

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 e da disponibilidade GPRS/3G no visor do equipamento terminal);
- 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);
- 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 GSM/WCDMA)

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 WCDMA¹.

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

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

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

2.2.2 SERVIÇO DE VOZ

2.2.2.1 ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO

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

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

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

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

Este indicador quantifica a perceptibilidade da conversação durante uma chamada de voz. 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*².

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 \u00e1udio percebida (*Mean Opinion Score – Listening-only Quality Objective*).

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

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

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

Os resultados da aplica\u00e7\u00e3o do algoritmo s\u00e3o apresentados numa escala do tipo MOS (*Mean Opinion Score*) de 1 a 5 designada por *MOS_LQO* (*Mean Opinion Score – Listening-only Quality Objective*), tal como indicado na Tabela 2. A escala MOS quantifica o esfor\u00e7o necess\u00e1rio para se perceber uma comunica\u00e7\u00e3o. Apresenta como limites os valores 0 (zero), quando n\u00e3o h\u00e1 comunica\u00e7\u00e3o, e 5 (cinco), quando a comunica\u00e7\u00e3o \u00e9 perfeita. O valor “zero” nunca aparece nos resultados porque apenas s\u00e3o consideradas situa\u00e7\u00f5es em que a liga\u00e7\u00e3o foi estabelecida e mantida durante um per\u00edodo pr\u00e9-definido. O “cinco” tamb\u00e9m n\u00e3o ocorre nos resultados porque os *CoDec*³, utilizados pelas redes m\u00f3veis, n\u00e3o possibilitam t\u00e3o elevado valor de qualidade de voz (a qualidade de voz obtida com os *CoDec* normalmente utilizados apresenta valores de MOS inferiores a 4,5).

Tabela 2 - Escala *MOS_LQO*

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

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

³ *CoDec* – Codificador/Descodificador.

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

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

2.3 PERFIS DE MEDIDA⁴

Os perfis de medida definem um conjunto de condições, que devem ser acauteladas, para a correcta aferição da qualidade dos serviços e garantia da fiabilidade dos testes. Contemplam ainda a normalização de processos e a definição de parâmetros de teste e medida, de forma a permitirem a exequibilidade das análises e a comparabilidade dos resultados obtidos.

2.3.1 ASPECTOS GERAIS

Os testes são realizados de forma totalmente automática com recurso ao sistema *Seven.Five* (durante a execução de um teste não há qualquer intervenção ou decisão humana).

As medidas são realizadas em movimento, utilizando viaturas automóveis com antenas exteriores (sem ganho). Todos os parâmetros recolhidos são georeferenciados, permitindo a sua posterior representação em cartografia digital.

2.3.2 COBERTURA

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

As medidas são efectuadas com um equipamento adequado e dedicado exclusivamente a esta tarefa –

⁴ Os perfis de medida, aqui apresentados, têm por base as especificações técnicas ETSI TS 102 250, nomeadamente a parte 5 (ETSI TS 102 250-5 V1.3.1 (2005-11)), e ETSI EG 202 057, nomeadamente as partes 3 e 4 (ETSI EG 202 057-3 V1.1.1 (2005-04) e ETSI EG 202 057-4 V1.1.1 (2005-10)).

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 1 e 3 segundos, respectivamente. Posteriormente, as amostras recolhidas são analisadas e apenas as que apresentarem os melhores valores de nível de sinal, em cada ponto e para cada tecnologia e operador, são consideradas.

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 SERVIÇO DE VOZ

O serviço de voz é avaliado extremo-a-extremo, utilizando-se a “chamada” como unidade base de teste.

As chamadas de teste são estabelecidas entre equipamentos terminais móveis e equipamentos terminais de uma rede fixa (RDIS).

Tendo em conta o objectivo deste estudo, para a realização dos testes foram utilizados dois terminais móveis, por operador, em que um deles foi forçado a utilizar apenas a tecnologia GSM enquanto que o outro foi configurado para seleccionar automaticamente as infra-estruturas GSM e UMTS.

Os equipamentos terminais móveis deslocam-se no trajecto/local em estudo e as chamadas neles originadas, e terminadas nos terminais RDIS, designam-se MOC (*Mobile Originated Call*).

