

# Evolução Tecnológica da Internet em Portugal

José A. Legatheaux Martins

Professor Associado de Redes de Computadores do  
Departamento de Informática  
Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Universidade Nova de Lisboa

## 1. Introdução

A rede Internet é a maior rede global de acesso público actualmente existente. Global porque cobre um número significativo de países de todos os continentes. Com acesso público pois qualquer particular ou instituição se pode a ela ligar. Devido a diversos factores tecnológicos, económicos, políticos e sociais, esta rede tem merecido uma extensiva cobertura por parte da imprensa, sobretudo nos dois últimos anos. Este artigo fornece informação sobre a Internet em Portugal sob um ângulo diferente, isto é, sob um ângulo predominantemente tecnológico, de forma a permitir ao leitor ter uma ideia mais clara sobre como tem sido montada a infraestrutura do ramo português da Internet.

Começaremos por introduzir uma panorâmica rápida da tecnologia de rede utilizada na Internet. Seguem-se alguns números que permitem quantificar a evolução da rede em termos do número de computadores, instituições e utilizadores ligados em Portugal. Introduziremos depois alguns dados "históricos" sobre o nascimento do ramo português da Internet e das características técnicas das soluções então adoptadas. De seguida percorreremos as diferentes facetas tecnológicas da Internet portuguesa de forma a permitir elucidar a evolução que desde então teve lugar. Finalmente, apresentaremos alguns aspectos complementares sobre questões legais e sociais que necessitam de maior desenvolvimento no nosso país, assim como algumas conjecturas sobre a evolução previsível da rede Internet.

O artigo está orientado para um leitor interessado nos aspectos técnicos da Internet pelo que pressupõe alguns conhecimentos, mesmo que elementares, de redes de computadores. Tal facto poderá dificultar a leitura por um leigo na matéria. Pela mesma razão procura-se evitar o carácter especulativo de que se reveste geralmente este tema em publicações para o grande público. No entanto, dado que se trata de uma campo em evolução rápida, poderemos incorrer nalguns erros de rigor técnico pelo que pedimos as nossas desculpas antecipadas. Falar da evolução da Internet em Portugal implica também analisar aspectos que implicam directamente com os operadores que fornecem acesso à rede no nosso país. Procurámos adoptar um estilo que evita prejudicar ou favorecer algum desses operadores dado que se tratam de empresas privadas com interesses comerciais na matéria. Por esse motivo, mesmo nas secções relevantes, tomámos a opção de evitar citar ou identificar casos particulares.

## 2. Base tecnológica da Internet

Do ponto de vista da estruturação, a rede Internet pode ser esquematizada em quatro níveis, fig. 1:

- Nível aplicação
- Nível transporte (nível dominado pelos protocolos UDP e TCP)
- Nível rede ou nível IP ("Internet Protocol")
- Infraestrutura de encapsulamento e transmissão de pacotes IP

Dos protocolos que permitem à rede Internet funcionar, os mais relevantes, ou pelo menos os mais visíveis, são o protocolo IP ("Internet protocol") e o protocolo TCP ("Transport Control Protocol"). Por esta razão é hábito designar a família de protocolos da Internet por família "TCP/IP".

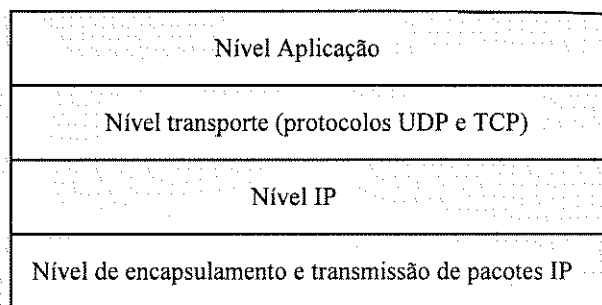


Fig. 1 - Estruturação da família de protocolos TCP/IP

A rede Internet deve o seu nome ao facto de a sua estrutura global poder ser assimilada a um conjunto de redes (tipicamente redes locais) interligadas por uma malha arbitrária de equipamentos de encaminhamento de pacotes ("routers") interligados entre si por canais de comunicação de dados. Por isso muitas vezes a rede Internet é também designada como uma "rede de redes".

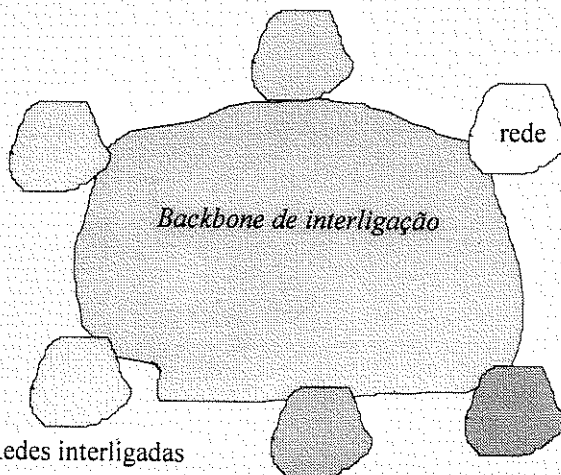


Fig. 2 - Esquema abstracto da rede Internet

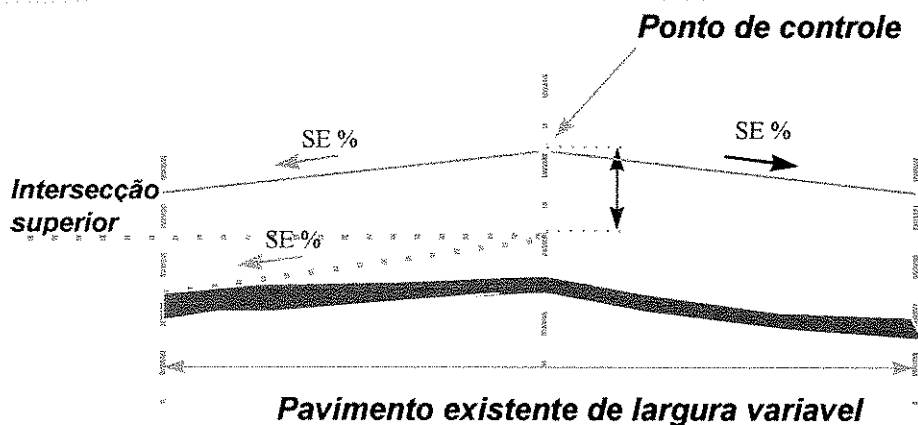
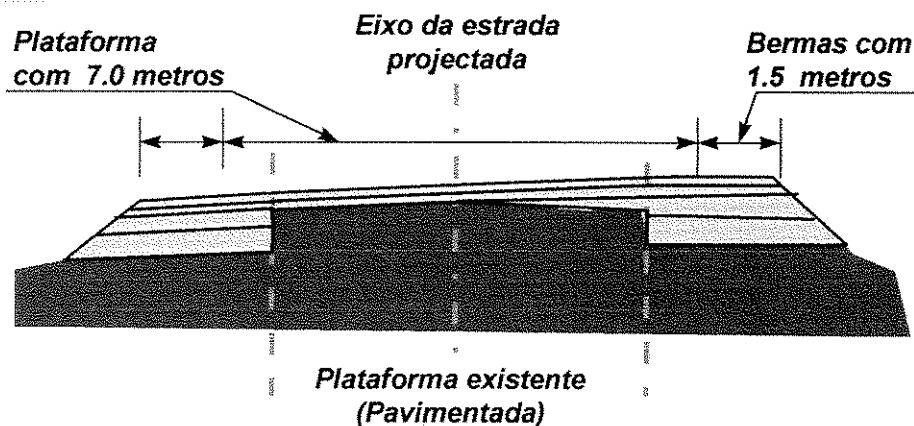
so afirmativo, definir graus de escarificação, definir pontos de controle, nomeadamente em obras de arte, soleiras etc, portanto uma série de factores essenciais a um estudo pormenorizado de uma beneficiação.

