1 Características Técnicas do Estudo

1.1 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) Cobertura: Verificação dos níveis de sinal.

O equipamento de teste utilizado permite efectuar medidas do nível de sinal recebido pelo terminal móvel. Estas medidas são efectuadas no canal de controlo BCCH[1], pelo que não são afectadas por algoritmos de *frequency hopping* e *downlink power control*.

Todas as medidas são georeferenciadas, permitindo efectuar a sua representação gráfica num mapa à posteriori, o que facilita a visualização dos níveis de cobertura de cada operador nos trajectos analisados.

Tabela 1 – Nível de sinal no canal de controlo

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

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

É verificada 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.

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

1 *Broadcast Control Channel* – Transporta informação a todos os terminais móveis (MS's) servidos por uma determinada BTS (*Base Transceiver Station*). É transmitido no modo *downlink* e transporta numerosos parâmetros, tais como: CI (*Cell Identity*), LAC (*Local Area Code*), MCC (*Mobile Country Code*), MNC (*Mobile Network Code*), Algoritmo de FH (*Frequency Hopping*).

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

Para se fazerem as medidas 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 ETSI[2] (ETR 250) e o ITU[3] (ITU-T *Recommendation* G.107). Com base neste modelo é calculado o índice MOS (*Mean Opinion Score*).

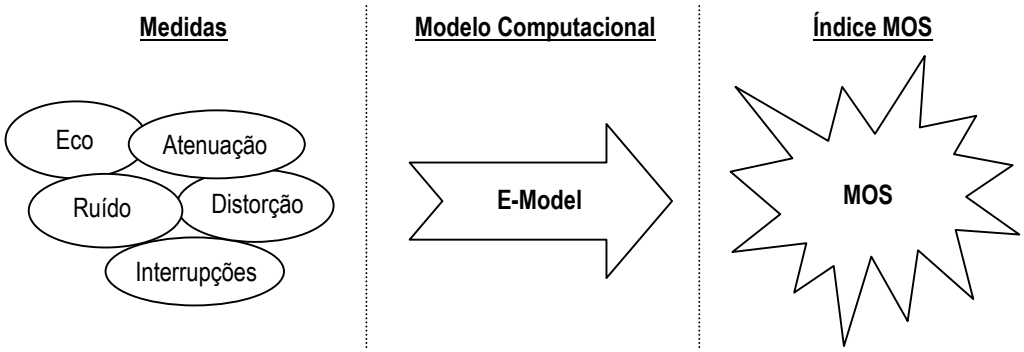


Figura 3 – Metodologia utilizada para aferição da qualidade áudio.

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.

Tabela 2 - Escala MOS

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

2 *European Telecommunications Standards Institute*.
3 *International Telecommunications Union.*

1.2 METODOLOGIA

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**.

   Os testes extremo-a-extremo apresentam como benefícios:

   - O mesmo ponto-de-vista do consumidor;
   - Reflectem os problemas da interligação que ocorrem, da forma como estes são sentidos pelos consumidores;
   - Possibilita a selecção de amostras por forma a que os resultados reflictam a realidade sentida pela generalidade dos consumidores (selecção de percursos, número e duração das chamadas, período horário de realização de medidas, etc.);
   - Permitem conhecer e localizar os problemas que afectam as redes;
   - Permitem ainda analisar e comparar o desempenho de várias redes.

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 pelo sistema. Consegue-se assim eliminar a subjectividade inerente à intervenção ou decisão humana.

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

1. Foram efectuados testes entre terminais das redes móveis e do SFT (Serviço Fixo de Telefone), que neste documento são designados “Móvel-Fixo”.

