ANTÓNIO VASSALO

SERVIÇOS DE COMUNICAÇÕES ELETRÓNICAS — DO PARADIGMA ANALÓGICO AO DIGITAL

Enquadramento

Desde a descoberta do telefone por Alexander Graham Bell, em 1876, os serviços de telecomunicações evoluíram de forma surpreendente ao longo dos anos, oferecendo às sociedades funcionalidades cada vez mais sofisticadas. Essa dinâmica esteve e está intrinsecamente dependente dos progressos tecnológicos. Neste quadro, a elaboração de um texto que permita compreender razoavelmente a evolução do mercado de telecomunicações nas últimas três décadas exige obrigatoriamente a referência às tecnologias de base nos diferentes momentos, incluindo algumas considerações que permitam uma perceção, ainda que simplificada, dos conceitos e das diferenças mais relevantes entre os modelos tecnológicos analógico e digital.

Este exercício, se conduzido com alguma profundidade, implicaria, quer pelos complexos detalhes de engenharia que estão associados às duas tecnologias, quer pelas diferenças de capacidade, efetiva e potencial, em termos da sua utilização na prestação de serviços de SI/TI, no desenho de modelos de negócio e impacto no funcionamento dos mercados relacionados, a inclusão de variáveis em número e complexidade, aspetos que não serão densificados neste texto.

Neste quadro, o conteúdo que se segue procura, através de uma lógica sintética e sequencial, reunir um conjunto de elementos que permita a compreensão básica destes dois modelos, por parte de um público não especialista em tecnologias de informação e comunicação, nomeadamente na representação da informação e seu tratamento, bem como no estabelecimento de lógicas de interdependência com impacto direto e indireto na configuração dos mercados e, naturalmente, na sua regulação.

Modelos analógico e digital

Para uma melhor perceção dos modelos analógico e digital e das correspondentes tecnologias de base utilizadas no suporte dos serviços de telecomunicações, é necessário compreender os dois conceitos e as suas diferenças, bem como as respetivas vantagens e desvantagens, considerando os aspetos tecnológicos, funcionalidades, usabilidade, eficiência e respetivos impactos no modelo de negócio.

Os fenómenos que nos rodeiam são, na sua larga maioria, analógicos. Isto é, são caraterizados por comportamentos de variação contínua no tempo, de que são exemplos a temperatura, o som e a luz. Por outras palavras, o registo da variação da temperatura num intervalo de tempo, pode ser representado graficamente por uma curva característica, cuja amplitude pode assumir qualquer valor pertencente a um intervalo.

É de referir, todavia, que mesmo nos dias de hoje nem sempre o digital apresenta méritos superiores ao analógico. A preferência dos profissionais de áudio pela tecnologia analógica, resulta de uma maior linearidade no tratamento do sinal (reprodução, amplificação), oferecendo vantagens em termos de qualidade áudio, uma vez que o sinal que é reproduzido é teoricamente coincidente com o sinal original, sem perdas e, portanto, mais fiel e, nesta perspetiva, de melhor qualidade.

Qualquer tipo de informação pode ser transmitido através de um sinal analógico ou digital. Sinais analógicos podem ser convertidos em digitais e vice-versa. A voz humana (analógica) depois de digitalizada pode ser processada e transmitida usando redes digitais, com enormes vantagens técnicas, operacionais e de usabilidade.

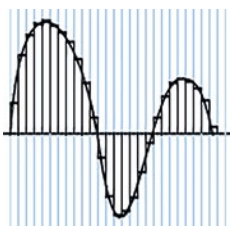


FIGURA 1 — Processo de digitalização

Um sinal digital caracteriza-se por um conjunto finito de valores discretos no tempo. De uma forma simplificada, podemos representar o comportamento de um sinal digital como um gráfico de barras.

Neste contexto, o sinal digital constitui uma aproximação à realidade (que, como vimos, é analógica) e resulta de uma transformação que integra três componentes: amostragem, quantificação e codificação.

A amostragem é o processo que consiste na obtenção de amostras de um sinal contínuo, em intervalos de tempo igualmente espaçados. A frequência de amostragem deve ser suficientemente rápida, de modo a permitir a reconstrução do sinal para o formato analógico original com uma excelente qualidade da transformação para digital.