Da experiência adquirida em outros projectos realizados pela Proplano e em empresas estrangeiras, consegue-se uma redução na ordem dos 60% no tempo despendido por um técnico para a elaboração de um projecto de beneficiação utilizando PAVEMOSS em relação aos métodos clássicos. Em termos

de medições consegue-se uma diminuição na ordem dos 10 % de material de regularização com a utilização do PAVEMOSS.

Relativamente ao estudo da EN 109, foi definida uma directriz graficamente — com base no levantamento topográfico realizado — e este é um aspecto bastante importante a realçar, pois não foi necessário o cálculo definitivo da directriz para a realização do trabalho de campo, como nos métodos clássicos, através dos perfis transversais.

## Perfil tipo a implantar em zonas de beneficiação com rectificação

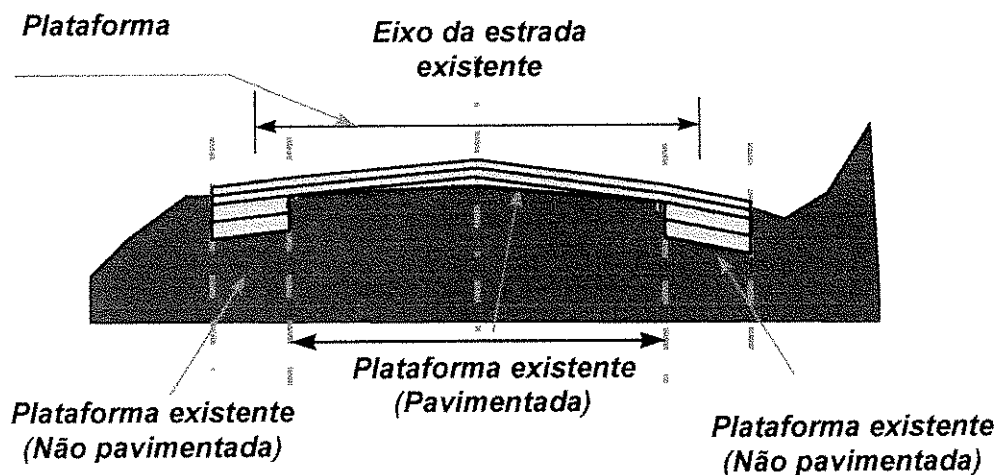


Esta directriz permitiu calcular perfis transversais do terreno, com indicação das inclinações transversais da zona do pavimento existente, ficando-se assim, com uma ideia da sua regularidade.

Numa segunda fase foram introduzidas as características do projecto nomeadamente, o perfil transversal tipo, com as sobrelarguras e sobrelevações, a estrutura do reforço do pavimento com uma camada de regularização no máximo de 0.15 m.

Com base nos elementos fornecidos, o programa fez uma verificação transversal de toda a zona pavimentada existente de modo a encontrar o ponto crítico para a definição da futura plataforma de projecto. Esta verificação foi realizada longitudinalmente com o intervalo de 5 metros. Naturalmente esse ponto crítico garante a espessura mínima de regularização do pavimento ao longo de toda a plataforma.

## Perfil Tipo a implantar em zonas de beneficiação sem rectificação



Cada rede ligada dispõe de um endereço próprio e único a nível mundial. Dentro da cada rede ("net"), os computadores ligados ("hosts") dispõem também de endereços locais, únicos na sua rede. Um endereço Internet é pois formado por duas partes sendo a primeira essencial para o encaminhamento ("routing"). A concatenação do endereço de rede com o endereço do host dentro da rede resulta num endereço único a nível mundial também designado por endereço IP. Esses endereços têm uma dimensão fixa de 32 bits ou 4 bytes (octetos)<sup>1</sup>. O fim do campo com o endereço de rede e o início do campo com o endereço do host não é fixo. Até recentemente o tamanho do campo que indicava a rede poderia ser 1, 2 ou 3 bytes pelo que as redes se classificavam em redes de classe A, B ou C. A classe da rede era identificada univocamente pelos bits iniciais do endereço da rede. Actualmente está-se a transitar para uma convenção em que o número de bits que denotam o número de rede num endereço é uma informação suplementar que deve ser agregada ao endereço. No entanto, como esta informação só é relevante para *routing*, a mesma pode ser ignorada pela maioria dos computadores e utilizadores (ver 2).

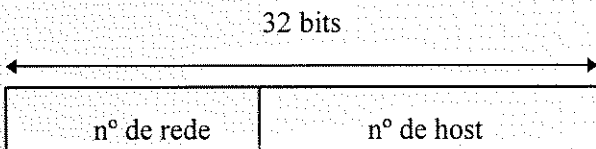


Fig. 3 - Endereços Internet (versão 4)

O nível rede da Internet é materializado pelo protocolo IP. Este protocolo é um protocolo orientado datagramas, sem conexão nem circuitos virtuais. Assim, o nível rede encaminha pacotes do host origem até ao host destino. Cada pacote é encaminhado independentemente dos outros. Desta forma os routers não são obrigados a guardar estado sobre os pacotes que encaminham. Daqui resulta um nível rede essencialmente "stateless". É esta característica essencial do protocolo IP que permite a adaptabilidade e resistência a avarias em geral. Se uma ligação ou um router têm uma avaria, os restantes routers podem descobrir e utilizar caminhos alternativos abrindo assim possibilidades de partilha de carga e reconfiguração dinâmica mais difíceis de realizar numa rede baseada em circuitos virtuais. Por outro lado, dado que o tráfego rede a rede tem tendência para ser constituído por períodos de actividade alternados com períodos de inactividade ("bursts"), este tipo de arquitectura potencia uma melhor utilização de recursos visto que não existe reserva de recursos nos equipamentos de encaminhamento de pacotes.

Não cabe no espaço deste artigo discutir as vantagens e desvantagens deste esquema. Ele parece perfeito para o encaminhamento de dados mas parece menos adequado sempre que é necessário reservar banda passante ou garantir propriedades temporais do encaminhamento. Este tipo de requisitos são característicos dos ambientes onde se pretende transportar voz ou vídeo. Para uma discussão mais aprofundada das vantagens e defeitos das redes orientadas datagramas versus as redes orientadas circuitos virtuais o leitor pode consultar (4). Sobre as modificações que estão a ser introduzidas no protocolo IP para suportar garantias de qualidade de serviço, o leitor poderá consultar (3).

A simplicidade do protocolo IP tem como consequência a não imposição de constrangimentos especiais aos circuitos de dados que suportam o encaminhamento de pacotes *host a host*, *host*

a *router* ou *router a router*. Os pacotes IP podem ser encapsulados em "frames" ethernet ou token-ring, encapsulados em sequências de caracteres ASCII sobre ligações assíncronas telefónicas, em "frames" de circuitos "frame-relay", em pacotes X.25, em "frames" HDLC ou PPP em canais síncronos, em canais ISDN, em canais satélite, em canais rádio, numa sequência de células ATM, etc. Na verdade não se conhece nenhuma tecnologia de suporte de circuitos de dados que não possa ser utilizada para encaminhamento de pacotes IP. É esta característica do protocolo IP que lhe dá ainda mais flexibilidade e omnipresença. É também esta característica que retira todo o sentido à apresentação convencional em que por debaixo do nível IP se indica o nível físico. De facto, por baixo do nível IP pode estar qualquer outro nível físico, rede ou de ligação de dados. Por isso na figura 1 preferimos apresentar o "nível de encapsulamento e transmissão de pacotes IP" suportando o nível IP.