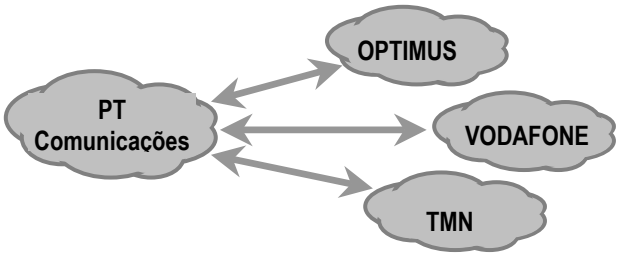
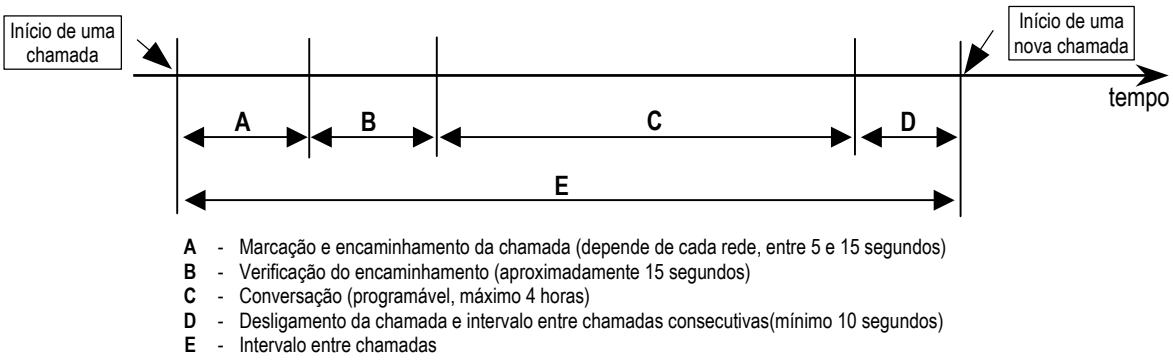


Figura 4 – Origem e Destino das chamadas de teste.

2. Durante a recolha de medidas os equipamentos terminais móveis (1 por operador) deslocaram-se ao longo do trajecto em estudo.

3. As chamadas foram inicializadas alternadamente pelos dois terminais, móvel e fixo.

4. O espaçamento temporal entre chamadas consecutivas foi de 150 segundos.



A - Marcação e encaminhamento da chamada (depende de cada rede, entre 5 e 15 segundos)
B - Verificação do encaminhamento (aproximadamente 15 segundos)
C - Conversação (programável, máximo 4 horas)
D - Desligamento da chamada e intervalo entre chamadas consecutivas(mínimo 10 segundos)
E - Intervalo entre chamadas

Figura 5 – Estrutura temporal de uma chamada de voz, realizada com o equipamento Datamat M366plus.

5. Depois do estabelecimento com sucesso da chamada, seguiu-se uma fase de conversação (simulação de uma conversação real) com duração máxima de 100 segundos[4] (inferior se a chamada foi abandonada ou o tempo de estabelecimento tiver sido longo).

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

1.3 Dados Recolhidos Durante as Medidas no Terreno

a) **MOS (*Mean Opinion Score*)** – Índice de qualidade áudio de uma comunicação do tipo extremo a extremo. Foram recolhidos os valores médios por chamada e em cada um dos extremos intervenientes na mesma.

b) **Chamadas Encaminhadas** – Chamadas telefónicas estabelecidas com sucesso pela rede e entre os dois extremos em causa ("A chamada atingiu o terminal chamado").

c) **Chamadas Não Encaminhadas** – Chamadas telefónicas não estabelecidas pela rede entre os dois extremos em causa ("A chamada não atingiu o terminal chamado").

[4] A duração média das chamadas de voz no 2.º trimestre de 2003 foi de 103,8 segundos.

d) **Chamadas Abandonadas na Conversação** – Chamadas telefónicas estabelecidas com sucesso pela rede, mas que foram abandonadas durante a fase de conversação.

e) **Chamadas com Terminação Normal** – Chamadas telefónicas estabelecidas com sucesso pela rede e que terminaram da forma esperada.

f) **Causas do Abandono das Chamadas** – Motivos que levaram ao abandono das comunicações: Sem Serviço, Congestão, Falha do Canal Radioeléctrico, outras.

g) **Nível de Sinal RSSI (*R*eceived *S*ignal *S*trength *I*ndication**, em **dBm)** – Indicação do nível de sinal recebido pelo terminal móvel.

h) **Coordenadas Geográficas** – Correspondentes aos locais onde são efectuadas as medições.

