

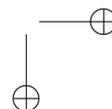
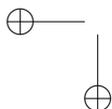
As origens históricas da Internet: uma comparação com a origem dos meios clássicos de comunicação ponto a ponto

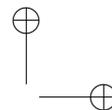
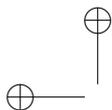
António Machuco Rosa

Universidade do Porto, Portugal

E-mail: machuco.antonio@gmail.com

CONFORME já foi observado (Campbel- Kelly e Aspray, 2004: 207 e sq.), existem diversas similaridades entre o processo de emergência da rádio, ocorrido na transição do século XIX para o século XX, e a emergência da Internet, assente na sua tecnologia de base, o computador. Um primeiro objectivo deste artigo consiste em levar a cabo uma análise histórica de alguns dos factores que estiveram presentes na criação dos meios de comunicação ponto a ponto que foram os antecessores imediatos da rádio enquanto estrutura de emissão em *broadcasting*. Serão sobretudo referidos os casos da telefonia com fios, telegrafias sem fios e telefonia sem fios. Não se visa aqui uma descrição exaustiva da emergência histórica desses meios. O aspecto que será sublinhado reside em esses meios serem meios combinatórios em rede que naturalmente originaram monopólios. A questão histórica relevante a ser abordada consiste em ver até que ponto existia a consciência, na transição do século XIX para o século XX, de que os então novos meios mecânicos de comunicação eram meios em rede. Ver-se-á que a resposta é afirmativa. Ver-se-á também que já existia a percepção das consequências económicas que decorrem dessa estrutura em rede. O objectivo fundamental do artigo consiste em comparar algumas das características dos originais meios ponto a ponto novos com os meios digitais em rede, considerados no momento histórico da sua emergência. Assim, procurar-se-á ver qual o conjunto de ideias e motivações que estiveram na origem da primeira rede de computadores, a ARPANET, e como esta rede evoluiu para o que veio a ser designado por Internet. Será dada especial atenção ao facto de o movimento de ideias designado por cibernética ter estado na formação do projecto que viria a determinar a implementação da primeira rede de computadores. Serão abordados os casos da influência de Norbert Wiener em Joseph Licklider e de Warren McCulloch em Paul Baran. Mostrar-se-á que, em sentido preciso, o conceito abstracto de rede contribuiu efectivamente para a génese da Internet, tal como se verá a origem histórica do

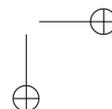
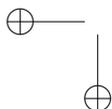


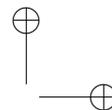
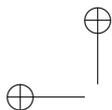


conceito de rede aberta. Uma rede de computadores torna-se realmente aberta quando os seus nós, os computadores, são também máquinas abertas. Apesar de se sublinhar que o destino das redes de computadores foi um processo determinado por causas historicamente contingentes, é possível mostrar que essas causas tornaram possível a existência de meios de comunicação que são efectivamente *novos media*. A análise da génese da Internet permitirá então identificar algumas das diferenças que distinguem esse meio em relação aos meios dos meios ponto a ponto clássicos que foram os seus antecessores.

A telefonia com fios

Para se analisar as similaridades existentes entre os meios de comunicação baseados em redes de computadores e o meio de comunicação tradicionalmente designado por rádio, importa centrar essa análise no período no qual a rádio encontra as suas raízes em meios ponto a ponto como o telefone ou a telegrafia sem fios. Sem dúvida que é uma questão muito importante ver como a rádio, inicialmente concebida como um meio ponto a ponto, se transformou num meio totalmente diferente, um meio em *broadcasting*. Essa transformação radical não será aqui abordada (cf. Benkler, 2006; Machuco Rosa, 2008). O objectivo consiste antes em sublinhar que meios como a telegrafia com fios, a telefonia com fios e a telegrafia sem fios, por um lado, e aquilo que acabou por ser designado por Internet, por outro, são todos eles *media* combinatórios. Mais especificamente, trata-se de encontrar evidências sobre a consciência histórica desse facto, donde decorrem consequências que permitem comparar os meios combinatórios tradicionais com os novos meios digitais. Um meio combinatório é uma rede. Uma rede é um conjunto de nós ligados, ou não, entre si (cf. Newman, 2003, Kleinberg e Easley, 2010, para uma introdução à teoria das redes). Uma rede cresce pela criação de novos nós e pela ligação desses novos nós aos nós já existentes. Hoje em dia, é conhecido que essa ligação se faz através de um princípio de ligação preferencial: cada nó recebe novas ligações em função proporcional dos nós que já possui (Albert *et al*, 1999). No contexto dos meios combinatórios ponto a ponto já referidos, importa sublinhar que o crescimento de uma rede faz aumentar o seu valor. O valor ou atractividade da rede cresce combinatoriamente com o número de nós alcançáveis. Compreende-se intuitivamente que



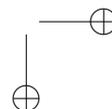
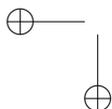


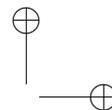
o valor de uma rede cresce exponencialmente com o número de nós: quanto mais nós e mais ligações, maior o incentivo para que um novo utilizador (nó) adira à rede, ligando-se aos nós e ligações já existentes¹. Essa dinâmica é hoje perfeitamente conhecida e compreendida em todas as suas consequências (cf., e.g. Economides, 1996, Shapiro e Varian, 1999). Já era conhecida na época em que surgiram os meios ponto a ponto mecânicos? De facto, ela era identificada em 1910 por Hubert Casson.