O encaminhamento em IP pode ser estático. Obviamente que na rede global tal esquema é impossível. De qualquer forma a definição do protocolo não impõe qualquer tipo de constrangimento aos protocolos de encaminhamento ("routing"). Por essa razão na Internet utilizam-se vários tipos de protocolos de *routing* quer do tipo "vector distance", quer do tipo "link state" (ver 4). As métricas utilizadas pelos diferentes protocolos também podem ser distintas. No quadro deste texto interessa referir que o *routing* na Internet é hierárquico sendo a Internet para este efeito particionada em "Autonomous Systems ou ASs". Cada um destes ASs, debaixo da mesma autoridade administrativa, pratica uma política de *routing* no seu interior que é escondida aos outros. Os protocolos que suportam o *routing* dentro de um AS baseiam-se geralmente em métricas deduzidas dos tempos de transito ou da banda passante disponível e designam-se "Interior routing protocols". Os protocolos que suportam o *routing* entre ASs distintos dizem-se "Exterior Routing Protocols" e utilizam métricas que incorporam factores como a política de interligação do AS pelo que não reflectem necessariamente a banda passante ou os tempos de trânsito de facto possíveis. O leitor poderá assimilar um AS ao conjunto das redes ligadas a um operador Internet ou de uma instituição de grande dimensão. Portugal, por exemplo, dispõe de cerca de uma dúzia de ASs registados correspondendo grosso modo aos operadores Internet existentes no país. Obviamente que existem ASs multinacionais e até instituições com dimensão suficientemente grande para disporem de vários ASs pelo que o exemplo apontado é apenas para facilitar a compreensão e não corresponde totalmente à verdade.

Ao nível transporte a rede Internet disponibiliza essencialmente dois protocolos, o protocolo UDP ("User Datagram Protocol") e o protocolo TCP ("Transport Control Protocol"). Ambos são protocolos *host a host* ("end-to-end") pois o nível rede desconhece a sua existência. Compete aos dois *hosts* que trocam pacotes a realização do serviço que o protocolo presta. No caso do protocolo UDP, dado tratar-se de um protocolo datagrama, o único serviço que acresce ao nível IP é a "multiplexagem" na medida em que os pacotes são trocados entre portas acessíveis directamente aos processos que correm no *host*. Desta forma um ou mais programas em execução podem partilhar o mesmo endereço IP. Sendo orientado datagramas, o protocolo UDP não oferece qualquer tipo de garantias ("best effort").

Ao contrário, o protocolo TCP é orientado conexão pelo que garante a entrega dos dados. Na verdade o protocolo TCP disponibiliza canais de dados virtuais "fiáveis" e sujeitos a con-

trola de fluxos entre programas. Este protocolo é particularmente sofisticado e as suas realizações sucessivas incorporaram na implementação um conjunto de técnicas que o tornam um dos protocolos orientados conexão mais sofisticado actualmente disponíveis. Por outro lado, ele adapta-se particularmente bem ao funcionamento da Internet pelo que pode ser considerado um protocolo "benigno", ao contrário do protocolo UDP que está a ser usado de forma "selvagem" por certas aplicações, como veremos mais adiante.

As aplicações disponíveis na Internet utilizam os protocolos UDP e TCP. As mais conhecidas são o correio electrónico ou "e-mail" (encaminhado entre gateways de mail por TCP), o acesso a hosts remotos para sessões interactivas e a transferência de ficheiros (ambos utilizando TCP), o WWW para acesso a informação "multi-media" (trata-se de um protocolo do nível aplicação do tipo cliente/servidor realizado sobre conexões TCP), as news (cuja transferência e acesso também se faz por TCP). Outras aplicações emergentes como o transporte de voz e vídeo baseiam-se todas em UDP o que lhes confere características particulares.

Como é evidente esta descrição da tecnologia Internet é bastante sintética. O leitor interessado em aprofundar o tema dispõe de várias referências no final deste artigo (2), (3), (4) e (6).

**3. Evolução em números**

Na tabela seguinte apresentam-se alguns números que quantificam a evolução da rede Internet em Portugal desde 1992 até à actualidade<sup>4</sup>.

Ano	Mês	Portugal	Portugal	Portugal	Europa	Europa	% Endereços PT/EU
		Domínios	Endereços	Utilizadores	Endereços	Utilizadores	
1991	Janeiro	0	0				
1992	Janeiro	25	820	5740	141308	989156	0,58%
1993	Janeiro	63	1901	13307	303828	2126796	0,63%
1994	Janeiro	117	3382	23674	587135	4109945	0,58%
1995	Janeiro	130	5521	38647	1106077	7742539	0,50%
1996	Janeiro	411	12698	88886	2284750	15993250	0,56%
1996	Julho	512	15776	110432	3017784	21124488	0,52%

Tabela 1 - Evolução de domínios, endereços e utilizadores da Internet em Portugal

Os valores apresentados pela Tabela 1 foram retirados das estatísticas realizadas pelo RIPE ("Réseaux IP Européens") um organismo europeu de coordenação dos operadores Internet na Europa. Os valores das colunas "endereços" e "domínios" são calculados automaticamente a partir de pesquisas no "Domain Name System - DNS" (ver o parágrafo 9) e são realistas. O número de utilizadores é calculado por extrapolação, multiplicando o número de endereços por 7. Um domínio Internet representa uma instituição com presença própria na Internet. Geralmente trata-se de uma instituição com uma rede ligada à Internet mas a evolução recente mostra que cada vez mais tal não é o caso, ver o parágrafo 9. O número de endereços representa o número de computadores ou interfaces de comunicação com endereço próprio registados no DNS.

Da tabela pode concluir-se que em Portugal o nível de penetração da Internet é relativamente baixo visto que o número de utilizadores pode ser estimado como sendo da ordem de grandeza de 1% da população. Os mesmos cálculos permitem estimar a penetração da Internet nos E.U.A. em cerca de 7% da população e em 10% para a Finlândia. Por outro lado, e atendendo a que a população portuguesa é entre 2 e 3% da população da Europa (geográfica), o número de endereços também con-

firma esta fraca penetração dado que Portugal não representa mais do que 0,5% dos endereços europeus. Finalmente, a penetração da Internet em Portugal tem crescido ao mesmo ritmo da Europa pelo que o crescimento não é suficiente para se recuperar o atraso relativo, motivado por uma partida mais tardia e por outros factores como os do desenvolvimento económico, científico e tecnológico.

Apesar de tudo a Internet em Portugal cresceu cerca de 20 vezes desde 1992. Tal crescimento foi conseguido à custa de grandes transformações quantitativas e qualitativas da tecnologia e das condições de operação. É o que vamos procurar analisar nos próximos pontos.

**4. O nascimento da Internet em Portugal e as soluções então adoptadas**

A ligação de Portugal à Internet teve lugar durante o ano de 1991. O projecto foi conduzido e parcialmente financiado pela FCCN (Fundação para a Computação Científica Nacional) e como era natural, foi realizado por um grupo de universitários e investigadores (1). Esse grupo de trabalho, utilizando equipamento adquirido ao abrigo do programa "Ciência", uma linha internacional X.25 financiada directamente pela Comissão Europeia e um conjunto de linhas nacionais financiadas pela FCCN ou pelas instituições utilizadoras, montaram o ramo português da Internet que permitiu a ligação à rede mundial de cerca de 20 universidades ou institutos e uma associação sem fins lucrativos.

Para efeitos de estabelecer a ligação entre as diferentes redes locais das instituições foram utilizadas linhas directas na região de Lisboa, funcionando a velocidades compreendidas entre 9,6 e 128 Kbps. Para ligação das instituições do resto do país foram utilizadas ligações a 9,6 Kbps (!) à rede pública X.25. O encapsulamento utilizado era IP sobre HDLC nas linhas directas e IP sobre X.25 para as ligações para fora de Lisboa. Nessa época o único routing interno possível era routing estático na parte suportada em X.25 e um protocolo de routing dinâmico do tipo "vector distance protocol" na restante rede. Constatou-se rapidamente que não era possível nenhum tipo de routing dinâmico sobre a parte da rede suportada em X.25 quer por razões económicas quer por razões técnicas ligadas com a deficiente banda passante dessas linhas.