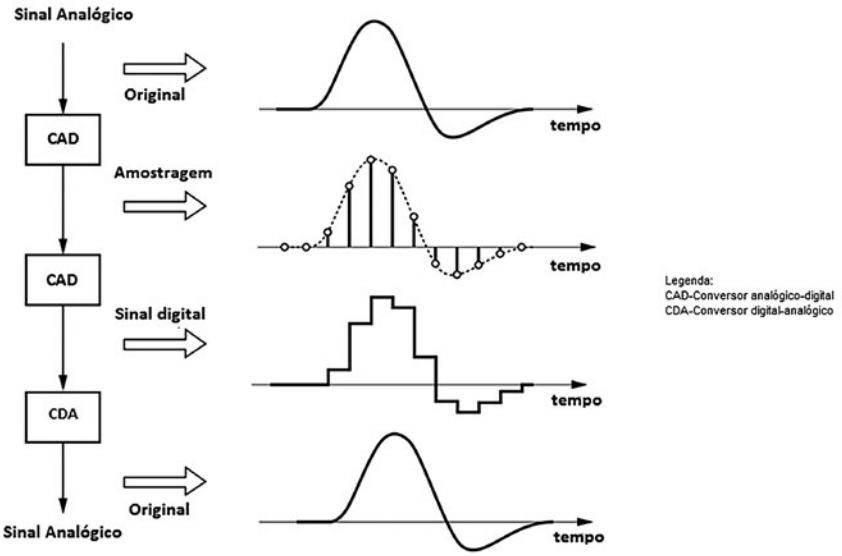
A quantificação é o segundo passo da digitalização e consiste num processo de conversão de um sinal amostrado num outro sinal, o qual apenas pode assumir um número limitado de valores — o sinal quantificado. Cada amplitude é associada ao nível de quantificação que lhe está mais próximo, correspondente ao nível que minimiza o erro absoluto na transformação.

A codificação consiste em associar um grupo de dígitos binários (*bits*), designado por palavra de código ou simplesmente código, a cada um dos valores quantificados. Este processo gera uma sequência de códigos binários, designada por sinal digital, passível de ser reconvertido posteriormente no sinal analógico original. Assim, por exemplo, se o número de *bits* do sinal quantificado for 8, o sinal terá 256 níveis possíveis (2^8) considerando o código binário (2 estados possíveis, 0 ou 1).

A qualidade do sinal digital (maior semelhança com o sinal original) dependerá da frequência de amostragem e do número de *bits* utilizado na quantificação do sinal. Quanto maior for a frequência de amostragem (ou taxa de amostragem), melhor e mais fiel será a representação do sinal original (analógico).

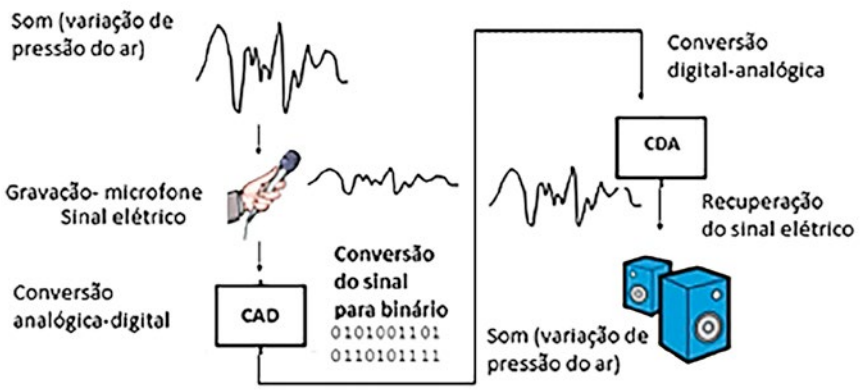
Para uma melhor perceção destes mecanismos, vejamos mais um exemplo de representação simbólica relativamente ao processo de conversão analógico-digital e processo inverso de conversão digital-analógico:

FIGURA 2 — Processo de conversão analógico-digital e digital-analógico



Exemplo: Gravação e reprodução de áudio

FIGURA 3 — Caso prático de conversão analógico-digital e digital-analógico



Um *bit* (abreviação de dígito binário) é a menor unidade de dados de um computador e possui um único valor binário, 0 ou 1. Embora os computadores genericamente processem *bits*, geralmente são projetados para armazenar dados e executar instruções em *bytes* — múltiplos de *bits*. Um *byte* é composto por uma sequência de oito *bits* e pode representar uma letra/caracter, um algarismo, um símbolo ou outras informações, consoante a utilização em causa. Esta unidade é também a mais generalizada para indicar a dimensão de um ficheiro ou a capacidade de armazenamento, por exemplo a quantidade de memória num computador.