1.4 Locais Visados

Sendo o objectivo deste estudo aferir a qualidade do serviço móvel GSM, tal como ela é sentida pelos consumidores, seria desejável que fossem efectuadas medições em todos os locais em que este tipo de telecomunicações são ou poderiam ser disponibilizadas. No limite, dever-se-ia considerar toda a área geográfica de Portugal, não esquecendo o interior dos edifícios. Como se depreende, a realização de testes em todos estes locais é impraticável.

Em vez da realização exaustiva de medidas, optou-se por uma solução mais realista que consistiu na escolha de uma amostra adequada ao estabelecimento de um indicador do comportamento global das redes móveis. Neste sentido, foram escolhidos os eixos rodoviários e os maiores aglomerados urbanos, locais que reflectem uma utilização mais intensiva do serviço.

No entanto, a adopção exclusiva deste critério conduziria a uma excessiva concentração das medidas nas zonas mais densamente povoadas do litoral, pelo que se optou por considerar, além deste critério, também uma distribuição geográfica dos locais por forma a contemplar as regiões do interior.

Assim, foram efectuados testes em todas as capitais de distrito do país, alargando a área de recolha às regiões metropolitanas de Lisboa e Porto, bem como nos principais eixos rodoviários.

A população presente nos aglomerados urbanos, que constituem as localidades seleccionadas, representa 40% da população portuguesa, de acordo com os resultados dos últimos Censos (2001).

Tabela 3 – Localidades e respectiva população.

Unidade Territorial	População Residente	População Presente
Aveiro	73.136	76.415
Beja	35.659	37.001
Braga	163.981	165.048
Bragança	34.689	37.170
Castelo Branco	55.909	56.280
Coimbra	148.122	159.039
Évora	56.359	58.564
Faro	57.151	59.527
Guarda	43.759	44.593
Leiria	119.319	119.065
Portalegre	25.814	26.511
Santarém	63.418	63.106
Setúbal	113.480	112.227
Viana do Castelo	88.409	86.355
Vila Real	49.928	52.129
Viseu	93.259	93.041
Total	**1.222.392**	**1.246.071**
Grande Porto		
Porto	262.928	266.790
Gondomar	163.462	159.547
Maia	119.718	117.539
Matosinhos	166.275	162.671
Vila Nova de Gaia	287.597	280.466
Total	**999.980**	**987.013**
Grande Lisboa		
Lisboa	556.797	559.248
Amadora	174.788	169.507
Cascais	168.827	166.539
Loures	198.685	193.320
Oeiras	160.147	157.152
Sintra	363.556	351.976
Almada	159.550	156.746
Seixal	150.095	146.843
Odivelas	132971	130569
Total	**1.932.445**	**1.901.331**
Total Global	**4.154.817**	**4.134.415**

Fonte: INE - Instituto Nacional de Estatística

Tabela 4 – Eixos Rodoviários

Eixo Rodoviário	**Distância Aproximada** (Km)
Lisboa-Sintra-Cascais-Lisboa (A5 + IC19)	60
Lisboa-Porto (A1)	320
Lisboa-Torres Novas-Castelo Branco (A1 + IP6 + IP2)	240
Lisboa-Vila Real de S^{to}. António (A2 + A22)	335
Vila Real de S^{to}. António-Lagos (EN 125)	135
Lisboa-Évora-Elvas (A2 + A6)	210
Porto-Braga-Valença-Viana do Castelo-Porto (A3 + IC1)	240
Porto-Bragança (A4 + IP4)	250
Aveiro-Vilar Formoso (IP5)	200
Vila Real-Figueira da Foz (IP3)	245

1.5 Cálculo da Dimensão da Amostra

Recorrendo aos resultados do estudo de aferição da qualidade de serviço das redes móveis GSM realizado em 2002, estimou-se a variância das variáveis **Terminação da Chamada**, **Estabelecimento da Chamada** e **Qualidade Áudio**, para cada um dos aglomerados urbanos e eixos rodoviários, por operador móvel.