Até Julho desse ano foi montada a rede de servidores que suportavam o Domain Name System do país, ver o parágrafo 9. Inicialmente esses servidores não eram conhecidos do resto da Internet pelo que a conectividade directa com o país era limitada. Em Setembro de 1991 os "root name servers" da Internet foram parameterizados para reconhecer o domínio "PT", que representava Portugal e era gerido em Portugal, foi a "grande festa" da entrada oficial no mundo da Internet.

A conectividade internacional era assegurada através de uma ligação em IP sobre X.25 ao backbone da rede EUNET. Essa linha tinha a (espantosa) banda passante de 64 Kbps. O protocolo de routing externo utilizado era o EGP (2) que é um protocolo do tipo "vector distance". O router internacional português continha na sua tabela de routing em memória (2 Mbytes) a lista de todas as redes mundiais ligadas à Internet (pouco mais de 1000 na época). Com o crescimento das tabelas de routing a nível internacional, o routing externo dinâmico foi substituído por routing estático do tipo "default routing" dado que as características da linha internacional não permitiam a passagem integral dos anúncios, perdendo-se pacotes e portanto entradas

na tabela de *routing*. Dadas estas características da rede não havia nenhum "Autonomous System (AS)" próprio. As redes portuguesas anunciadas (cerca de 26 em Dezembro de 1991) eram anunciadas como pertencendo ao AS da Eunet.

As aplicações então utilizadas eram essencialmente o correio electrónico e o acesso a servidores para sessões remotas ou transferência de ficheiros (Telnet e FTP). O número de pessoas envolvidas na gestão da rede era cerca de uma dúzia, todas em tempo parcial, na medida em que na sua grande maioria eram docentes ou investigadores nas suas instituições de origem. O documento (1) regista os seus nomes para a posteridade.

O servidor primário do DNS de Portugal recebia então cerca de 500 "queries" sobre nomes por dia. O tráfego internacional total em Dezembro de 1991 foi de 1730 Mbytes.

Se considerarmos que hoje uma única ligação internacional de 128 Kbps em IP sobre HDLC encaminha a mesma ordem de grandeza de tráfego num único dia, constatamos que muita coisa se alterou no entretanto.

Essas alterações são de vária natureza entre as quais nos parecem mais relevantes que a seguir apresentamos. O número de operadores Internet é hoje em dia da ordem de grandeza de uma dezena<sup>4</sup>, cada um com ligações internacionais, "backbone" próprio (ver o parágrafo 5), vários pontos de acesso, etc. A Internet portuguesa tornou-se portanto mais complexa e completa. Os protocolos de *routing* utilizados são pois outros. A banda passante internacional é da ordem de grandeza de vários Mbps, insuficiente para as necessidades mas muito longe dos 64 Kbps iniciais. As formas de acesso também evoluíram. As aplicações dominantes são outras. Os utilizadores são predominantemente particulares e empresas comerciais. As regras de utilização e de cooperação entre utilizadores e operadores mudou de natureza. As grandes empresas interessam-se pela Internet e ensaiam formas de a aproveitar para desenvolver os seus negócios. Os problemas de segurança estão na ordem do dia. A rede Internet com as suas características de globalidade e acessibilidade coloca novos desafios de natureza económica, social, jurídica e política também em Portugal.

Nos próximos pontos tentaremos contribuir para elucidar alguns destes aspectos.

### 5. Infraestrutura de suporte dos backbones dos operadores

Um operador Internet tem de dispor de uma infraestrutura própria interligando os seus pontos de acesso para clientes também designados por POPs (POPs - "Points of Presence"). Um POP dispõe de equipamento de *routing* ao qual se podem ligar os clientes através de um protocolo de acesso executado sobre um canal de dados permanente (sobre linha directa) ou não permanente (suportado em linha telefónica ou ISDN). Um POP actua assim como um ponto de concentração das ligações dos clientes.

Os POPs encontram-se interligados entre si e também ligados a pontos de interligação da infraestrutura Internet do operador com a de outros operadores nacionais ou estrangeiros.

O conjunto das linhas de interligação e equipamentos é habitual designar-se por "backbone", ver a figura 4.

Alguns operadores internacionais de grande dimensão (também ditos operadores globais) mantêm *backbones* transcontinentais. Os vários *backbones* transcontinentais estão interligados entre si através de "NAPs" ou "network access points" que

constituem os grandes cruzamentos das "autoestradas" da Internet. Em Portugal não existem NAPs nem nenhum *backbone* transcontinental. Os operadores portugueses actuam geralmente como clientes de algum operador global, ou como ramal de desvio do *backbone* da sua casa mãe (no caso em que o operador é a filial nacional de um operador global).

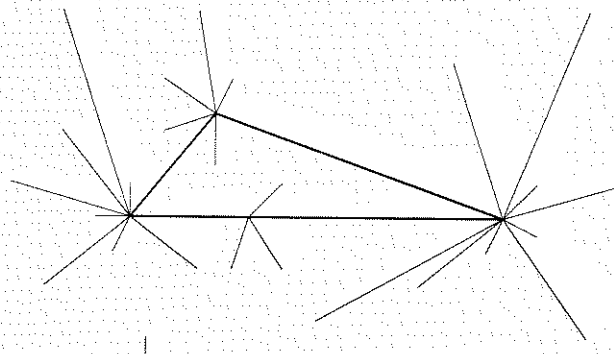


Fig. 4 - Um backbone Internet

Podemos dividir actualmente os operadores Internet em duas grandes classes do ponto de vista da infraestrutura. Os operadores de telecomunicações tradicionais que oferecem agora também um serviço de acesso à Internet, e todos os outros.

Os operadores tradicionais já dispunham de uma infraestrutura nacional de comunicação de dados. Geralmente o seu *backbone* Internet é realizado através de um conjunto de circuitos *frame-relay* interligando os POPs. Os circuitos *frame-relay* são um serviço proporcionado pela infraestrutura de comunicação de dados do operador. Neste caso o encapsulamento utilizado é IP sobre *frame-relay*. Os operadores especializados em Internet (os outros) não dispõem de uma tal infraestrutura e utilizam linhas directas síncronas, directamente alugadas à Portugal Telecom, para interligar os seus equipamentos. Nestes casos o encapsulamento é geralmente IP sobre um protocolo de ligação de dados como por exemplo PPP ou HDLC directamente sobre o circuito de dados. A medida que a Portugal Telecom for disponibilizando novas infraestruturas de comunicação de dados com maior largura de banda (como é o caso das MANs de Lisboa e Porto) é natural que estas sejam utilizadas na construção da Internet portuguesa (a rede universitária está em vias de utilizar intensivamente este novo serviço da Portugal Telecom para reforçar o seu *backbone*).

Tanto quanto sabemos não existem nos backbones portugueses linhas com banda passante superior a 2 Mbps já que pelo menos na oferta normalizada da Portugal Telecom não existem circuitos com velocidades superiores. É possível, no entanto, que para efeitos experimentais existam tais tipos de linhas. Por agora, é pouco provável que integrem o *backbone* de algum operador comercial.

Também, tanto quanto sabemos, não estão a ser utilizados canais satélite nos *backbones* portugueses. É natural, no entanto, que alguns desses canais possam vir a integrar os *backbones* de alguns operadores no futuro.