Em telecomunicações, os *bits* são codificados para serem transferidos através de uma rede, usando sinais elétricos e/ou de luz (laser), neste segundo caso quando é usada fibra ótica. Por exemplo, uma velocidade de 200 Mbps corresponde a um ritmo de transferência de dados de 200 milhões de *bits* por segundo.

Recorrendo a outro exemplo prático simples, pode ser referido que a profundidade de cor de um ecrã é geralmente medida em termos de *bits*. As imagens de cores reais (maior definição) são apresentadas com maior número de *bits* por píxel. Quanto maior for a resolução da imagem, maior quantidade de bits é exigida.

Também no processo de encriptação, em que são usadas chaves digitais, cujo comprimento é expresso em número de *bits*, quanto maior o número de *bits* utilizados no algoritmo mais eficaz (mais segura) é a chave e o nível de proteção dos dados.

A tecnologia digital oferece um conjunto de vantagens, praticamente impossíveis de imaginar com tecnologias com suporte analógico, designadamente:

- É mais eficiente em termos do rácio informação/dados e em matéria de consumo energético;
- Permite mais facilmente assegurar uma melhor qualidade de transmissão, por exemplo numa chamada de voz, uma vez que podem ser utilizados mecanismos de correção de erros e de tratamento numérico do ruído associado, de modo a otimizar a relação sinal/ruído;
- Assenta na utilização de equipamentos de tecnologia de base tendencialmente mais compactos e mais baratos;
- Facilita a prevenção/gestão de problemas de interferência;
- Permite inserir encriptação na sequência de todos os zeros e uns durante o processo de transmissão, assegurando elevados requisitos de segurança e confidencialidade;
- Permite a compressão de dados, aumentando significativamente a eficiência dos recursos de rede e armazenamento;
- Permite a utilização generalizada de meios de computação;
- Facilita o desenvolvimento e adoção de soluções normalizadas, estimulando a indústria de sistemas e equipamentos e a sua utilização massificada;
- Facilita o processo de integração dos serviços, de que é exemplo a crescente oferta de serviços em pacotes (telefonia, televisão, Internet), por parte dos prestadores de serviços de comunicações eletrónicas.

O mercado de serviços — evolução

O mercado de serviços evoluiu, de forma disruptiva, nos últimos 30 anos, como consequência natural dos desenvolvimentos técnicos e tecnológicos que conduziram à adoção de soluções digitais, a um ritmo exponencial. Façamos uma viagem retrospetiva, indicando algumas referências que justificam ser destacadas neste período.

Telefonia fixa

Concetualmente, o serviço telefónico em local fixo (SFT) consiste na oferta ao público do transporte direto da voz, em tempo real, em locais fixos, permitindo a qualquer utilizador, através de equipamento ligado a um ponto terminal da rede, a realização e receção de chamadas de voz.

A prestação do SFT continua a ser garantida através de tecnologia de comutação de circuitos, por recurso a nós de comutação digital. Estes nós constituem a rede de comutação e são interligados através da rede de transporte, assegurando o encaminhamento das chamadas entre a origem e o destino, usando um canal que é temporariamente estabelecido e se mantém dedicado a cada comunicação, durante todo o período em que está ativa. Este modelo, muito orientado para as comunicações analógicas, ainda hoje é utilizado, porém com uma acentuada tendência para ser progressivamente substituído por tecnologia de comutação por pacotes, nomeadamente pela utilização de Internet protocol (IP), com vantagens de eficiência operacional e de negócio. Os serviços *Skype* e *WhatsApp* são alguns dos exemplos muito conhecidos da utilização desta tecnologia.

