.1	Braga-Lisboa.....	12
2.1.1	Acessibilidade.....	12
2.1.2	Qualidade Áudio.....	12
2.1.3	Cobertura.....	12
2.2	Lisboa-Faro.....	16
2.2.1	Acessibilidade.....	16
2.2.2	Qualidade Áudio.....	16
2.2.3	Cobertura.....	16
2.3	Lisboa-Guarda.....	20
2.3.1	Acessibilidade.....	20
2.3.2	Qualidade Áudio.....	20
2.3.3	Cobertura.....	20
2.4	Global dos Eixos Ferroviários.....	24
2.4.1	Acessibilidade.....	24
2.4.2	Qualidade Áudio.....	24
2.4.3	Cobertura.....	24
	<i>Apêndice</i>	28

I SUMÁRIO EXECUTIVO

I.1 ENQUADRAMENTO GERAL

No quadro das actividades planeadas para o ano 2005, a ANACOM realizou uma avaliação da qualidade dos serviços móveis GSM, disponibilizados pelos operadores portugueses, nos eixos ferroviários, através da análise de parâmetros técnicos que traduzem a percepção de qualidade na óptica do consumidor.

Foram objecto de análise os principais eixos ferroviários portugueses: *Braga-Lisboa*, *Lisboa-Faro* e *Lisboa-Coimbra-Guarda*.

A recolha de medidas decorreu, nos dias úteis, de 15 a 21 Novembro de 2005. Foram efectuadas 3.038 chamadas de teste, o que corresponde a 46 horas e 30 minutos de medidas ao longo de 2.185 quilómetros.

Os resultados globais, obtidos por cada operador, apresentam erros máximos inferiores a 3,03%, com nível de confiança de 95%.

Foram analisados três indicadores de uma rede móvel, de importância fundamental, considerando a perspectiva de qualidade na óptica do utilizador/consumidor:

- a. Cobertura;
- b. Acessibilidade;
- c. Qualidade Áudio.

A metodologia seguida 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.

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 das redes. A sua transposição/extrapolação para situações específicas requer alguma prudência, sob risco de serem tomadas conclusões enviesadas da realidade.

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:

- Foram utilizados equipamentos terminais *Dual-Band* com EFR;
- A realização de testes foi suportada exclusivamente numa **solução técnica** (equipamento + *software*), processando-se de forma totalmente **automática**, permitindo o estabelecimento homogéneo das condições de aferição para os 3 operadores e a eliminação de subjectividade inerente ao utilizador humano;
- Os testes foram realizados **em movimento** com as **antenas no interior** das composições;
- Para se analisar simultaneamente a acessibilidade e a qualidade áudio das conversações foi utilizado um **tempo de conversação** de compromisso: **110 segundos**. Este valor aproxima-se ao tempo médio de conversação das comunicações efectuadas, através das redes em estudo, no 3.º trimestre de 2005, critério que foi considerado na sua escolha;
- Os resultados do estudo reflectem apenas o comportamento das redes nos locais e 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 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos indicam que as redes móveis GSM apresentam um desempenho pouco satisfatório nos eixos ferroviários.

Apenas 61,8% das chamadas de teste foram estabelecidas com sucesso e a fase de conversação decorreu de forma adequada terminando de forma normal (por desligamento) ao fim do tempo pré-definido (110 segundos).

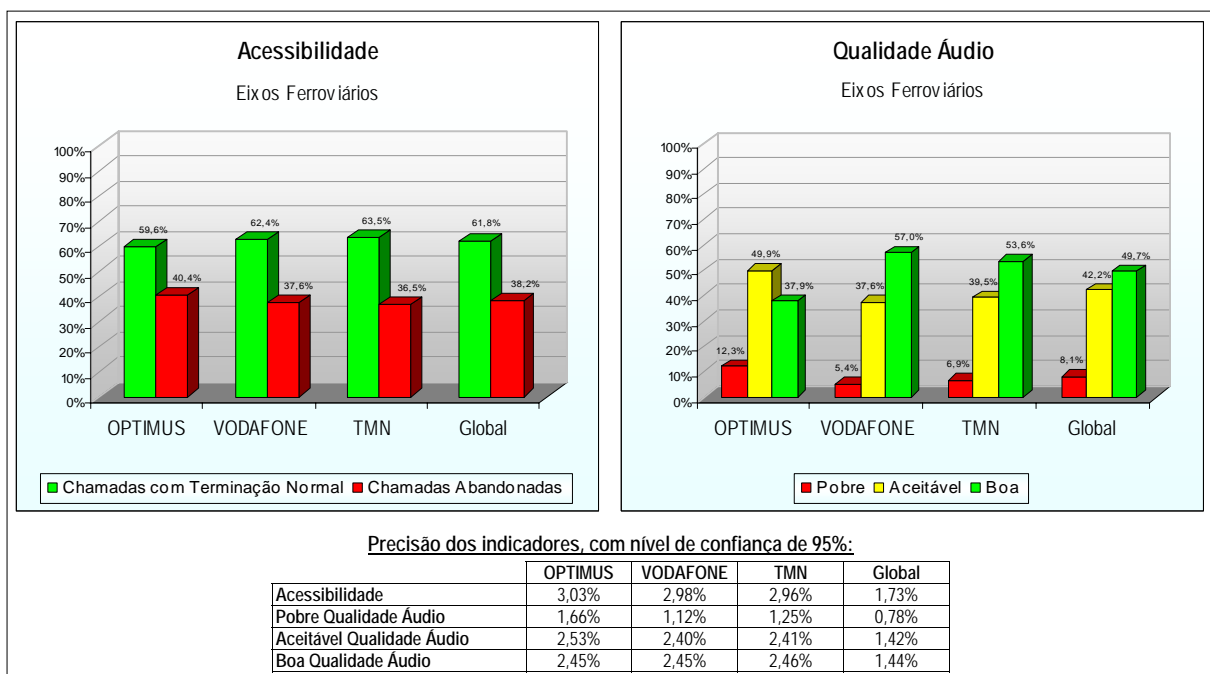


Figura 1 – Desempenho das Redes Móveis GSM, nos Eixos Ferroviários.

No que respeita à perceptividade das comunicações de voz cursadas através destas redes, cerca de 92% das chamadas de teste apresentaram valores médios de *Qualidade Áudio* bons ou aceitáveis. No entanto, é significativo o número de chamadas que apresentaram valores médios pobres ou maus (cerca de 8%).

Uma análise dos resultados, por operador, não revela diferenças significativas no que toca ao indicador *Acessibilidade*. No que respeita à *Qualidade Áudio*, VODAFONE e TMN apresentam resultados semelhantes. A OPTIMUS destaca-se pela negativa, sendo de relevar que 12,3% das chamadas de teste, cursadas através desta rede, apresentaram valores médios de *Qualidade Áudio* pobres ou maus.

Os resultados pouco satisfatórios obtidos nos eixos ferroviários tem como principal causa as graves deficiências de cobertura, por vezes ausência completa de sinal radioelétrico, especialmente no percurso Lisboa-Faro (*vd.* Figura 2, Figura 3 e mapas de cobertura apresentados no Ponto 2).

Neste eixo ferroviário, apenas 57,6% das tentativas de estabelecimento de chamadas de teste foram bem sucedidas e apenas 33,6% das chamadas decorreram de forma adequada e terminaram de forma normal ao fim do tempo de conversação pré-definido (110 segundos).

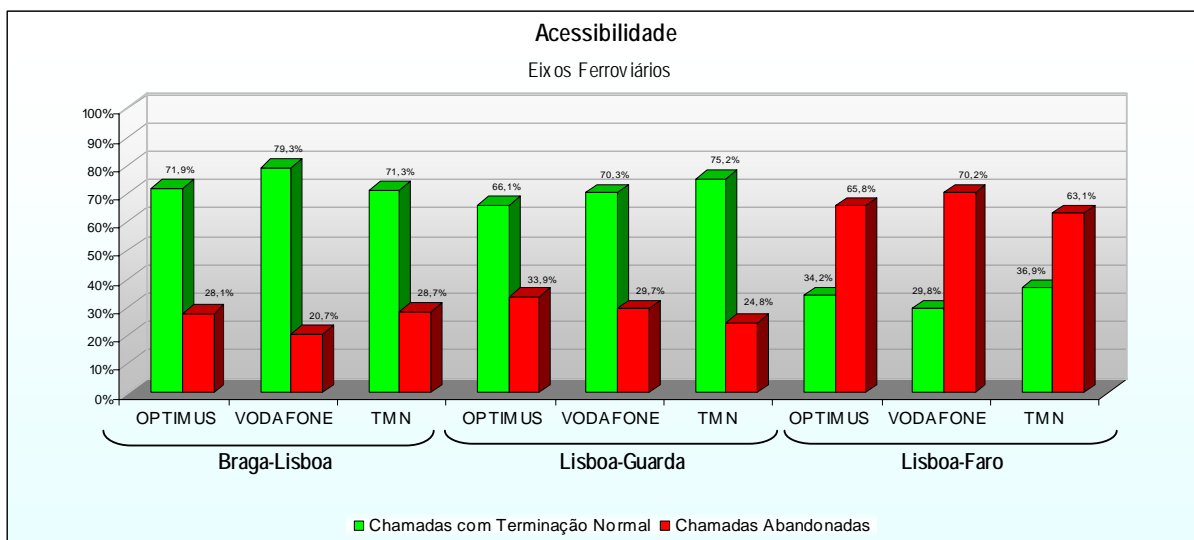


Figura 2 – *Acessibilidade* em cada Eixo Ferroviário analisado.