As "autoestradas" do conjunto dos *backbones* Internet portugueses não devem somar actualmente mais do que alguns Mbps de banda passante. Para este estado de coisas também concorre a política de preços de "longa distância" praticada em Portugal e também de uma forma geral na Europa. Com efeito, o custo de tais linhas ainda é cerca de 10 vezes superior na Europa por comparação aos E.U.A.

## 6. Protocolos de acesso pelos clientes

Em 1991 os únicos protocolos de acesso ao *backbone* da Internet (universitária) correspondiam como indicámos à utilização de circuitos X.25 e de linhas dedicadas. Os encapsulamentos utilizados eram pois IP sobre X.25 e IP sobre HDLC (no caso das linhas directas era a solução geralmente adoptada na época).

A partir de 1994 surgiram outras ofertas no mercado com o aparecimento de novos operadores e também com a generalização de novas tecnologias de acesso. A principal novidade nessa altura consistiu no aparecimento de meios de acesso utilizando linhas telefónicas, nomeadamente através da generalização de acessos não permanentes para utilizadores residenciais ou para interligação de redes locais.

Neste caso os pacotes IP são encapsulados em sequências de caracteres ASCII transmitidos sobre a linha telefónica. A forma de encapsulamento mais antiga designava-se SLIP (Serial Line IP). Esta foi sucessivamente substituída por um novo método de encapsulamento sobre linha série assíncrona baseado na utilização do protocolo PPP (Point to Point Protocol). O suporte do protocolo PPP está hoje generalizado na maioria dos sistemas de exploração para computadores pessoais. Trata-se de um protocolo muito flexível que permite a negociação de vários parâmetros durante o estabelecimento da ligação.

A partir de 1995 também foi possível aceder à Internet portuguesa através de ISDN e de *frame-relay*. No primeiro caso trata-se novamente de um acesso não permanente mas digital, superior ao acesso via linha telefónica analógica. A forma de encapsulamento é novamente IP sobre PPP sobre a ligação síncrona digital providenciada pelo canal ISDN (o protocolo PPP adapta-se a estas variantes).

As ligações sobre *frame-relay* são ligações permanentes à Internet. Geralmente o acesso suportado num canal *frame-relay* é mais barato do que o acesso baseado em linhas síncronas digitais na medida em que um canal *frame-relay* constitui um método de comunicação de dados com menores garantias de banda passante.

A manutenção nos POPs dos operadores de equipamentos proporcionado todas estas formas de acesso (*modems* ligados a linhas telefónicas, acesso ISDN, *frame-relay*, linhas dedicadas síncronas, canais X.25, etc.) é um factor de complexidade e encarecimento da infraestrutura de acesso. Por esta razão vários fabricantes de equipamento de acesso começam a propor equipamentos sofisticados que suportam na mesma caixa todas estas variantes de acesso simultaneamente e que em particular dispõem de "modems digitais", isto é, equipamento capaz de simular uma ligação PPP sobre linha série assíncrona num canal de voz ISDN. Desta forma, a ligação do POP à rede faz-se sempre por canais digitais mas os utilizadores podem continuar a aceder através de modems e linhas telefónicas analógicas convencionais.

Constitui um factor de expectativa crescente o aparecimento de equipamentos permitindo a utilização de altas velocidades sobre o par de cobre residencial do sistema telefónico, ou sobre a infraestrutura dos operadores de sinal vídeo por cabo. Em vários países estão a fazer-se testes piloto com estas tecnologias. Tanto quanto sabemos ainda não é o caso em Portugal.

De qualquer forma a disponibilização de canais de acesso à Internet a muito alta velocidade, sendo inevitável no futuro, levanta de imediato o problema do dimensionamento dos *backbones* actuais. O acesso a velocidades da ordem de grandeza do

Mbps pressupõe *backbones* a pelo menos uma ordem de grandeza mais (por exemplo 10 Mbps). Nem as linhas dessa velocidade se encontram disponíveis na oferta regular da Portugal Telecom neste momento, nem é fácil de antever onde vão os operadores Internet buscar o dinheiro para as instalarem.

## 7. Endereçamento

Os endereços Internet têm de ser únicos no mundo. Coloca-se assim o problema da sua afectação. A Internet portuguesa começou numa época em que para se dispor de endereços legais e registados ("routable" na Internet como se costuma dizer) era necessário obtê-los junto do organismo de coordenação da Internet (americana) nos E.U.A., o NIC ("Network Information Center"). As 26 redes usadas na infraestrutura Internet portuguesa de 1991 tinham pois sido afectadas pelo NIC. Também nessa época para se obter conectividade internacional abrangente era necessário solicitar à NSF ("National Science Foundation") americana autorização para que os pacotes oriundos da nossa rede circulassem no *backbone* central da Internet mantido e financiado pela NSF. De facto, nessa época, o principal *backbone* do mundo era de acesso restrito (ainda que o direito de admissão fosse concedido com facilidade mesmo a empresas comerciais).

Daí para cá muito mudou. Por um lado reconheceu-se que este método de afectação de endereços era pouco flexível e provocava a explosão das tabelas de *routing* dos "core routers" na medida em que não permitia qualquer espécie de agregação de várias redes num único anúncio (2). Por outro lado, o estado americano retirou-se da operação da Internet tendo a mesma passado a ser operada por empresas comerciais.

Hoje em dia os endereços IP são afectados aos clientes pelos próprios operadores Internet. Para esse efeito blocos de endereços contíguos foram distribuídos pelos vários continentes, onde as "regional registries" os redistribuem pelos operadores. No caso da Europa, a *regional registry* é o RIPE que já foi introduzido no parágrafo 3. O RIPE afecta blocos de endereços contíguos às "local registries" ou seja aos operadores Internet da sua região. Para financiar a administração de endereços os operadores têm de financiar o RIPE o que indirectamente corresponde a dizer que pagam uma quota pelos endereços que recebem. Os operadores podem então afectar endereços aos seus clientes a partir dos blocos que lhes estão afectados.

Este esquema foi posto em prática para aumentar o grau de agregação dos endereços, permitindo basear o *routing* na análise de prefixos comuns de redes (CIDR (2)). Desta forma as tabelas de *routing* dos *routers* da Internet não estão a crescer ao mesmo ritmo que a Internet cresce. Na verdade, se as tabelas de *routing* crescessem a esse ritmo, a Internet já teria tido um colapso na medida em que não há ainda tecnologia disponível para suportar esse ritmo de crescimento das tabelas.

No mundo inteiro há hoje várias centenas de milhar de redes afectadas, no entanto as tabelas de *routing* mundiais em Agosto de 1996 pouco ultrapassavam as 40.000 entradas.

Como não há bela sem senão, este esquema pode implicar que se um cliente muda de operador, então também muda de endereços. Tal não é grave no caso dos utilizadores domésticos que recebem endereços dinâmicos de sessão, mas pode revelar-se extremamente dispendioso para um empresa com redes locais ligadas à Internet.

Uma forma fácil de saber quais os operadores Internet em Portugal é consultar os serviços do RIPE para saber quem pode

afectar endereços Internet em Portugal<sup>10</sup>. Assim, consultando aquele organismo ("www.ripe.net") pode constatar-se que em Setembro de 1996 existem 14 instituições com capacidade para afectar endereços Internet em Portugal:

- 3 registries com carácter "Supernational", que representam operadores globais,
- 2 registries "Medium" que representam operadores presentes em vários países europeus, e
- 9 registries "Small", onde abundam as empresas "nacionais"

A lista tem aspectos surpreendentes na medida em que não é possível encontrar na lista telefónica o telefone de alguns deles<sup>11</sup>. Eventualmente são representados por empresas que actuam sob outra designação.

Todos os anúncios de routing correspondentes a redes portuguesas correspondem hoje a redes afectadas segundo o esquema CIDR com excepção de algumas redes das universidades. Isso justifica-se porque as universidades receberam redes afectadas pelo NIC antes do actual esquema de agregação por prefixos e dada a sua dimensão, a renumeração de redes é um processo pesado e lento.