O Universo considerado foi o "Número de Chamadas GSM" por ano em Portugal Continental. As variâncias foram depois utilizadas para estimar a dimensão mínima da amostra (número de chamadas de teste) necessária para garantir a precisão E com um intervalo de confiança de 95%, por aglomerado urbano ou eixo rodoviário e por operador.

$$n = \left[\frac{Z(\alpha/2) * \sigma}{E} \right]^2$$

Foram testados vários valores de precisão E, quer em percentagem para a **Terminação** e **Estabelecimento da Chamada**, quer em escala 0,5 a 4,5 para a **Qualidade Áudio**, até obter o melhor compromisso precisão *vs.* dimensão da amostra. Os valores encontrados para E foram respectivamente +/-3% e +/-0,1. De notar que a partir de um determinado ponto os ganhos marginais de aumentar a dimensão da amostra são quase nulos.

Depois de converter o número de chamadas amostrais necessárias em cada aglomerado urbano ou eixo rodoviário para valores de tempo, os resultados apontavam invariavelmente para fracções de um dia de medidas. Considerando a necessidade de se analisar também a variável **cobertura**, arredondou-se esse valor para um dia inteiro de medidas na maioria dos casos. Na Grande Lisboa e Grande Porto as medidas decorreram durante 5 e 2,5 dias, respectivamente.

Previa-se, assim, que os resultados teriam, a 95% de confiança, uma precisão superior a +/-3% e +/-0,1, o que se veio a confirmar.

Conseguiu-se assim, optimizar a dimensão da amostra do estudo QoS-GSM e o consequente tempo de recolha de dados.

Tabela 5 – Resultados dos cálculos da dimensão da amostra

Cálculo da dimensão da amostra para um intervalo de confiança de 95% [número de chamadas]									
	Acessibilidade						Qualidade Áudio		
	Precisão: 3%						Precisão: 0,1		
	Terminação da Chamada			Estabelecimento da Chamada					
	Optimus	Vodafone	TMN	Optimus	Vodafone	TMN	Optimus	Vodafone	TMN
Aveiro	17	17	35	0	0	0	45	63	84
Beja	0	0	25	0	0	25	39	61	73
Braga	89	128	161	122	192	98	84	83	98
Bragança	25	25	0	50	0	25	45	59	69
Castelo Branco	0	70	18	18	0	35	80	29	52
Coimbra	64	50	64	87	38	135	61	69	88
Évora	35	17	0	17	0	35	65	41	71
Faro	17	17	0	0	0	0	69	61	73
Guarda	25	25	26	25	50	122	58	77	94
Leiria	13	0	76	38	13	63	65	61	81
Portalegre	26	26	77	75	100	100	60	24	49
Santarém	0	52	75	18	18	295	69	48	82
Setúbal	0	13	38	25	99	13	65	41	83
Viana do Castelo	0	36	87	17	103	86	53	48	92
Vila Real	19	18	53	234	121	35	44	65	66
Viseu	18	53	35	35	18	18	57	80	79
Grande Porto	47	100	83	79	167	119	71	95	88
Grande Lisboa	72	89	129	94	148	183	77	77	91
A5+IC19	63	96	148	62	160	208	80	92	91
A1	31	31	30	103	159	88	70	81	81
A1+IP6+IP2	32	48	48	78	47	47	77	69	66
A2+A22	14	27	40	66	104	40	61	61	74
EN125	34	34	0	17	0	66	68	79	64
A2+A6	44	23	68	44	129	130	65	61	67
A3+IC1	32	0	79	47	124	63	53	55	79
A4+IP4	15	136	76	45	145	103	56	81	77
IP5	86	70	53	35	69	102	74	77	85
IP3	107	81	146	54	80	67	83	86	82

1.6 Condições de Recolha das Medidas

Nas regiões da Grande Lisboa e do Grande Porto a recolha de dados decorreu durante as horas normais de trabalho nos dias úteis. Em cada dia foram efectuadas duas sessões de medidas: das 8h00 às 11h30 e das 16h30 às 20h00.