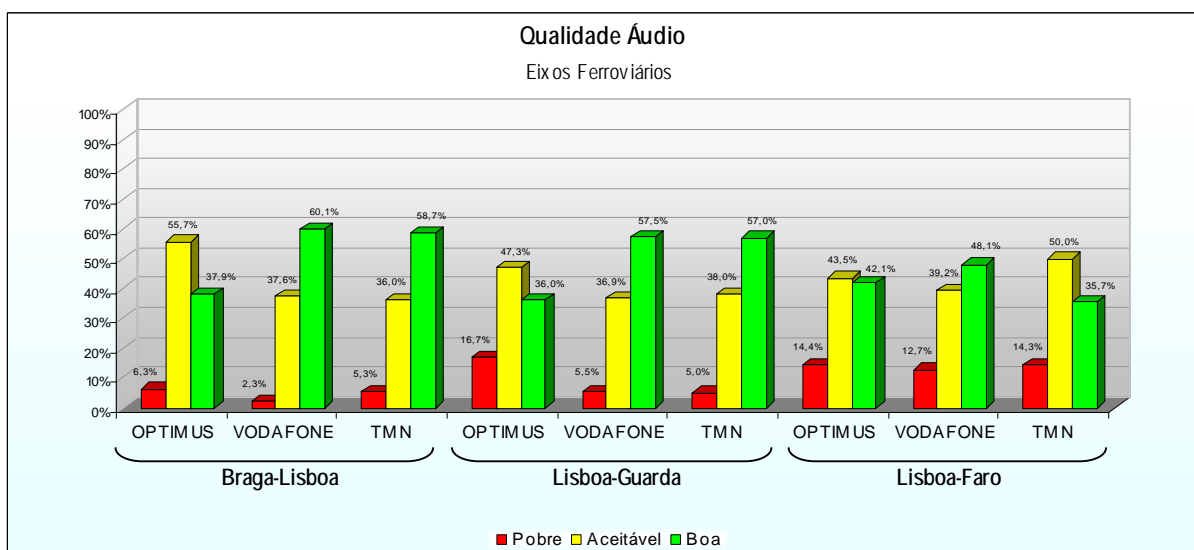


Figura 3 – *Qualidade Áudio* em cada Eixo Ferroviário analisado.

1 ASPECTOS TÉCNICOS

1.1 METODOLOGIA

1.1.1 ASPECTOS FUNDAMENTAIS

A metodologia seguida neste estudo assenta em 3 aspectos fundamentais:

- a) **Medidas extremo-a-extremo:** As medições são efectuadas entre um ponto terminal de uma rede móvel e um ponto terminal de uma rede fixa;
- b) **Imparcialidade:** As medições são efectuadas em simultâneo, no tempo e no espaço, para os três operadores (OPTIMUS, VODAFONE e TMN), garantindo-se assim igualdade de condições de teste;
- c) **Objectividade:** Os testes são realizados de uma forma totalmente automática, eliminando-se a subjectividade inerente à intervenção ou decisão humana.

1.1.2 INDICADORES DE QUALIDADE DE SERVIÇO

Com este estudo são analisados três indicadores de uma rede móvel, de importância fundamental, considerando a perspectiva de qualidade na óptica do utilizador, a saber:

- a) **Cobertura:** Verificação dos níveis de sinal.

O equipamento de teste e medida utilizado permite medir o nível de sinal recebido pelo terminal móvel. Todas estas medidas são georeferenciadas, permitindo, à *posteriori*, efectuar a sua representação num mapa, facilitando a visualização dos níveis de cobertura de cada operador nos vários trajectos objecto de estudo.

Tabela 1 – Nível de sinal

Nível de Sinal (dBm)	
> -100	Cobertura
> -110 \wedge <= -100	Má Cobertura
<= -110	Ausência de Cobertura

b) **Acessibilidade:** Consiste em verificar a capacidade de estabelecimento e manutenção de chamadas, de uma rede móvel.

É analisada a capacidade de estabelecimento com sucesso de comunicações de voz entre dois extremos, um terminal de uma rede móvel e um terminal de uma rede fixa, bem como a capacidade das redes manterem essa chamada durante um período pré-estabelecido.

Nos casos em que não foi possível estabelecer a comunicação ou esta foi abandonada já na fase de conversação, é identificada a causa desse insucesso ou abandono.

c) **Qualidade Áudio:** Consiste em verificar a perceptividade das conversações mediante o estabelecimento de uma ligação com sucesso e durante um período de tempo.

Para avaliação deste indicador é simulada, pelo sistema, uma conversação telefónica entre dois utilizadores.

O método de avaliação da qualidade áudio, tal como é sentida pelos utilizadores, tem por base o modelo "E-Model", que é recomendado por organismos internacionais como o ETSI¹ (ETR 250) e o ITU² (ITU-T *Recommendation* G.107). Com base neste modelo é calculado o índice MOS (*Mean Opinion Score*).

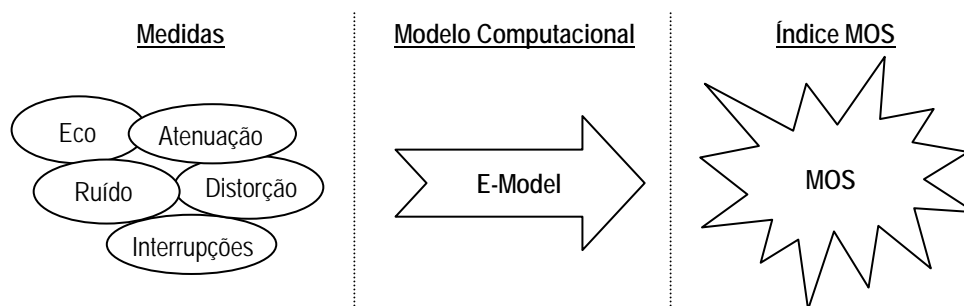


Figura 4 – Metodologia utilizada para aferição da qualidade áudio.

A escala MOS quantifica o esforço necessário para se perceber uma conversação. Tem o valor 0 quando não há comunicação e 5 quando a comunicação é perfeita. Os valores 0 e 5 são apenas teóricos e, por isso, nunca aparecem nos resultados das medidas.

¹ European Telecommunications Standards Institute.

² International Telecommunications Union.

Tabela 2 - Escala MOS

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

1.1.3 PROCEDIMENTOS DE REALIZAÇÃO DAS MEDIDAS

Os testes consistem no estabelecimento e manutenção de chamadas de voz nas seguintes condições:

1. Entre terminais das Redes Móveis GSM e terminais de uma Rede Telefónica Fixa (Móvel-Fixo);

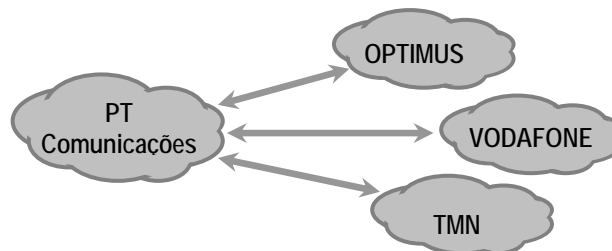


Figura 5 – Origem e Destino das chamadas de teste.

2. Durante a recolha de medidas os equipamentos terminais móveis (1 por operador) deslocam-se ao longo do trajecto em estudo;
3. As chamadas são inicializadas alternadamente pelos terminais móveis e fixos;
4. O espaçamento temporal entre chamadas consecutivas é de 160 segundos;

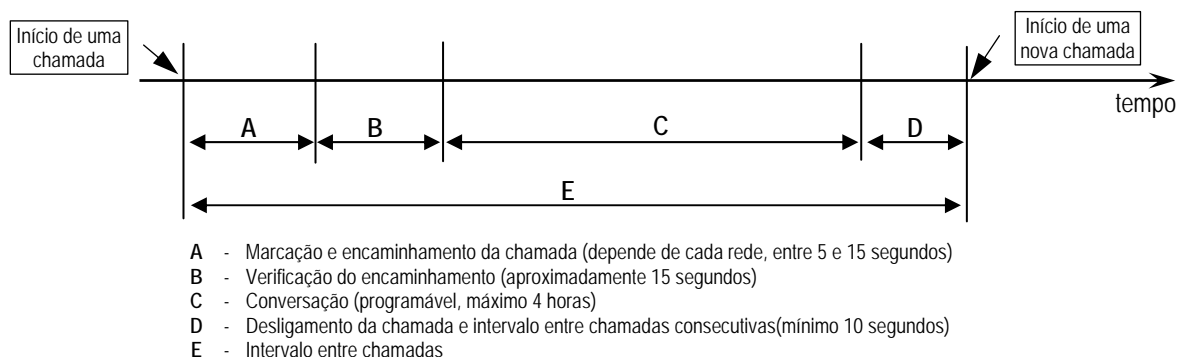


Figura 6 – Estrutura temporal de uma chamada de voz, realizada com o equipamento Datamat M366plus.