Em 1 de janeiro de 2000, dá-se a abertura do SFT à concorrência. A pré-seleção (2000-2001) e a portabilidade (30 de junho de 2001) de operador na rede fixa foram gradualmente introduzidas após a liberalização, com o intuito de facilitar a relação dos consumidores com os novos prestadores deste serviço, constituindo mecanismos de fomento à concorrência muito relevantes, tendo a sua implementação sido facilitada pela tecnologia digital associada às centrais de comutação.

Alguns anos mais tarde, é introduzida a oferta do lacete local desagregado (xDSL), usando o mesmo acesso físico em par de cobre, permitindo adicionar à oferta de SFT outros serviços de comunicações eletrónicas, nomeadamente o acesso à Internet, em banda larga (conceito subjetivo e que tem evoluído no tempo), a diferentes velocidades de transmissão. Esta tecnologia teve uma razoável adoção sobretudo a partir de meados da primeira década de 2000. Apresenta, todavia, algumas limitações técnicas, justificando parte do reduzido interesse pelos novos operadores e prestadores em Portugal.

Após a liberalização, foram sendo introduzidas outras tecnologias físicas e lógicas de suporte, nomeadamente através do cabo coaxial (DOCSIS) e de fibra ótica, que, apesar de serem vocacionadas para transportar grandes volumes de informação (televisão, vídeo e Internet) permitem acomodar as ofertas de SFT, serviço que ocupa marginalmente os recursos disponíveis naquelas tecnologias.

Telefonia móvel

Em 1989, dá-se o lançamento do serviço móvel terrestre, em tecnologia analógica (primeira geração), pelo operador constituído pelos CTT e TLP, em consórcio, que daria posteriormente origem à TMN, que foi assim o primeiro operador móvel a operar em Portugal. No final de dezembro, o serviço tem já 2800 assinantes ativos. Em 1992, a TMN (atual MEO) introduz no mercado das telecomunicações móveis nacionais o serviço assente na rede móvel digital (GSM), complementando a rede analógica existente. No mesmo ano, uma nova oferta comercial foi iniciada pela concorrente Telecel (atual Vodafone).

Em 1995, foi lançado pela TMN o MIMO, o primeiro cartão pré-pago do mundo. O futuro veio demonstrar a importância extraordinária deste produto para a expansão do telemóvel.

Em 1997, nasce a Optimus, empresa que então integrava participações do grupo Sonae, EDP e da France Telecom, alargando o mercado para três operadores móveis.

O crescimento do serviço móvel registado em 1996 é tão surpreendente que a taxa de penetração de 5 % estimada para o ano 2000 foi ultrapassada neste ano, representando um aumento de vendas na ordem dos 90 % e quase duplicando a base de utilizadores de 270 mil para 516 mil no espaço de um ano.

A portabilidade foi introduzida nas redes móveis a 1 de janeiro de 2002, com objetivos semelhantes aos definidos para o SFT, como mecanismo de fomento à concorrência.

Desde então, a tecnologia GSM, associada à segunda geração, deu lugar a novas soluções, designadas, nomeadamente, por 2.5G, 3G, 3.5G, 4G, etc., anunciando-se a rápida implementação da nova tecnologia conhecida por 5G. Nesta evolução, assistimos a uma evolução progressiva da oferta de serviços de dados, desde a simples SMS até aplicações mais sofisticadas, envolvendo serviços de comunicação multimédia em tempo real e jogos interativos, que exigem elevados recursos das redes e dos sistemas utilizados.

A telefonia celular constitui um exemplo paradigmático das vantagens do digital, permitindo uma das utilizações mais generalizadas da tecnologia digital, dado que oferece um mundo de vantagens em comparação com a analógica. Uma vez que o processo de comunicação é mais fiável e mais eficiente, esta tecnologia permite uma maior densidade de utilizadores dentro de uma única área de cobertura, conduzindo a um aumento exponencial de ativações de novos telefones. Por outro lado, os equipamentos atuais permitem a utilização de maior número de aplicações (*app*), dando origem a quantidades massivas de dados, que são enviados e recebidos simultaneamente por cada utilizador.