Nos restantes aglomerados urbanos as sessões de medida tiveram duração de 3h00, sendo efectuadas durante os períodos normais de trabalho dos dias úteis.

No que respeita aos eixos rodoviários, a recolha de dados foi feita em 2 passagens.

	Horas em Medidas	
	Previstas	Realizadas
Aveiro	6h00	6 h 12
Beja	6h00	6 h 5
Braga	6h00	6 h 12
Bragança	6h00	6 h 8
Castelo Branco	6h00	6 h 9
Coimbra	6h00	6 h 10
Évora	6h00	6 h 4
Faro	6h00	6 h 6
Guarda	6h00	6 h 6
Leiria	6h00	6 h 6
Portalegre	6h00	6 h 3
Santarém	6h00	6 h 2
Setúbal	6h00	6 h 9
Viana do Castelo	6h00	6 h 7
Vila Real	6h00	6 h 8
Viseu	6h00	6 h 8
Grande Porto	17h30	17 h 51
Grande Lisboa	35h00	35 h 55
A5+IC19	7h00	7 h 8
A1	6h00	7 h 3
A1+A23	5h00	5 h 8
A2+A22	6h00	6 h 19
EN125	5h00	4 h 58
A2+A6	4h00	4 h 15
A3+IC1	5h30	5 h 42
A4+IP4	6h06	6 h 12
IP5	5h00	5 h 6
IP3	6h06	5 h 34
Total	**204h12**	**209 h 6**

1.7 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.

Características principais:

- Permite efectuar medidas em GSM 900, DCS 1800 ou Dual-Band;
- Permite efectuar as medições a 3 operadores/redes em simultâneo;
- Permite georeferenciar todas as medidas efectuadas;
- Os dados obtidos das medidas são pós-processados com ferramentas específicas desenvolvidas pelo fabricante, permitindo a elaboração de relatórios detalhados.
- O equipamento é configurável, nomeadamente no que diz respeito à duração das chamadas, número a marcar e intervalo de tempo entre chamadas.

O equipamento é composto por dois tipos de módulos:

a) ***Base Station*****:** é constituída pelo nó fixo do sistema M366plus. Tem incorporados interfaces para 3 linhas analógicas do SFT e ainda cartas DSP[5]. Tem integrado um PC que interage com o módulo permitindo a sua configuração e manutenção.

   Este módulo realiza todas as operações que lhe são exigidas: origina e recebe chamadas de voz, efectua medidas de qualidade e armazena os dados.

b) ***Mobile Station*****:** Este módulo inclui 3 cartas controladoras de telemóveis com DSP incorporado, às quais estão ligados 3 telemóveis SAGEM OT160 *Dual Band* com EFR[6]. Inclui ainda um elemento (carta) de processamento de sinais GPS. As antenas associadas ao GPS e aos 3 telemóveis são colocadas no exterior da viatura (quando este módulo é montado em viatura). Integra ainda um PC portátil, para configuração e manutenção.

   No que respeita às operações realizadas por este módulo, são idênticas ao módulo *Base Station*: originar e receber chamadas de voz, efectuar medidas de qualidade áudio e armazenar os dados.

1.8 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.

Os ficheiros gerados pelas unidades de medida são organizados numa estrutura de base de dados, podendo o "Report" utilizar o "MS ACCESS" ou "ORACLE" para esse efeito.

Com esta ferramenta é possível obter diversos relatórios de uma sessão simples ou múltipla, com diferentes graus de detalhe.

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.

[5] Processador Digital de Sinal
[6] *Ehanced Full Rate* – Codificador/Descodificador de voz que possibilita qualidade áudio comparável à telefonia fixa.