5. Após o estabelecimento com sucesso da chamada, segue-se uma fase de conversação (é

simulada uma conversação real) com duração máxima de 110 segundos³ (inferior se a chamada foi abandonada ou o tempo de estabelecimento tiver sido longo);

6. Durante a fase de conversação são feitas medidas de qualidade áudio (MOS) em cada um dos extremos intervenientes na chamada.

1.2 LOCAIS VISADOS

Foram objecto de análise os principais eixos ferroviários portugueses:

- Braga-Lisboa;
- Lisboa-Faro;
- Lisboa-Guarda.

1.3 DIMENSÃO DA AMOSTRA

Tabela 3 – Duração da recolha de medidas.

Eixo Ferroviário	Horas em Medidas
Braga-Lisboa	15 h 59
Lisboa-Faro	12 h 54
Lisboa-Guarda	17 h 37
Total	46 h 30

1.4 CONDIÇÕES DE RECOLHA DAS MEDIDAS

A recolha de dados decorreu durante as horas normais de trabalho nos dias úteis, tendo sido efectuadas 4 passagens em cada eixo ferroviário.

1.5 EQUIPAMENTO DE TESTE E MEDIDA

Para a realização destes testes a ANACOM utilizou o equipamento de teste e medida *DATAMAT M366plus* que é um analisador de Qualidade de Serviço para redes GSM.

³ Valor próximo do tempo médio de conversação das comunicações efectuadas, através das redes em estudo, no 3.º trimestre de 2005.

1.6 FERRAMENTAS DE PÓS-PROCESSAMENTO

Associada ao equipamento M366plus existe uma ferramenta de *software*, denominada “Report”, que permite armazenar, organizar e gerar estatísticas da informação recolhida pelas unidades de medida.

O equipamento M366plus incorpora um receptor de GPS que permite georeferenciar todas as medidas que são efectuadas. Esta informação é explorada pela ferramenta “GeoReport” que, em paralelo com uma terceira ferramenta – “MAPINFO” – permite visualizar a informação estatística, gerada pelo “Report”, em mapas geográficos digitais.

2 RESULTADOS

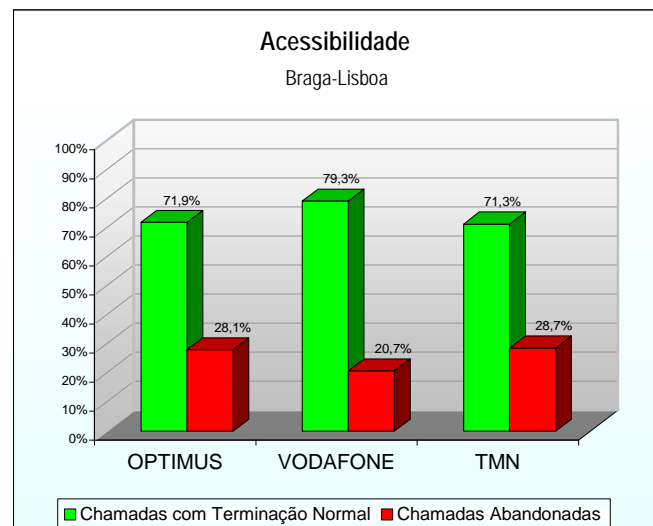
2.1 BRAGA-LISBOA

Sessões de Medidas realizadas em:

- 15 de Novembro de 2005 entre as 7h18 e as 11h26 e entre as 13h49 e as 17h46
- 16 de Novembro de 2005 entre as 7h16 e as 11h28 e entre as 13h51 e as 17h44

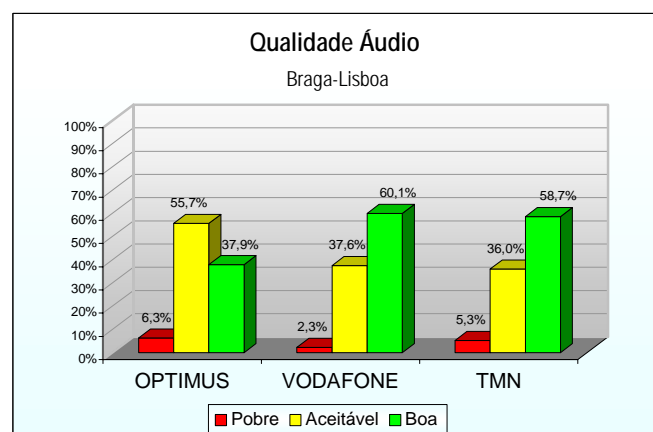
2.1.1 ACESSIBILIDADE

Chamadas Realizadas		Operador	OPTIMUS	VODAFONE	TMN
		Total	349 100%	352 100%	349 100%
Chamadas Encaminhadas	Total	304 87,1%	327 92,9%	314 90,0%	
	Abandonadas na Conversação	53 15,2%	48 13,6%	65 18,6%	
	Terminação Normal	251 71,9%	279 79,3%	249 71,3%	
Chamadas Não Encaminhadas		45 12,9%	25 7,1%	35 10,0%	
Chamadas Abandonadas	Total	98 28,1%	73 20,7%	100 28,7%	
	Causas	Sem Serviço	10 2,9%	1 0,3%	5 1,4%
		Congestão	53 15,2%	40 11,4%	38 10,9%
		Falha do Canal Radioeléctrico	19 5,4%	24 6,8%	28 8,0%
		Outras	16 4,6%	8 2,3%	29 8,3%



2.1.2 QUALIDADE ÁUDIO

Chamadas com Medidas		Operador	OPTIMUS	VODAFONE	TMN
		Total	583 100%	641 100%	605 100%
Qualidade Áudio (MOS)	Pobre	37 6,3%	15 2,3%	32 5,3%	
	Aceitável	325 55,7%	241 37,6%	218 36,0%	
	Boa	221 37,9%	385 60,1%	355 58,7%	



2.1.3 COBERTURA

(Páginas seguintes)