Televisão analógica *vs* digital

A televisão portuguesa, através da RTP, inicia as emissões experimentais a 4 de setembro de 1956, na Feira Popular em Lisboa, passando a 7 de março de 1957 a emissão regular.

Alguns anos mais tarde, são lançados mais três canais: a RTP 2, a 25 de dezembro de 1968, e, nas respetivas regiões autónomas, a RTP Madeira, a 6 de agosto de 1972, e a RTP Açores, a 10 de agosto de 1975.

As primeiras emissões a cores começaram em 1975, com as eleições para a Assembleia Constituinte, sendo esporádicas até 7 de março de 1980, altura em que começa a emissão regular a cores em Portugal, com o Festival RTP da Canção. As eleições presidenciais em 1976, os populares «Jogos sem Fronteiras», em setembro de 1979, por obrigação europeia, entre outros, integram alguns exemplos de emissões a cores naquele período.

A RTP Internacional chega em fevereiro de 1992, passa a emissão regular a 10 de junho.

Os canais privados, SIC (6 de outubro de 1992) e TVI (fevereiro de 1993), iniciam entretanto as suas emissões regulares.

Em 1992, chega a Portugal a televisão por cabo.

Todas estas realidades eram suportadas em tecnologia analógica, com reflexos na qualidade do som e imagem, através da presença, mais ou menos frequente, de «fantasmas», ruídos e interferências.

A televisão digital usa técnicas de compressão do sinal digital, nas componentes áudio e vídeo, permitindo a transmissão e a receção de uma maior quantidade

de conteúdos através da mesma frequência e uma maior qualidade. O ecrã de formato 4:3 (televisão analógica) deu lugar ao formato 16:9 (televisão digital), possibilitando uma visualização mais abrangente por parte do espectador. Os televisores mais modernos e sofisticados permitem uma exibição da imagem em alta definição.

Os primeiros testes de televisão digital foram realizados em 1998, tendo sido tentada a introdução da nova tecnologia, em Portugal, entre 2002 e 2003, sem sucesso. As emissões regulares da TDT iniciaram-se finalmente na primavera de 2009, com os mesmos quatro canais nacionais. O desligamento da emissão analógica inicia-se com a desativação do retransmissor de Alenquer em 12 de maio de 2011, tendo sido concluído até 26 de abril de 2012, dia em que terminou a televisão analógica (*switch-off*) em Portugal.

As ofertas de televisão por cabo têm acompanhado a preferência pelo suporte digital, considerando o potencial de vantagens que esta tecnologia permite na operação da rede, desde logo a acomodação de um número muito superior de canais de televisão, mas também o desenvolvimento de outros serviços, como sejam a visualização de programas em diferido por parte do utilizador, com total autonomia de controlo sobre o sistema.

Internet

Em 1990, o Departamento de Defesa dos EUA decidiu substituir a ARPANET pela rede NSFNET, que se popularizou, em todo o mundo, com a denominação Internet. Todavia, a expansão da utilização da Internet, nomeadamente através de ofertas comerciais destinada a empresas e a cidadãos, só foi possível após a criação da WWW e do HTML, pelos engenheiros do CERN — Tim Berners-Lee e Robert Caillaiu.

Igualmente importantes foram os contributos dos *browsers* LYNX (Universidade do Kansas), limitado à transferência de textos, e Mosaic (Universidade do Ilinóis), que já permitia a transferência de textos e imagens. Os largamente difundidos *Netscape* e *Internet Explorer* são vistos como evolução do Mosaic.

A Internet transforma-se progressivamente num sistema mundial público, ao qual qualquer pessoa ou computador pode aceder, através da interligação das diferentes redes de telecomunicações instaladas pelo mundo.

Com a criação da Fundação para o Computação Científica Nacional (FCCN), no final de 1986, responsável pela Rede para a Comunidade Científica Nacional (RCCN) a partir de 1991, o uso da Internet generaliza-se em todas as universidades portuguesas, facto que constitui uma referência histórica muito relevante na introdução da Internet em Portugal.