### 8. Técnicas de encaminhamento e ligações internacionais

Como referimos no parágrafo 2, o routing na Internet encontra-se basicamente dividido em routing externo (entre ASs distintos, grosso modo correspondendo a routing entre operadores distintos) e routing interno, isto é, no interior da infraestrutura abrangida pelo mesmo AS (grosso modo correspondendo à infraestrutura e aos clientes de um operador).

Por razões evidentes não nos é possível saber quais as técnicas de routing interno utilizadas pelos diferentes operadores. Digamos que um operador de pequena dimensão poderá utilizar routing estático, mas que um operador de maior dimensão tem que necessariamente utilizar routing dinâmico ou adaptativo. Os protocolos disponíveis para o efeito são vários (2).

No que toca ao routing externo, na actual fase da Internet o protocolo praticamente obrigatório é o BGP versão 4 (ver (4)). Trata-se de um protocolo de "routing externo" baseado em que os routers trocam entre si informação sobre as políticas de encaminhamento entre ASs.

Por razões de política de distribuição de tráfego os operadores Internet fixam políticas de filtragem de tráfego e de anúncios de routing nos pontos de inter conexão que mantêm entre si<sup>12</sup>. É pressuposto que essas políticas são públicas e registadas na base de dados do RIPE. De facto, nessa base de dados é possível consultar os atributos dos diferentes ASs e conhecer a política "afixada publicamente" de routing externo de cada operador. Não é fácil deduzir informação exacta da base de dados RIPE<sup>13</sup> no entanto a que nos foi possível encontrar permite concluir que o operador português com políticas mais complexas é a rede universitária (RCCN) que mantêm várias ligações internacionais e troca de tráfego a nível nacional com pelo menos 5 ou 6 operadores. De qualquer forma algumas afirmações gerais podem ser feitas sem risco de se cometerem grandes erros (os maiores serão por omissão):

- existem pelo menos linhas para os E.U.A., Suécia, Inglaterra, Holanda e França
- existe um ponto de inter conexão nacional de operadores, o

designado PIX14

- a maioria dos operadores nacionais actua como cliente dos operadores globais
- alguns operadores nacionais estão integrados directamente no backbone europeu ou mundial da sua casa mãe
- a política de routing externo da maioria dos operadores portugueses está dependente da política dos seus fornecedores internacionais ("default routing")
- em Portugal não há nenhum "core router" (sem "default routing")

O PIX é uma iniciativa da FCCN e é constituído por um "switch ethernet"<sup>15</sup> ao qual estão ligados routers de diferentes operadores. Através desta infraestrutura os operadores podem trocar tráfego entre si no seguimento das políticas por si escolhidas. Analisando as políticas que a base de dados RIPE diz serem praticadas, verificamos que muitos operadores nacionais trocam tráfego entre si no PIX mas isso não é a regra absoluta. Se dois operadores nacionais não trocam tráfego entre si a nível nacional (no PIX ou em qualquer outro ponto) o tráfego que passa de um para o outro terá de passar pelos backbones internacionais, geralmente atravessando algum NAP. Se esta política parece bizarra à primeira vista, ela é no entanto justificada por políticas comerciais que os utilizadores poderão ou não compreender ou aceitar.

Pelo que foi exposto o leitor poderá verificar que um longo caminho foi percorrido desde que o ramo português da Internet foi estabelecido em 1991. A banda passante internacional é certamente insuficiente mas estão longe os dias em que Portugal estava ligado à Internet por uma linha de 64 Kbps.

### 9. Domain Name System

A Internet dispõe de uma base de dados distribuída e replicada que permite, entre outras funcionalidades, obter o endereço Internet de um host dado o seu "domain name". Por exemplo, a partir do nome "www.ripe.net" essa base de dados permite obter o endereço do servidor WWW do RIPE. A essa base de dados distribuída chama-se o "domain name system" ou DNS.

Os nomes DNS são hierárquicos. Por exemplo, o nome "www.min-edu.pt" representa o nome de um host chamado "www", da instituição "min-edu" (Ministério da Educação) do país "pt" (Portugal). Os nomes registados no DNS estão pois associados a instituições, países, etc. Trata-se de um sistema que não se adapta a registar o nome de pessoais singulares.

Desde 1991 em que foram montados os servidores do domínio de Portugal<sup>16</sup> que passou a ser possível definir e gerir no país sub domínios do mesmo. Daí para cá o número de domínios terminados em "pt" (portugueses) subiu de 26 em 1991 para cerca de 520 em Julho de 1996. Tal não implicou nenhuma alteração tecnológica especial dado que a tecnologia do DNS se adapta particularmente à escala. A principal alteração havida foi o número de servidores envolvidos que cresceu pelo menos uma a duas ordens de grandeza.

À primeira vista os 520 domínios portugueses poderiam sugerir que pelo menos 520 empresas em Portugal têm uma ligação à Internet para a qual necessitam de endereços fixos com nome próprio. Na verdade tal não é o caso pois muitos domínios destinam-se apenas a introduzir um outro nome (alias) para o mesmo servidor. Tal é o caso quando por exemplo o nome:

www.empresa.pt

é usado para designar o servidor não da "empresa.pt", mas sim um outro endereço do servidor do operador Internet onde a página WWW da empresa está albergada<sup>17</sup>.

Quando a Internet é crucial para a actividade de uma instituição, ela geralmente tem servidores próprios e ligações permanentes. Na verdade é provável que o número de instituições nesta situação não ultrapasse os 20% dos domínios registados no país.

Um outro problema relacionado com o DNS que se tem avolumado com a expansão da Internet em Portugal não é de carácter tecnológico mas sim jurídico. Trata-se de zelar para que seja possível proteger a propriedade dos nomes das empresas que os domínios representam. Isto é, evitar tanto quanto possível que alguém registe um domínio associado a um nome de que não é proprietário.

O DNS nacional tem sido gerido pela FCCN de forma gratuita até recentemente. Dado o crescimento do número de domínios e das solicitações havidas é natural que este serviço passe a ser pago pelos proprietários dos sub-domínios, que são os respectivos utilizadores.

## 10. Aplicações

Nos últimos anos houve uma deslocação clara no espectro de aplicações utilizadas na rede Internet. Em 1991 por exemplo, quando a Internet portuguesa começou a dar os primeiros passos, as aplicações dominantes eram o correio electrónico, a transferência de ficheiros (FTP), o acesso interactivo a computadores remotos (Telnet e afins) e o acesso a conferências electrónicas ou "news". Os serviços de informação (Gopher, WWW, etc.) davam os primeiros passos ainda nos laboratórios que os inventaram. A partir de 1993/94 o conforto e riqueza de meios permitidos pelos servidores, clientes e protocolos de suporte ao WWW (protocolo "http") trouxeram uma nova multidão de utilizadores para a Internet. Os primeiros passos em direcção ao multimédia estavam dados. Hoje em dia estima-se que 70 a 80% do tráfego sobre os *backbones* Internet corresponde a acessos a servidores WWW.

Esta situação coloca desafios novos à Internet. De facto, as aplicações tradicionais (e-mail, telnet, FTP, ...) são particularmente benignas para o funcionamento da rede. Por um lado, no início desta década a informação transportada pela Internet ainda era predominantemente textual e portanto de relativa pequena dimensão e realista mesmo com banda passante reduzida. Por outro lado, estas aplicações apenas utilizam o protocolo TCP. Este protocolo suporta controlo de fluxos e é capaz de se adaptar de forma flexível à banda passante disponível. Isto é, durante uma sessão TCP, o mecanismo protocolar adapta os "time-outs" e retransmissões às características da rede através de um poderoso sistema de "feedback". Grosso modo, o protocolo TCP serve-se dos sinais que evidenciam proximidade de saturação para colaborar com o sistema global de encaminhamento e evitar essa mesma saturação.