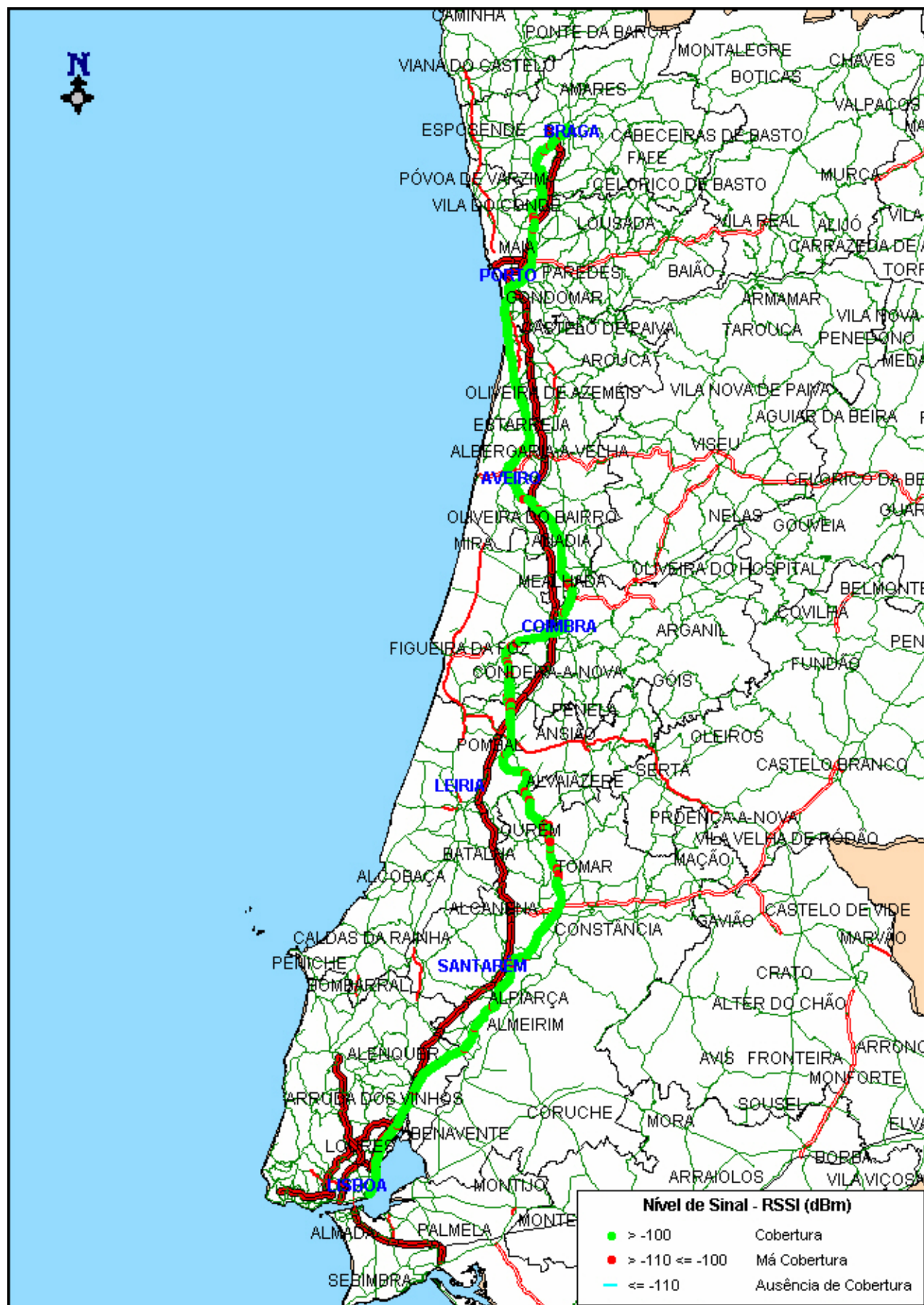


ANACOM

AUTORIDADE NACIONAL DE COMUNICAÇÕES

BRAGA-LISBOA

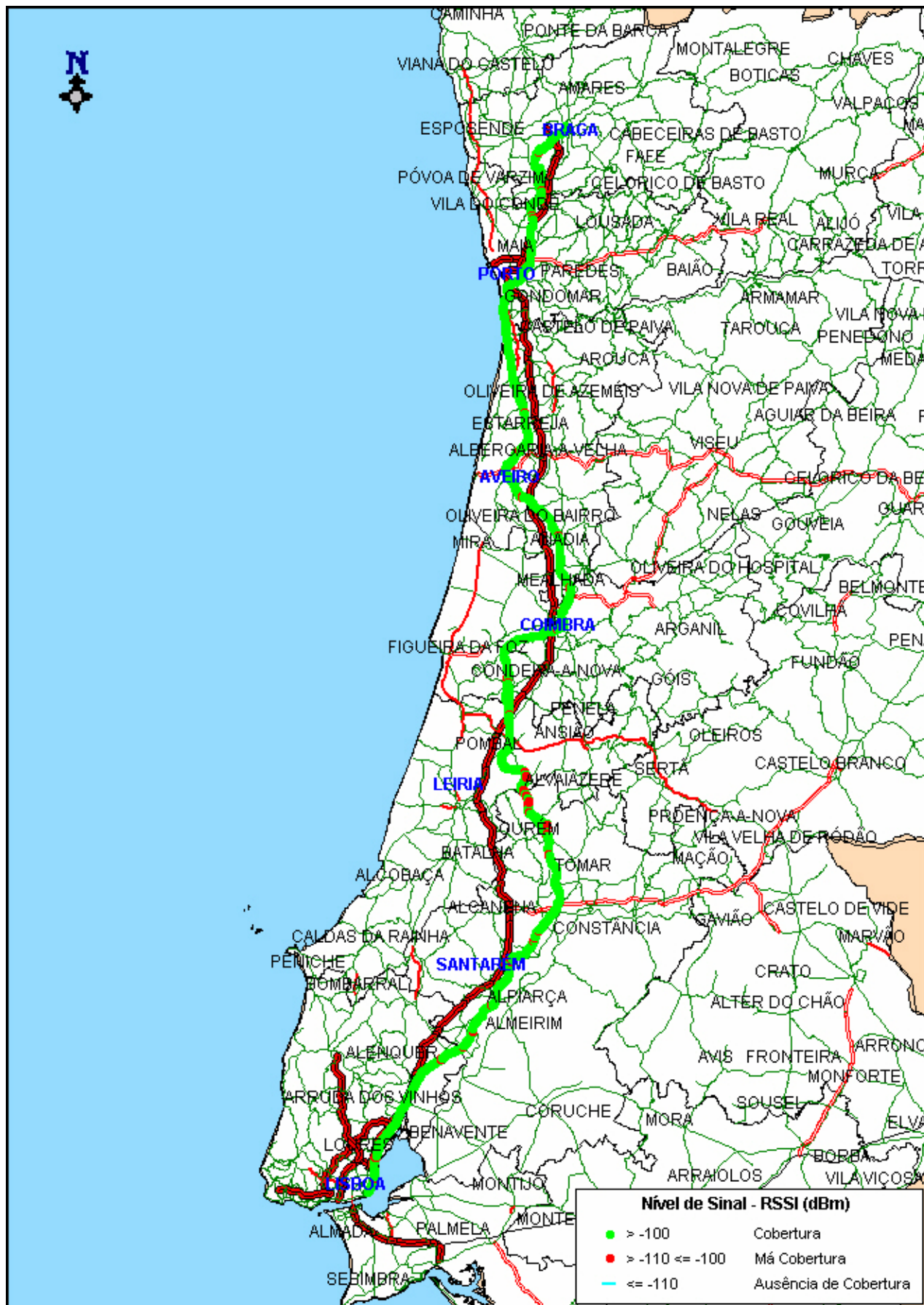
OPTIMUS - PSTN





BRAGA-LISBOA

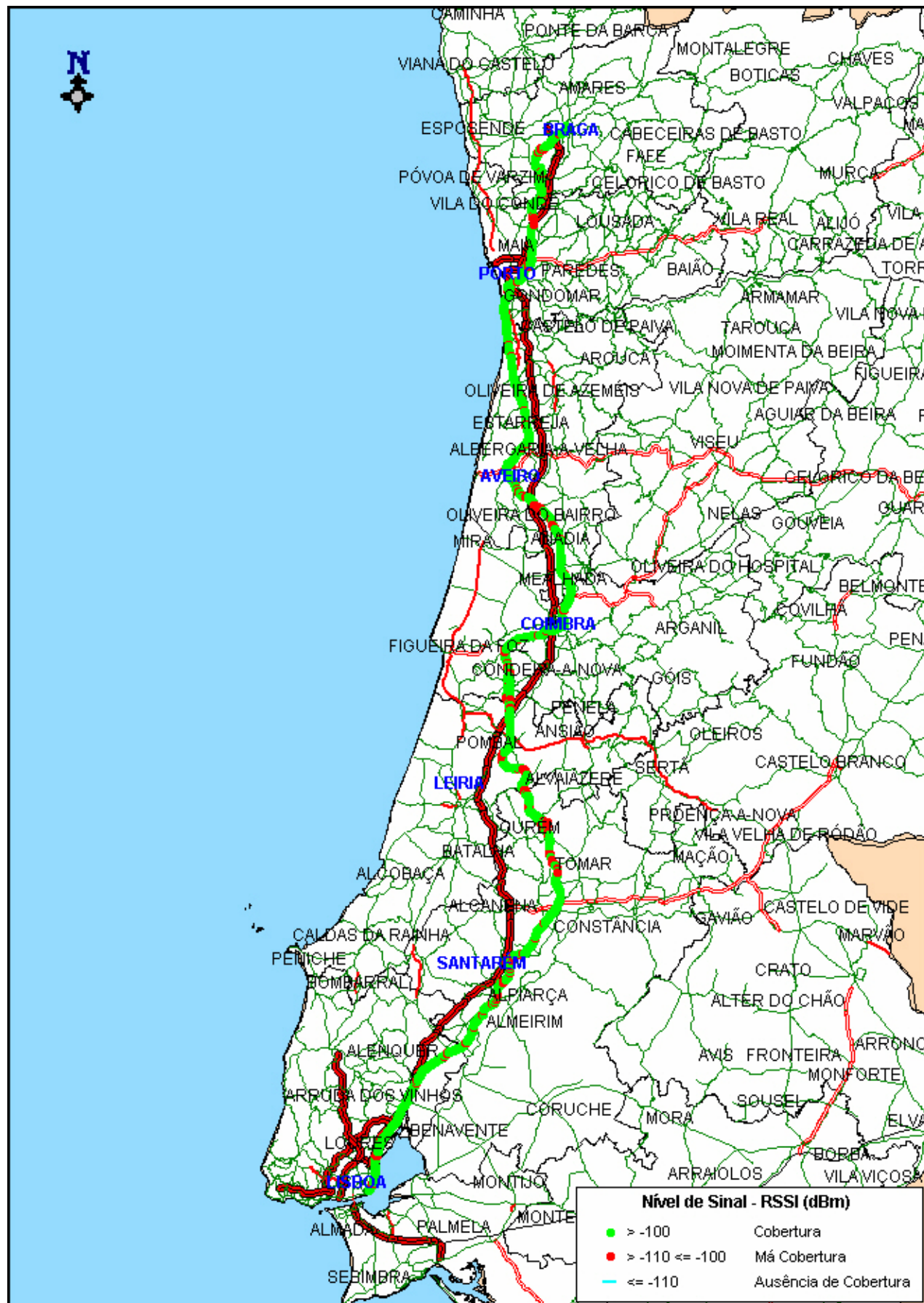
VODAFONE - PSTN





BRAGA-LISBOA

TMN - PSTN



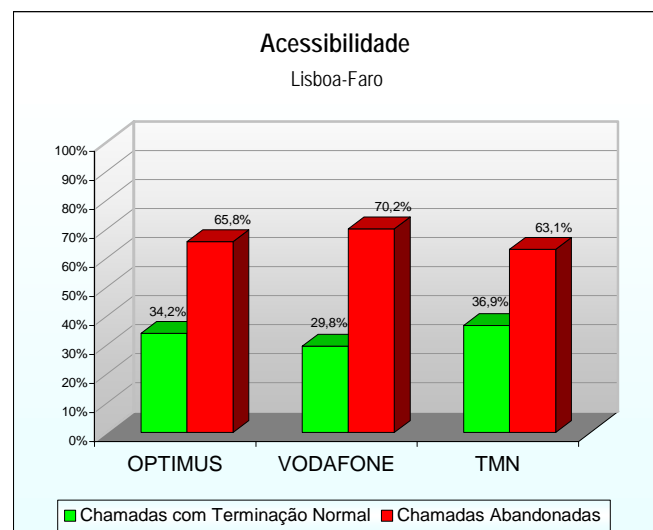
2.2 LISBOA-FARO

Sessões de Medidas realizadas em:

- 15 de Novembro de 2005 entre as 17h15 e as 20h36
- 16 de Novembro de 2005 entre as 6h35 e as 9h55
- 17 de Novembro de 2005 entre as 17h10 e as 20h16
- 18 de Novembro de 2005 entre as 6h34 e as 9h41

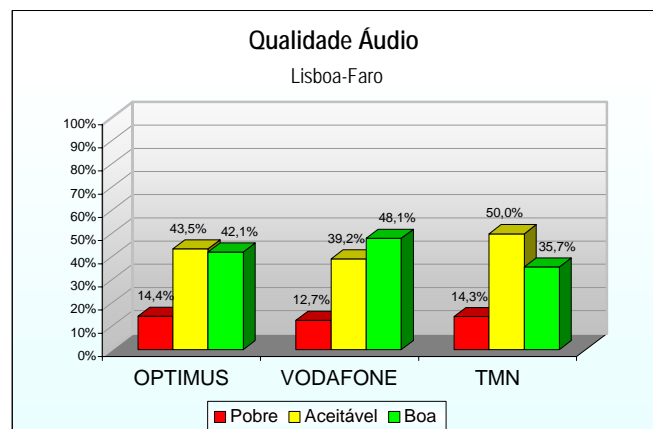
2.2.1 ACESSIBILIDADE

Chamadas Realizadas		Operador	OPTIMUS	VODAFONE	TMN
		Total	269 100%	275 100%	274 100%
Chamadas Encaminhadas	Total	159 59,1%	146 53,1%	166 60,6%	
	Abandonadas na Conversação	67 24,9%	64 23,3%	65 23,7%	
	Terminação Normal	92 34,2%	82 29,8%	101 36,9%	
Chamadas Não Encaminhadas		110 40,9%	129 46,9%	108 39,4%	
Chamadas Abandonadas	Total	177 65,8%	193 70,2%	173 63,1%	
	Causas	Sem Serviço	22 8,2%	33 12,0%	31 11,3%
		Congestão	95 35,3%	101 36,7%	32 11,7%
		Falha do Canal Radioelétrico	11 4,1%	32 11,6%	36 13,1%
		Outras	49 18,2%	27 9,8%	74 27,0%



2.2.2 QUALIDADE ÁUDIO

Chamadas com Medidas		Operador	OPTIMUS	VODAFONE	TMN
		Total	278 100%	260 100%	300 100%
Qualidade Áudio (MOS)	Pobre	40 14,4%	33 12,7%	43 14,3%	
	Aceitável	121 43,5%	102 39,2%	150 50,0%	
	Boa	117 42,1%	125 48,1%	107 35,7%	



2.2.3 COBERTURA

(Páginas seguintes)



LISBOA-FARO

OPTIMUS - PSTN





LISBOA-FARO

VODAFONE - PSTN





LISBOA-FARO

TMN - PSTN



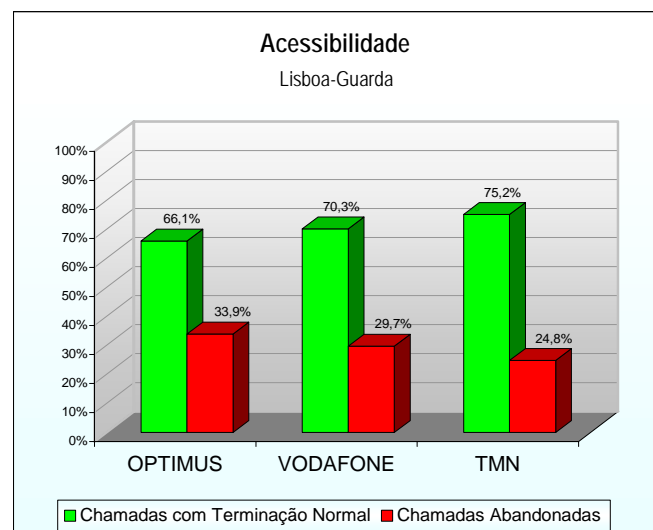
2.3 LISBOA-GUARDA

Sessões de Medidas realizadas em:

- 15 de Novembro de 2005 entre as 8h05 e as 12h16
- 16 de Novembro de 2005 entre as 11h52 e as 16h26
- 17 de Novembro de 2005 entre as 7h54 e as 12h23
- 21 de Novembro de 2005 entre as 11h50 e as 16h13

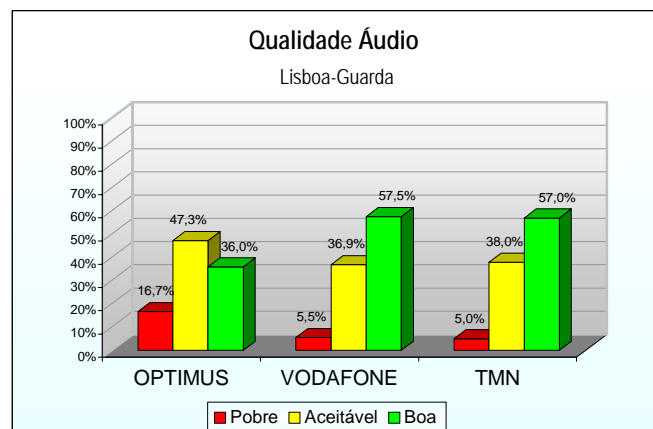
2.3.1 ACESSIBILIDADE

Chamadas Realizadas		Operador	OPTIMUS	VODAFONE	TMN
		Total	389 100%	390 100%	391 100%
Chamadas Encaminhadas	Total	338 86,9%	346 88,7%	345 88,2%	
	Abandonadas na Conversação	81 20,8%	72 18,5%	51 13,0%	
	Terminação Normal	257 66,1%	274 70,3%	294 75,2%	
Chamadas Não Encaminhadas		51 13,1%	44 11,3%	46 11,8%	
Chamadas Abandonadas	Total	132 33,9%	116 29,7%	97 24,8%	
	Causas	Sem Serviço	6 1,5%	7 1,8%	5 1,3%
		Congestão	65 16,7%	56 14,4%	30 7,7%
		Falha do Canal Radioelétrico	26 6,7%	43 11,0%	30 7,7%
		Outras	35 9,0%	10 2,6%	32 8,2%



2.3.2 QUALIDADE ÁUDIO

Chamadas com Medidas		Operador	OPTIMUS	VODAFONE	TMN
		Total	639 100%	669 100%	679 100%
Qualidade Áudio (MOS)	Pobre	107 16,7%	37 5,5%	34 5,0%	
	Aceitável	302 47,3%	247 36,9%	258 38,0%	
	Boa	230 36,0%	385 57,5%	387 57,0%	



2.3.3 COBERTURA

(Páginas seguintes)