Até 1994, existiam duas possibilidades de acesso à Internet em Portugal, através do Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores (INESC) e do Portuguese Unix Users Group (PUUG), a associação de utilizadores de sistemas operativos Unix, que, em colaboração, estabeleceram uma ligação internacional (Amesterdão) à velocidade máxima então possível de 19.2 kbps, através da utilização de *modem* (dispositivo que permite a transmissão de dados sobre linha analógica) sobre uma linha de SFT. Esta solução tinha um custo mensal considerável (cerca de 40 contos, aproximadamente € 200) e apenas oferecia serviços de *email*.

A criação do primeiro ISP a partir de 1994 (a Esotérica) veio impulsionar o uso da Internet em Portugal. Atualmente, existem vários ISP que oferecem um enorme conjunto de ofertas de Internet, através de acessos fixos e móveis, com velocidades máximas não imagináveis na década de 90.

Perspetivas e desafios futuros

A tendência generalizada para ofertas de serviços *all* IP, que já se verifica e deverá ser acentuada no futuro próximo, pressionará a necessidade de respostas com instrumentos de regulação adequados por parte desta Autoridade.

Na vertente regulatória, deve ser relevada a complexidade de verificação do regulamento TSM nas matérias técnicas, quer pela própria natureza da Internet, quer pela especificidade dos serviços envolvidos, que exigem recursos com conhecimento muito especializado e experiência recente de implementação de soluções, de que a ANACOM se deverá dotar e que deverá desenvolver.

As crescentes e constantes inovações tecnológicas associadas à prestação dos serviços de comunicações eletrónicas, colocam desafios diversos na evolução do mercado e nos hábitos de consumo dos cidadãos. Neste domínio, devem merecer especial atenção as áreas do comércio eletrónico, proteção de dados pessoais e acesso à Internet que, previsivelmente, assumirão uma relevância crítica no sector nos próximos anos.

As matérias da *Quality of Services* (QoS) são de importância muito relevante no momento atual, sendo expectável que, como instrumento regulatório, esta importância venha a aumentar significativamente face aos desenvolvimentos de mercados que são mais ou menos inevitáveis. De facto, a crescente tendência para *all* IP, que significa que todos os serviços tenderão a ser suportados em tecnologia IP, permitirá o desenvolvimento de ofertas personalizadas de serviços em função do perfil de consumo de cada cidadão. Esta realidade será caraterizada por ofertas de pacotes de serviços, de complexidade cada vez maior e difíceis de controlar por parte dos seus utilizadores.

As abordagens de monitorização relativas a QoS assumirão, num futuro próximo, um papel único como instrumentos de reforço da transparência, permitindo uma melhor compreensão sobre as caraterísticas efetivas dos serviços, incluindo as limitações intrínsecas à própria tecnologia, bem como uma melhor perceção do desempenho dos serviços pelos utilizadores nos diferentes ambientes de utilização ao longo do dia, o qual configura um importante elemento diferenciador entre ofertas, facilitando a materialização do princípio de que utilizadores mais conscientes e melhor informados tomam decisões mais racionais, potenciando uma concorrência mais efetiva. A utilização destas ferramentas também facilita decisões de consumo mais alinhadas com os interesses e necessidades reais dos consumidores, constituindo, assim, instrumentos regulatórios de valor insubstituível.

ACRÓNIMOS/ DEFINIÇÕES (não exaustivo)

Telecomunicações — transmissão fiável de informação à distância, através da utilização de sinais elétricos, eletromagnéticos ou óticos. No âmbito da revisão do quadro regulamentar de 2002, esta designação veio a ser substituída na UE por «comunicações eletrónicas».

Sinal — codificação elétrica, eletromagnética, ou ótica dos dados, representada como uma grandeza variável no tempo.

Bit — abreviatura de dígito binário.

Byte — sequência de oito bits.

CERN — European Organization for Nuclear Research.

SI/TI — Serviços de Informação/ Tecnologias de Informação

Encriptação — processo de transformação da informação original, usando um algoritmo de modo a impossibilitar a sua leitura por pessoas não autorizadas. Exige uma chave para acesso à informação.

HTML — HyperText Markup Language.

ISP — Internet Service Provider.

Kbps — milhares de bits por segundo.

Mbps — milhões de bits por segundo.

PUUG — Portuguese Unix Users Group.

TDT — Televisão Digital Terrestre.

WWW — World Wide Web.