O protocolo HTTP é um protocolo cliente/servidor baseado na abertura de uma conexão para cada "request/reply". Desta forma o servidor pode ser "state-less" e portanto particularmente simples. No entanto não há bela sem senão. Quando o utilizador solicita uma página, se a mesma estiver recheada de efeitos gráficos, não só é aberta uma conexão para a página e para cada elemento multi-média que a compõe, como o volume de informação transportado é substancialmente maior. A Internet é assim atravessada constantemente por milhões de rajadas

de conexões de muito curta duração. A título de exemplo, um acesso a um servidor HTTP para visualização de uma página com apenas uma mão cheia de caracteres corresponde à troca de pelo menos 8 pacotes (3 para abrir a conexão, 1 para enviar o request, 1 para a resposta contendo o erro, e 3 para o fecho da conexão). Esta e outras características do protocolo estão a impulsionar uma revisão do mesmo que é de facto urgente.

O resultado deste estado de coisas é particularmente grave, não só o número de utilizadores aumenta exponencialmente, como a carga que cada um deles induz na rede é algumas ordens de grandeza superiores. A rede Internet evidencia sinais de quase constante congestionamento.

No quadro do modelo de preços praticado actualmente ("flat-fee" de forma generalizada e incapacidade do mercado para suportar diferenciação em termos de qualidade de serviço) os operadores não têm incentivos fortes (em especial financeiros) para aumentar a capacidade dos seus *backbones*.

Finalmente, estão também a aparecer um conjunto de aplicações emergentes, nomeadamente o transporte de voz e vídeo sobre a Internet. Estas aplicações exigem características especiais da rede, nomeadamente tempos de chegada e banda passante (esta última é particularmente importante no caso do vídeo). Como é sabido a voz e o vídeo transmitidos sobre canais digitais utiliza geralmente canais com banda passante e tempos de propagação garantidos. Passar este tipo de sinais sobre uma rede de dados como a Internet, sem garantias de banda passante e de uma significativa variância de tempos de trânsito, é um desafio.

A solução geralmente adoptada é utilizar o protocolo UDP que como referimos no ponto 2 não é sujeito a controlo de fluxos. O resultado sobre canais pouco carregados é francamente aceitável, pelo menos para a voz. No entanto, sempre que este tipo de conexões atravessam zonas potencialmente carregadas da Internet, nomeadamente os *links* internacionais e os *routers* dos NAPs, o efeito é catastrófico. Enquanto que o tráfego TCP vai receber os sinais de alarme e de proximidade da saturação e vai diminuir o ritmo da transmissão, o tráfego UDP, de forma "selvagem", não considerará essa situação e vai continuar provavelmente com o mesmo ritmo. Os utilizadores de aplicações TCP verão o desempenho das mesmas diminuir até pararem, ao mesmo tempo que os utilizadores UDP consumirão toda a banda passante disponível.

Em Portugal, tal como no resto do mundo, esta situação preocupa particularmente os operadores pois a mesma tem impacto directo sobre a qualidade de serviço fornecida. No momento actual as soluções adoptadas pelos operadores portugueses variam entre não fazer nada, bloquear o tráfego das aplicações de voz e vídeo, ou estabelecer esquemas de prioridade que penalizam esse tipo de tráfego sempre que a saturação se aproxima.

É provável que comecem a aparecer soluções para este problema introduzindo-se uma Internet com várias qualidades de serviço. Qualidade como a actual para o utilizador que apenas pode pagar baixo custo. Qualidade garantida para os consumidores dispostos a pagar o preço da mesma. No entanto, e como é óbvio, esta "nova Internet" exige importantes investimentos que não estão ao alcance da maioria dos operadores, pelo menos no quadro dos preços actualmente propostos aos clientes.

## 11. Protecção e segurança

A rede Internet nasceu num ambiente de investigação. Neste



ambiente não era comum dispor-se nem dos meios nem das necessidades para uma utilização segura da rede. É pois natural que estes aspectos fossem menosprezados inicialmente. Por outro lado, a Internet é uma rede aberta, multi-operador e portanto mais vulnerável. A segurança na Internet é pois como os protocolos de transporte utilizados, isto é, ela é "end-to-end", ou seja, da responsabilidade dos utilizadores finais e não dos operadores<sup>18</sup>.

Em 1991/92 poucas eram as empresas portuguesas ligadas à Internet de forma permanente. As universidades foram as primeiras vítimas de ataques e haveria um bom conjunto de histórias para contar. Com o aparecimento das empresas, a indústria desenvolveu uma série de técnicas e equipamentos que permitem às instituições adoptarem políticas de protecção eficazes sobretudo quando não disponibilizam serviços para o exterior, isto é, quando não recebem conexões com origem na Internet e destinadas aos seus equipamentos.

Essas técnicas baseiam-se na filtragem de tráfego ("screening routers"), na tradução de endereços, na imposição de sucessivas autenticações ao nível aplicação e na utilização de "proxies" dos serviços. A designação genérica para este tipo de equipamentos é a de "firewalls". A partir de 1994 apareceram várias soluções no mercado, empresas que os fornecem e os instalam e começou também a expandir-se a cultura e a técnica da segurança, nomeadamente nos cursos envolvendo formação em redes de computadores a nível superior.

Caso uma empresa forneça serviços do tipo comércio electrónico ou outros com requisitos equivalentes, através da Internet, é necessário utilizar criptografia das conexões e autenticações fortes. A tecnologia está disponível, parcialmente normalizada e parcialmente implementada. As barreiras à sua utilização maciça são essencialmente políticas. Por um lado os E.U.A. proíbem a exportação de *software* suportando estas técnicas com chaves suficientemente longas para serem robustas seja quais forem os meios do atacante<sup>19</sup>. Por outro lado, essa tecnologia obriga à generalização da utilização de criptografia assimétrica, isto é, baseada em chaves públicas, o que levanta o problema dos "notários electrónicos".

Na Internet portuguesa estão disponíveis alguns servidores HTTP suportando este tipo de métodos de acesso. Devido aos factores apontados a sua utilidade ainda é parcialmente limitada. No entanto, é de antever um grande desenvolvimento nesta área a curto prazo.

Apesar de tudo existem programas gratuitos, mas merecedores de confiança, que utilizam criptografia assimétrica e chaves secretas de dimensão adequada que podem ser usados para troca de correio electrónico seguro e assinado (ver por exemplo (5)) e sessões remotas criptadas e autenticadas também de forma segura.

Existe um problema suplementar de segurança que ainda não está a ser considerado convenientemente. Certos tipos de ataques, particularmente do tipo "Denial of service", não podem ser totalmente evitados na Internet. Para combater este tipo de vandalismo é necessário que os operadores tomem medidas e colaborem uns com os outros, e com as autoridades competentes, no sentido de permitir a rápida detecção da origem do ataque. A este nível falta fazer muita coisa: divulgar a tecnologia de forma coordenada, implementar atempadamente as medidas, estabelecer os organismos de coordenação, etc. Aqui julgamos que está quase tudo por fazer. Em particular, parece-nos que permitir o acesso anónimo à Internet é pelo menos questionável.

## 12. Aspectos legais e outros

Após todos estes anos de forte exposição mediática a Internet portuguesa ainda não mereceu nenhuma iniciativa legislativa nem outras iniciativas estatais significativas, com excepção das que se anunciam recentemente para apoio à divulgação da sua utilização pelas escolas e os organismos ligados à cultura.