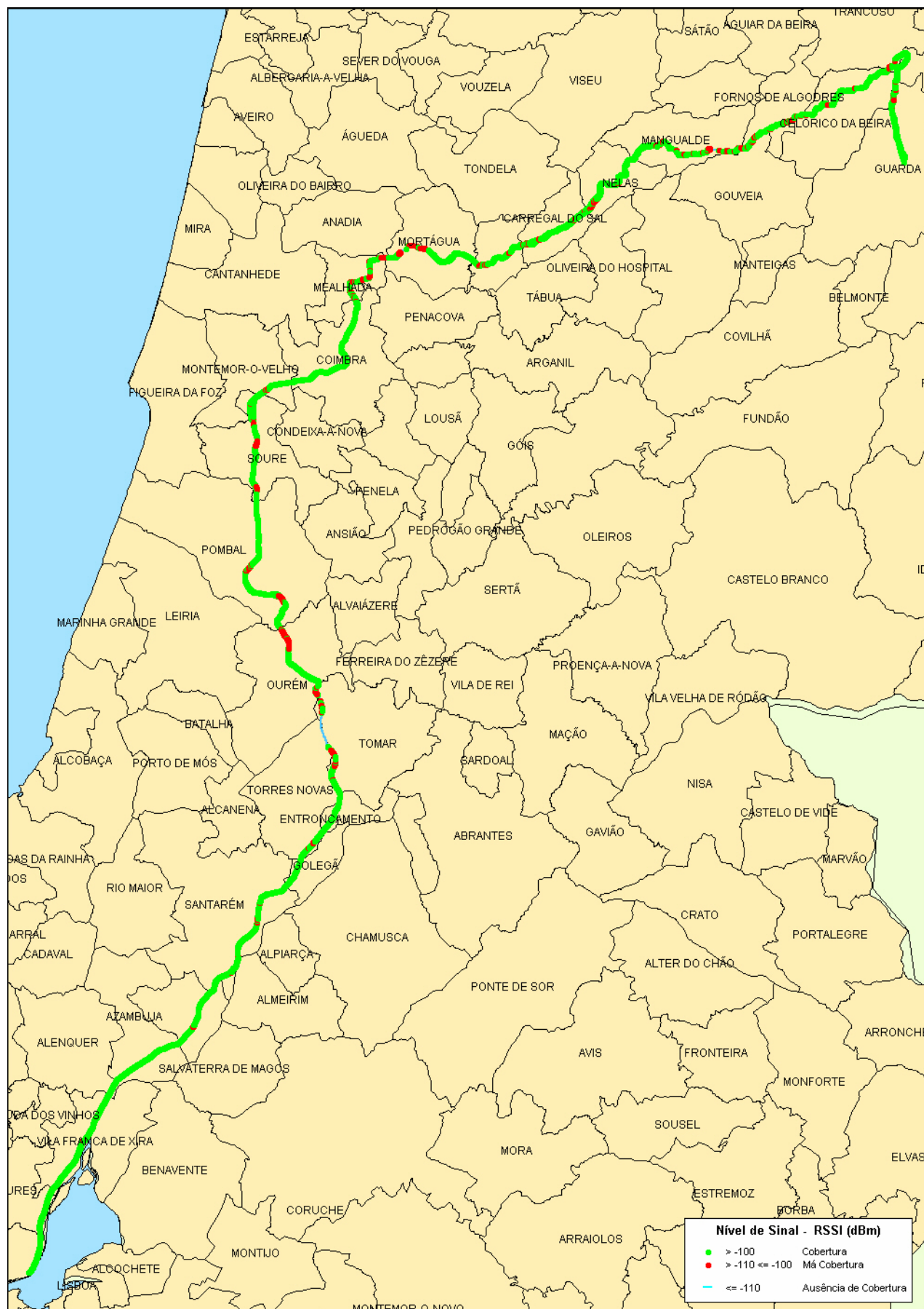


ANACOM

AUTORIDADE NACIONAL DE COMUNICAÇÕES

LISBOA-GUARDA

OPTIMUS - PSTN



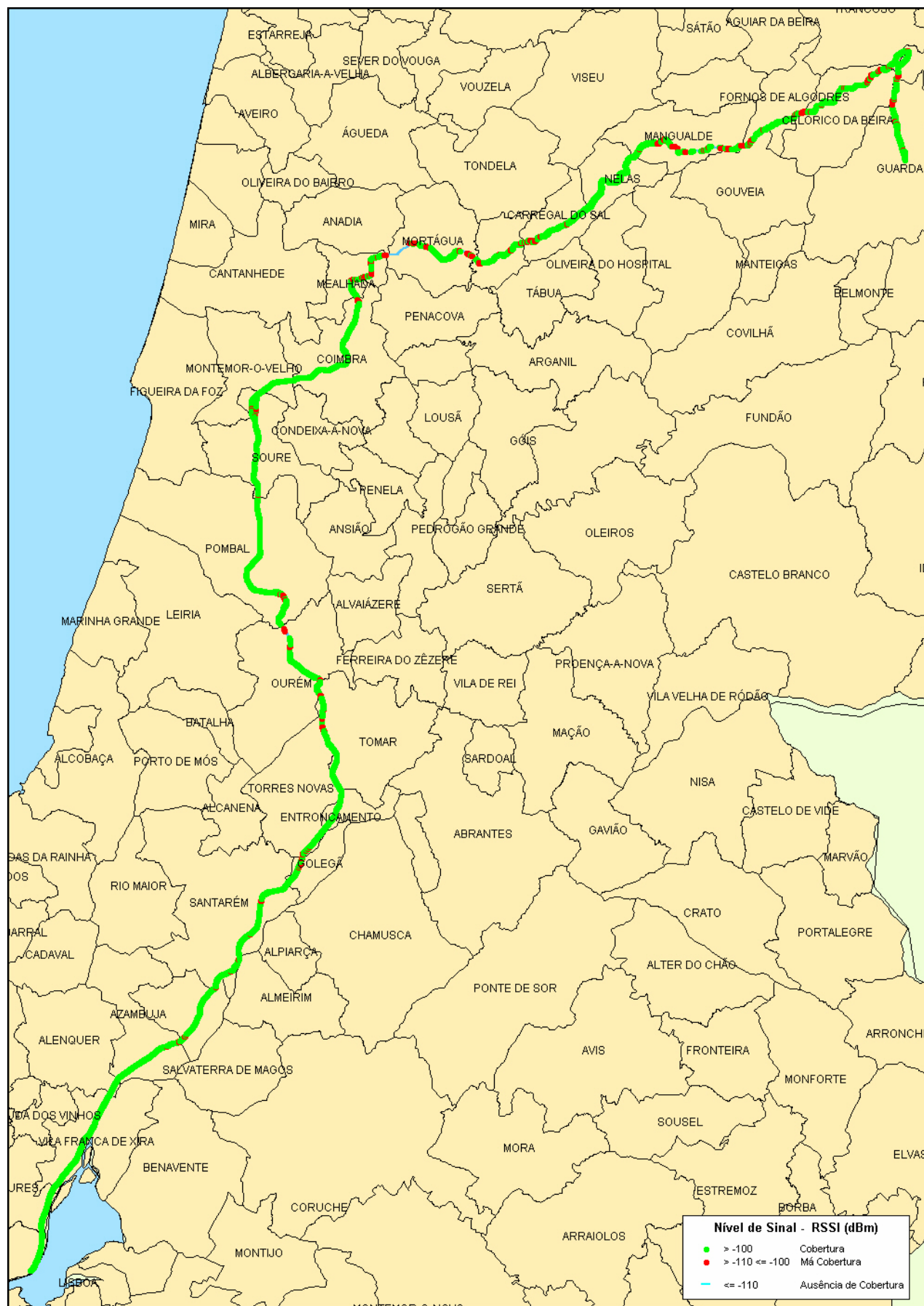


ANACOM

AUTORIDADE NACIONAL DE COMUNICAÇÕES

LISBOA-GUARDA

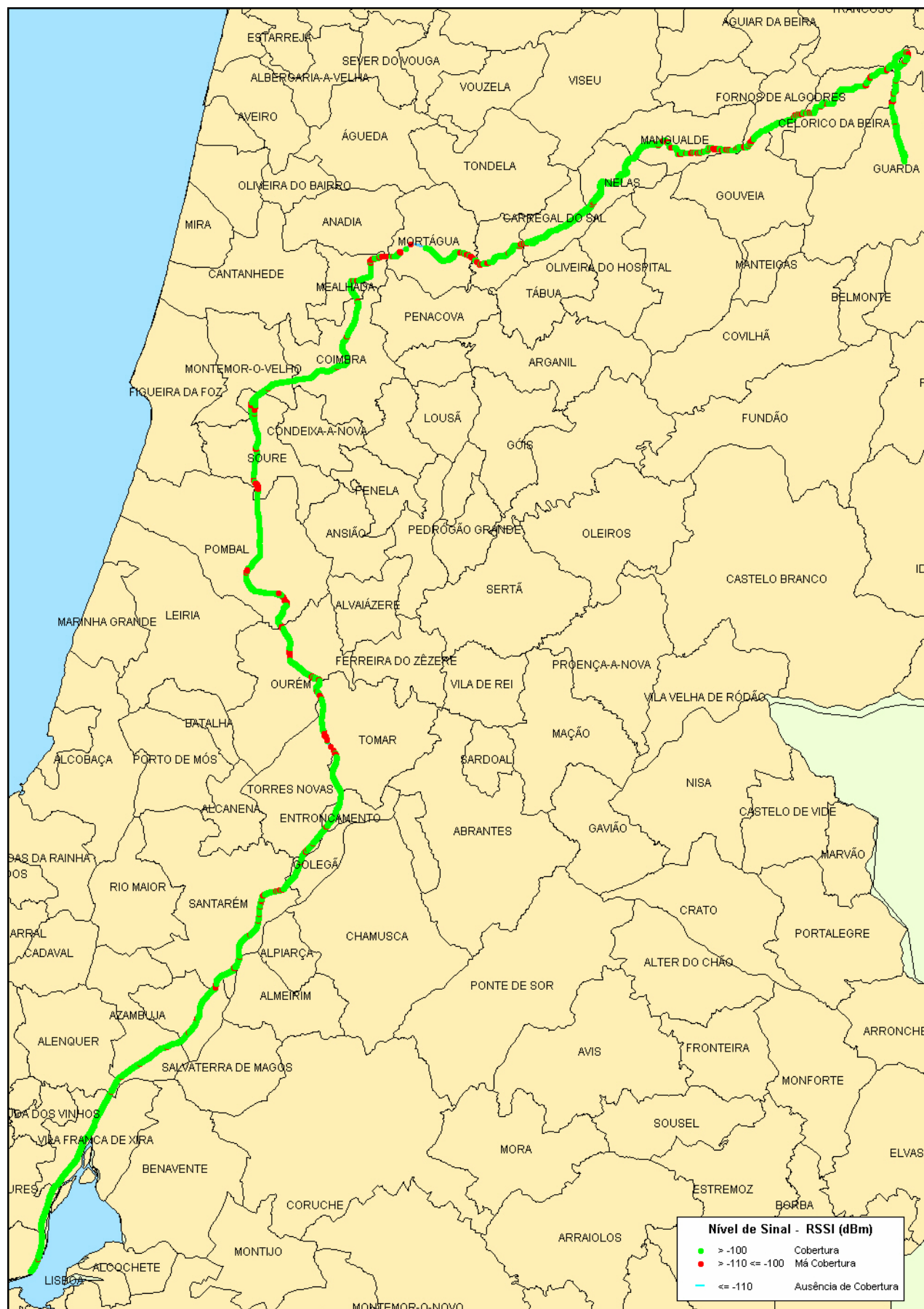
VODAFONE - PSTN





LISBOA-GUARDA

TMN - PSTN



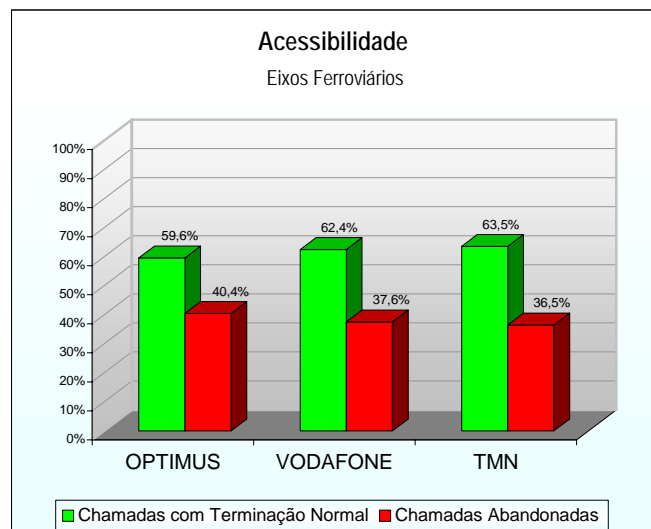
2.4 GLOBAL DOS EIXOS FERROVIÁRIOS

Precisão dos indicadores, com nível de confiança de 95%:

	OPTIMUS	VODAFONE	TMN
Acessibilidade	3,03%	2,98%	2,96%
Pobre Qualidade Áudio	1,66%	1,12%	1,25%
Aceitável Qualidade Áudio	2,53%	2,40%	2,41%
Boa Qualidade Áudio	2,45%	2,45%	2,46%

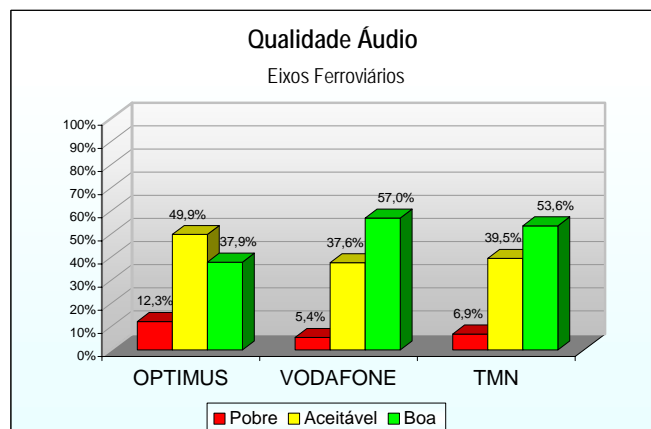
2.4.1 ACESSIBILIDADE

Chamadas Realizadas		Operador	OPTIMUS	VODAFONE	TMN	
		Total	1.007	1.017	1.014	
			100%	100%	100%	
Chamadas Encaminhadas	Total		801	819	825	
			79,5%	80,5%	81,4%	
	Abandonadas na Conversação	201	184	181		
			20,0%	18,1%	17,9%	
Terminação Normal	600	635	644			
		59,6%	62,4%	63,5%		
Chamadas Não Encaminhadas		206	198	189		
		20,5%	19,5%	18,6%		
Chamadas Abandonadas	Total		407	382	370	
			40,4%	37,6%	36,5%	
	Causas	Sem Serviço	38	41	41	
				3,8%	4,0%	4,0%
		Congestão	213	197	100	
				21,2%	19,4%	9,9%
Falha do Canal Radioelétrico		56	99	94		
		5,6%	9,7%	9,3%		
Outras	100	45	135			
		9,9%	4,4%	13,3%		