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 ainda que o impacto deste extremo nos indicadores de desempenho dos serviços em análise seja mínimo. Por estas razões, no segundo extremo das chamadas de teste é utilizado um terminal de rede fixa (RDIS). As chamadas originadas neste extremo, e terminadas no terminal móvel que se encontra no local em teste, designam-se MTC (*Mobile Terminated Call*).

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. São ainda analisadas as capacidades de estabelecimento e retenção 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.

Tendo em vista a comparação do desempenho de vários operadores (*benchmark*), é utilizada uma janela temporal fixa para realização de cada chamada. Caso ocorra uma falha de chamada, tanto na fase de estabelecimento como na fase de conversação, a chamada seguinte só terá início quando chegar a janela temporal seguinte. 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.

Parâmetros de Teste:

- ▶ 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.

2.4 SISTEMA DE TESTE/MEDIDA E PÓS-PROCESSAMENTO

Nas medidas no terreno e no seu pós-processamento foi utilizado o sistema *Seven.Five/NetQual*, concebido e desenvolvido pela *SwissQual, A.G.* (Suíça). 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. **7.5 Multi** – Unidade Móvel, com *scanner* de RF e equipamentos terminais móveis comerciais (no estudo realizado foram utilizados terminais NOKIA 6680);
- b. **Land Unit** – Unidade Fixa, com cartas de interface RDIS, utilizada para testes de voz;
- c. **Video Call Server** – Unidade Fixa, com equipamentos terminais móveis comerciais (também NOKIA 6680), utilizado para testes de videotelefonia;
- 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.

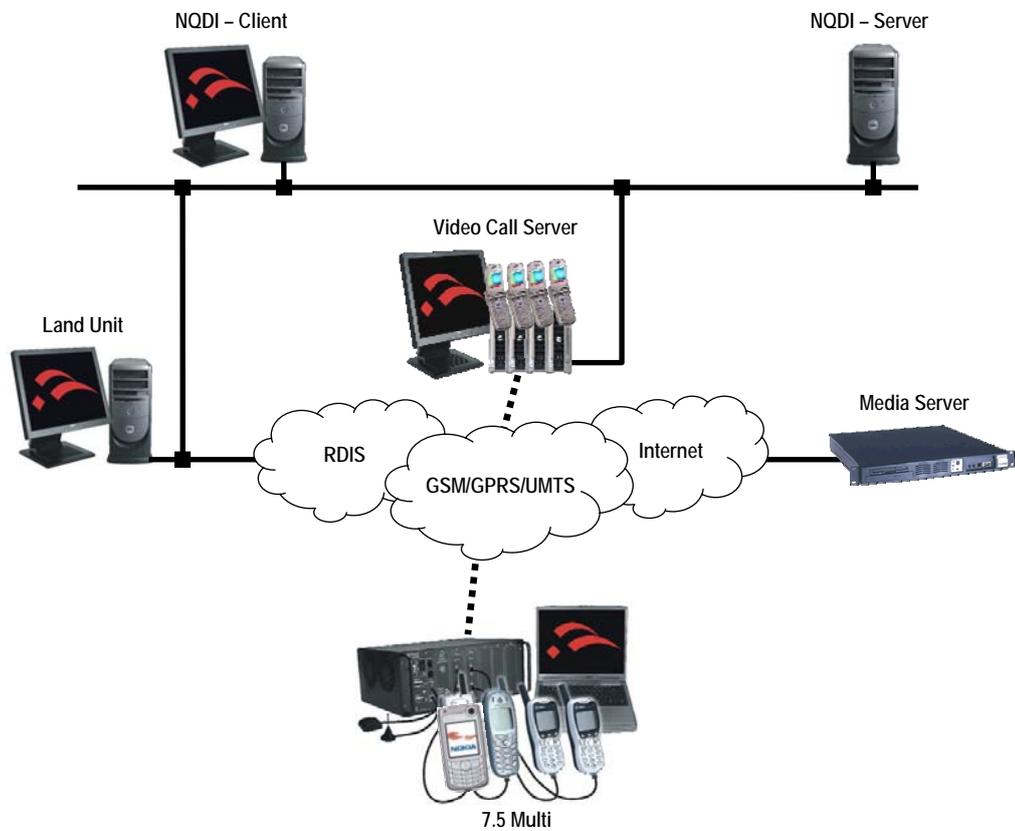


Figura 1 – Arquitectura do sistema *Seven.Five/NetQual*