Isto tem aspectos positivos e aspectos negativos. É positivo pois revela que a sociedade não esteve à espera do estado para avançar. As universidades conseguiram apesar de tudo por de pé um ramo Internet universitário e das instituições de investigação que existe e funciona sem apoios significativos específicos do estado<sup>20</sup>, formaram-se empresas, lançaram-se serviços, criaram-se talvez uns 100 a 200 postos de trabalho só em operadores Internet (sem contar com os serviços afins como o desenho de páginas, o aluguer de espaço em servidores ou os serviços de apoio como o fornecimento e parameterização de equipamentos) e o número de utilizadores subiu 20 vezes desde Janeiro de 1992 até Julho de 1996.

É negativo porque se trata de um sector no centro de uma nova abordagem das telecomunicações e com um impacto imprevisível na vida económica e social. Promover pelo menos "forums de reflexão" que possam ajudar ao aparecimento das medidas legislativas ou outras, eventualmente necessárias, parece-nos importante.

Algumas das pistas para essa reflexão podem ser sugeridas: notários electrónicos, como montá-los e por quem? Utilização de criptografia forte, que medidas tomar? Códigos de conduta para utilizadores e operadores, serão necessários? Concorrência livre e saudável, haverá algo a dizer? Política de preços das telecomunicações, haverá algo a mudar? Facilitar o desenvolvimento dos novos operadores será necessário?

## 13. Conclusões e perspectivas

No decurso deste artigo mostrou-se como a Internet em Portugal evoluiu de uma experiência piloto concretizada por um grupo de trabalho de uma dúzia de universitários e investigadores em tempo parcial até um serviço acessível a mais de 100.000 pessoas, envolvendo mais de 10 empresas e uma fundação científica na sua operação directa, com certamente mais de 100 profissionais a tempo inteiro dedicados ao seu funcionamento.

De 1991 à actualidade, a maturidade tecnológica da rede sofreu também diversas transformações o que demonstra que foi possível adquirir o *know-how* necessário para suportar o seu desenvolvimento. No entanto, há que não esquecer que os números continuam a demonstrar que Portugal é um país periférico do ponto de vista da Internet o que também é natural e compreensível. Muita coisa se pode no entanto fazer para ajudar a mudar este estado de coisas: nas universidades, divulgando a tecnologia e preparando os engenheiros e outros licenciados para a sua exploração e instalação, nas empresas, incentivando projectos que tirem partido da mesma para o desenvolvimento da actividade económica, na sociedade, utilizando-a se possível para aumentar a cultura e o bem estar, a nível estatal, actuando como legislador e catalizador das energias que as boas oportunidades e as tecnologias emergentes criam.

O desenvolvimento da Internet em Portugal vai implicar investimentos muito significativos nas infraestruturas de forma a permitir aumentar significativamente a banda passante e a introdução de equipamentos sofisticados capazes de lidarem com

as problemáticas da saturação e da qualidade de serviço de forma adequada. De que forma mobilizar esses investimentos de forma rentável é um grande desafio. Estará o mercado disponível para os rentabilizar? Na actual fase de desenvolvimento das telecomunicações o Estado está a retirar-se do papel de investidor institucional. No entanto, é provável que não possa deixar de ter um papel activo no processo. Estará a futura Internet reservada aos grandes gigantes das telecomunicações que desenvolvem actualmente o seu serviço Internet através de financiamentos cruzados, tornados realistas pela rentabilidade dos serviços clássicos, montados muitas vezes no passado através de investimentos maciços do Estado? A forma como esta questão evoluir será determinante para o futuro da Internet em Portugal.

### Bibliografia

- (1) José Legatheaux Martins, *Relatório de Execução do Projecto "Vertente IP da RCCN"* durante o ano de 1991, Departamento de Informática da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa e da FCCN, DI-FCUL 92-03, 1992
- (2) Christian Huitema, *Routing in the Internet*, Prentice Hall, 1995
- (3) Christian Huitema, *IP V6 - The new Internet Protocol*, Prentice Hall, 1996
- (4) A. S. Tanenbaum, *Computer Networks*, Prentice Hall, Third Edition, 1996
- (5) Simon Garfinkel, *PGP - Pretty Good Privacy*, O'Reilly & Associates, Inc., 1995

### Notas

- [1] O ramo português da Internet foi estabelecido em 1991. Do ponto de vista da evolução da rede Internet, essa data pode ser considerada como "muito recuada", "demasiado longínqua" ou "pré-histórica".
- [2] Se um computador isolado está ligado à rede Internet, ele pode ser neste modelo assimilado, por exemplo, a uma rede local com um único computador.
- [3] Na actualidade reconhece-se que a dimensão do endereço é insuficiente para as necessidades pelo que está em curso de introdução de uma nova versão do protocolo IP, IP versão 6 (ver 3), que contempla endereços de 128 bits.
- [4] Este artigo foi escrito no segundo semestre de 1996 pelo que considera apenas dados recolhidos até Julho do mesmo ano.
- [5] Inicialmente os computadores ligados à Internet eram computadores partilhados (servidores) pelo que a regra de multiplicar o número de endereços por um factor foi adoptada como forma de calcular o número de utilizadores reais. Hoje em dia a grande maioria dos endereços representam computadores pessoais pelo que essa regra deixaria de ser válida. No entanto, como se generalizou a ligação à Internet de utilizadores residenciais cujos endereços são atribuídos dinamicamente e partilhados pelos diferentes utilizadores, a regra anterior continua a ter alguma consistência. O número 7 foi escolhido por ser "mágico". Na verdade qualquer número entre 5 e 15 pode ser realista.
- [6] Dado que o número de operadores cresce constantemente,

não nos parece relevante contá-los de forma exacta, o que até se poderia afigurar difícil dado que alguns deles ainda nem sequer iniciaram actividade de forma pública.

[7] MAN - Metropolitan Area Network

[8] E de facto único dada a sua dimensão comparativa com os embriões de *backbones* comerciais que se estavam então a montar.

[9] Um "core router" é um *router* que não pode usar *default routing* na medida em que se ele não conhece a rede de destino, então é porque ela provavelmente não existe. Os *routers* dos *backbones* intercontinentais são geralmente "core routers". Os *routers* dos NAPs geralmente também são "core routers". Como é evidente tratam-se de *routers* com "pedigree".

[10] Também podem haver operadores de pequena dimensão sem capacidade para afectar endereços pois não fornecem senão acessos a utilizadores sem endereço fixo.

[11] Esta é mais uma das razões pelas quais é difícil contar o número de operadores presentes de facto no mercado português e em particular com *backbone* próprio no país.

[12] Se dois operadores têm um *link* que os liga directamente eles podem por exemplo querer que apenas o tráfego das respectivas redes utilize esse *link* e não o de outros operadores.

[13] Por um lado não é fácil saber qual o AS number ou AS numbers de cada operador e por outro a base de dados é actualizada manualmente pelo que nos parece que alguma da informação está desactualizada.

[14] Portuguese Internet Exchange

[15] Um switch ethernet permite uma melhor utilização da banda passante de um canal ethernet do que um simples repetidor

[16] A cada domínio estão associados vários servidores que replicam a informação DNS.

[17] Existem muitas outras técnicas de utilização do DNS apenas com o fim de designar serviços e não *hosts* numa rede local da empresa que possui o domínio. Esses serviços são geralmente implementados pelo operador e não em servidores próprios da empresa.

[18] Esta afirmação no que toca aos operadores não é totalmente verdadeira como veremos a seguir.

[19] Algumas pessoas sugerem que o tamanho de chave máxima autorizada está directamente relacionada com os custos que os organismos de segurança dos E.U.A. estão dispostos a pagar para as quebrarem, no entanto nunca foi possível verificar a autenticidade desta afirmação.

[20] Até pelo menos o final de 1995 julgamos ser certo afirmar que a operação Internet das universidades e dos institutos de investigação foi completamente auto-financiada pelos mesmos.