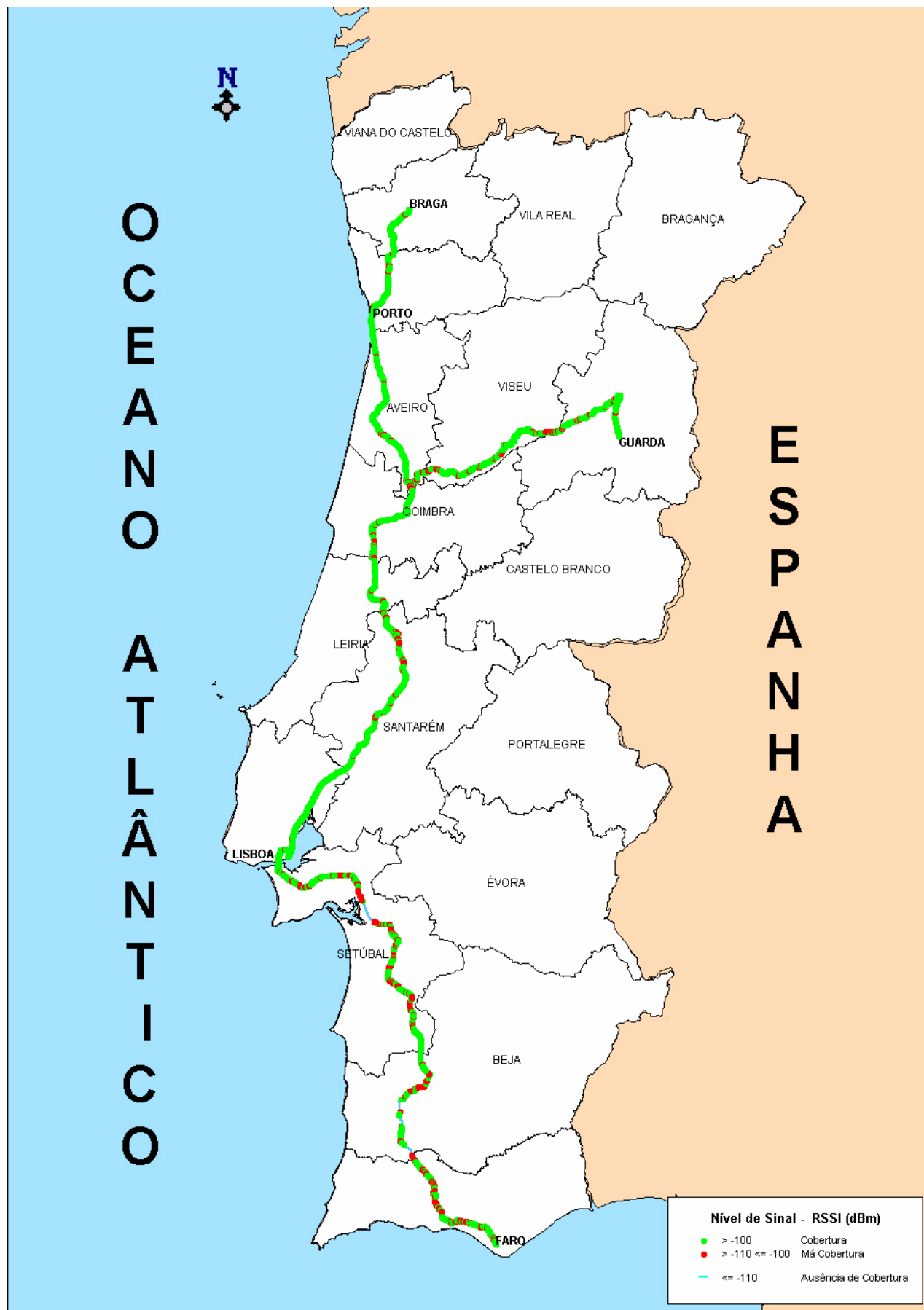
2.4.2 QUALIDADE ÁUDIO

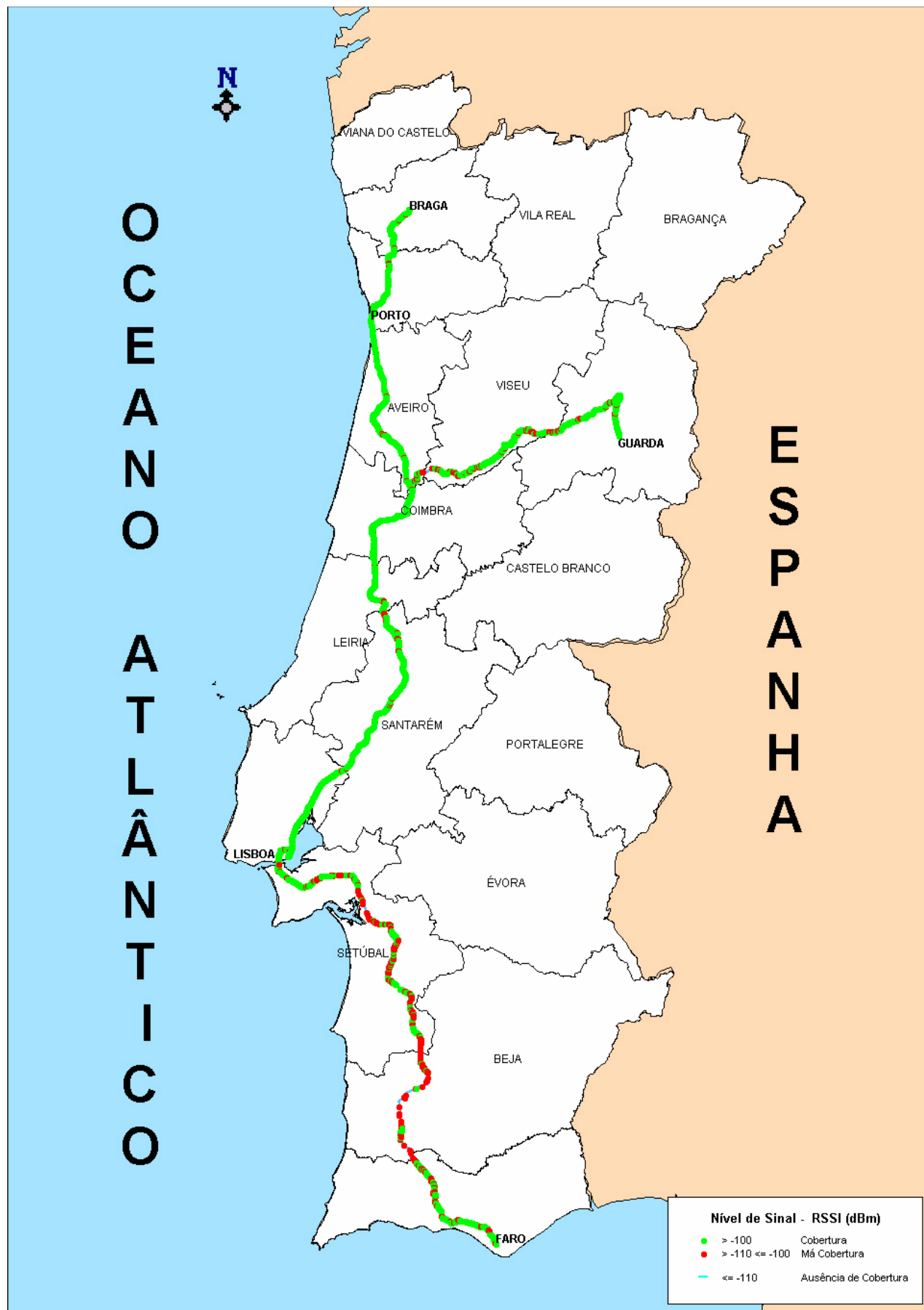
Chamadas com Medidas		Operador	OPTIMUS	VODAFONE	TMN
		Total	1.500	1.570	1.584
			100%	100%	100%
Qualidade Áudio (MOS)	Pobre	184	85	109	
			12,3%	5,4%	6,9%
	Aceitável	748	590	626	
			49,9%	37,6%	39,5%
Boa	568	895	849		
		37,9%	57,0%	53,6%	

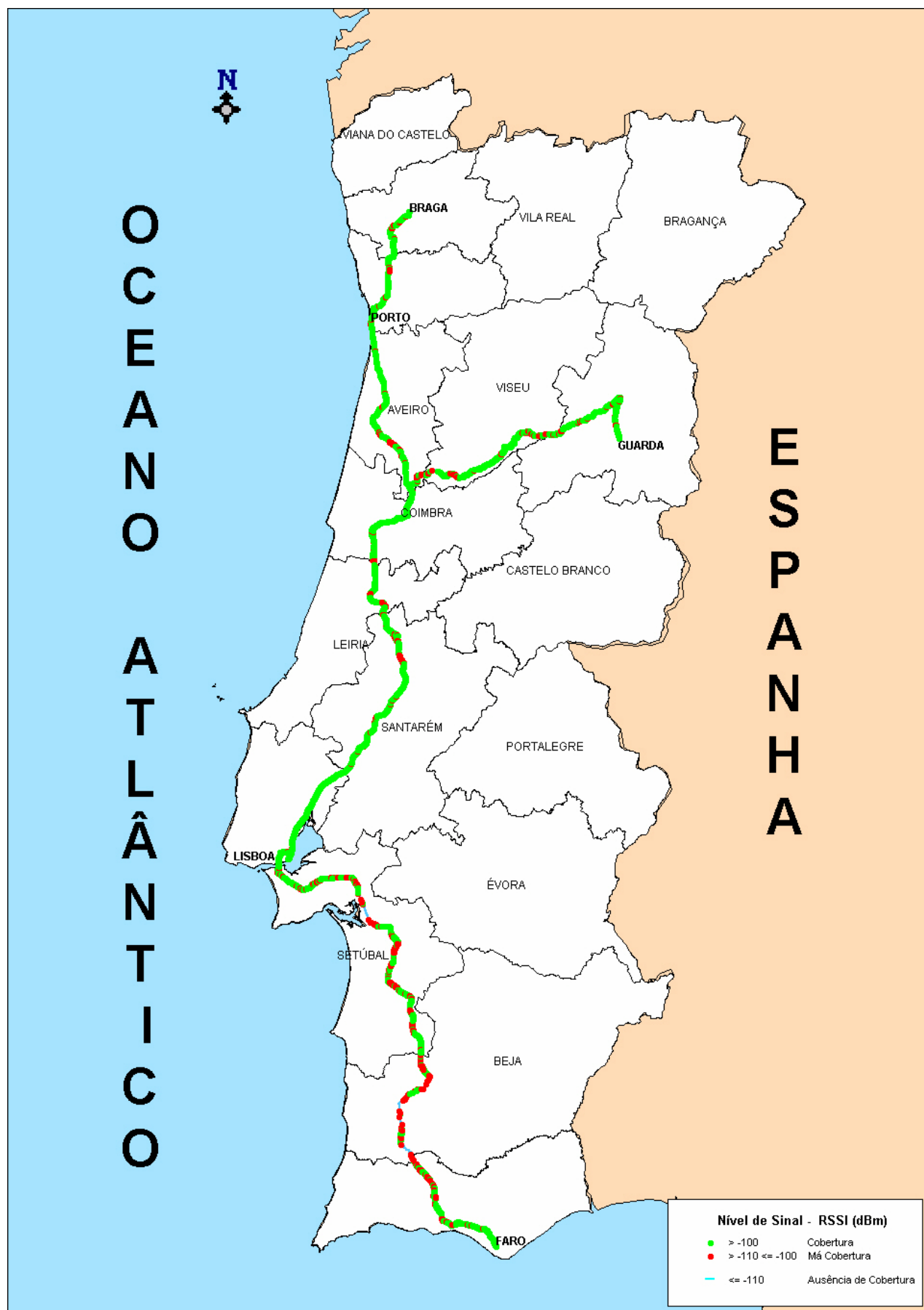


2.4.3 COBERTURA

(Páginas seguintes)







Apêndice

Definições

MOS	<i>Mean Opinion Score</i> – Índice de qualidade áudio de uma comunicação do tipo extremo a extremo. Tem o valor 0 quando não há comunicação e 5 quando a comunicação é perfeita. Os valores 0 e 5 são apenas teóricos e, por isso, nunca aparecem nas medidas. Os dados apresentados referem-se aos valores médios por chamada.
Chamadas Encaminhadas:	Chamadas telefónicas estabelecidas com sucesso pela rede e entre os dois extremos em causa ("A chamada atingiu o terminal chamado").
Abandonadas na Conversação:	Chamadas telefónicas estabelecidas com sucesso pela rede, mas que foram abandonadas na fase de conversação.
Terminação Normal:	Chamadas telefónicas estabelecidas com sucesso pela rede e que terminaram de uma forma normal.
Chamadas Não Encaminhadas:	Chamadas telefónicas não estabelecidas pela rede entre os dois extremos em causa ("A chamada não atingiu o terminal chamado").
Chamadas Abandonadas:	Chamadas que foram abandonadas, tanto na fase de estabelecimento da ligação como na fase de conversação.
Causas:	Motivos que levaram ao abandono das comunicações.
Sem Serviço:	Serviço indisponível (sem rede).
Congestão:	Congestionamento da rede.
Falha do Canal Radioelétrico:	Falha no canal Radioelétrico entre o terminal móvel e a estação de base. Pode ocorrer devido ao facto de se passar numa zona de sombra da rede em causa
Outra:	Outras causas de abandono de chamadas.
Nível de Sinal RSSI (dBm):	<i>Received Signal Strength Indication</i> – Indicação do nível de sinal recebido pelo terminal móvel.
BCCH	<i>Broadcast Control Channel</i> – Transporta informação a todos os terminais móveis (MS's) servidos por uma determinada BTS (<i>Base Transceiver Station</i>). É transmitido no modo <i>downlink</i> e transporta numerosos parâmetros, tais como: CI (<i>Cell Identity</i>), LAC (<i>Local Area Code</i>), MCC (<i>Mobile Country Code</i>), MNC (<i>Mobile Network Code</i>), Algoritmo de FH (<i>Frequency Hopping</i>).
SFT	Serviço Fixo de Telefone.
PSTN	Rede Telefónica Pública Comutada

Branca