“Um telefone por si mesmo não tem valor. É tão inútil quanto um tubo de órgão cortado ou um dedo cortado de uma mão. Nem serve para ornamentar ou para qualquer outra finalidade. É completamente diferente de um piano ou uma máquina falante, que têm uma existência isolados. Apenas é útil na proporção do número de outros telefones que ele alcança. E cada telefone em qualquer parte acrescenta valor a qualquer outro telefone dentro do mesmo sistema de cabos” (Casson, 1910: 242-3).

Apesar de cometer um pequeno erro quando refere que a utilidade do telefone é ‘proporcional’ (de facto, ela cresce exponencialmente), Casson tinha a consciência clara de que certos meios são combinatórios porque possuem *externalidades em rede*. O seu exemplo era o telefone, então com mais de trinta anos de existência. A natureza combinatória de um meio como o telefone tem consequências económicas precisas. Na verdade, e aparentemente sem qualquer fundamento teórico orientador, o criador do telefone, Alexander Bell desenvolveu, instintivamente, a estratégia comercial que decorre do crescimento das redes (cf. Brooks, 1976). O primeiro passo do inventor norte-americano foi patentear a nova tecnologia e utilizar estrategicamente esses direitos de propriedade intelectual. Uma patente exclui em absoluto a concorrência, exclusão que permitiu a Bell deter o monopólio do telefone nos Estados Unidos durante o período de validade da sua principal patente, 18 anos à época. Durante esse período, Bell construiu um *sistema*, isto é, uma rede de que a sua companhia detinha o controlo (cf. Tosiello, 1971). Nessas circunstâncias, e como a tecnologia de base da rede telefónica inicial (a rede de Bell, detida pela *Bell Company*) estava protegida, essa rede não acabou por se tornar monopolista, com todas as consequências nocivas do ponto de vista da eficácia

1. Observe-se que numa rede com n nós existem no total $n(n-1)/2$ ligações possíveis entre os nós. Portanto, o número de ligações possíveis cresce não linearmente com o número de nós existentes.



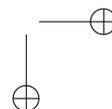
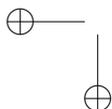


económica que podem resultar da presença de monopólios. Em meios combinatórios, a dinâmica que leva à formação de monopólios pode ser quase inevitável (cf. Arthur, 1994). Se duas ou mais redes estão em competição, a vantagem inicial de uma pode acumular-se até que, ultrapassado um certo ponto crítico, as redes concorrentes deixam de ser igualmente atractivas e a rede que ganhou inicialmente vantagem torna-se o sistema de rede monopolista (cf. Starr, 2004: 205 e sq., para a aplicação deste princípio na estratégia de Bell). Nesse tipo de estrutura económica, torna-se possível prever qual foi a reacção da companhia de Bell ao fim do monopólio conferido pelas patentes. Independentemente do facto de Bell ter, ou não, um claro conhecimento teórico das dinâmicas económicas das redes, o seu instinto prático de homem de negócios, consciente dos lucros que os monopólios permitem, levou-o a prosseguir uma política sistemática de não cooperação com os concorrentes que surgiram na década de noventa do século XIX. Ou seja, Bell desenvolveu uma política de incompatibilidade dos sistemas ao não permitir que as novas companhias concorrentes utilizassem a sua rede como ligação de passagem, impedindo que os assinantes dessas companhias pudessem comunicar com os da *Bell Company* e garantindo assim a consolidação do monopólio da rede já dominante. Bell continuou também a utilizar a litigância judicial em torno das patentes para que o equipamento dos seus competidores não fosse compatível com o seu. Em suma, Bell desenvolveu conscientemente uma estratégia visando retirar os máximos proveitos possíveis do facto de proprietário de uma rede fechada ².

A telegrafia sem fios

Com Guglielmo Marconi e a invenção da telegrafia sem fios como que se dá um passo adiante na compreensão da importância da estratégia comercial assente nos monopólios gerados espontaneamente pela dinâmica das redes. O inventor italiano tornou totalmente explícito que aquilo que na época se designava por ‘sistema’ consiste numa rede combinatória fechada. Motivado pelo problema causado pelas dificuldades das comunicações marítimas, Marconi inventou, em 1896, uma tecnologia de comunicação que substituíu o telégrafo

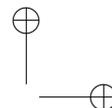
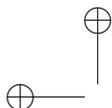
2. É significativo que, no seu livro de 1910, Casson, insista bastante sobre o papel que a guerra de patentes teve no fase inicial do desenvolvimento do telefone.



tradicional na troca de informações entre navios. A tecnologia de comunicação de Marconi era uma forma de telegrafia sem fios (TSF). Tal como a telegrafia com fios e a telefonia, a telegrafia sem fios era uma tecnologia de comunicação ponto a ponto. Nada tinha a ver com a ideia de transmitir conteúdos a receptores indiferenciados, mas não deixava de representar uma grande oportunidade comercial. Em 1897, Marconi obteve em Inglaterra a primeira patente cobrindo a sua tecnologia de telegrafia sem fios e fundou a empresa que, em 1900, se tornaria na *Marconi's Wireless Telegraph Company*, ano em que lhe é atribuída uma outra patente protegendo um dispositivo de sintonização do sinal em frequências diferentes. De início, o seu negócio assentava na venda de equipamento de emissão e recepção, mas sem dúvida que, tão importante historicamente quanto a invenção da TSF, foi o facto de Marconi ter reorientado a estratégia da sua companhia para a venda de serviços (cf. Baker, 1970, para história da empresa de Marconi). A mudança de estratégia visava a criação de um monopólio. Tal como sucedeu com Bell, Marconi procurou formar um sistema, isto é, uma *rede proprietária*. A estratégia do inventor italiano passou pelo fornecimento de um serviço que consistia em disponibilizar a clientes o equipamento, e respectivos operadores humanos, de telegrafia sem fios. Quer o equipamento quer os operadores permaneciam sob o controlo da companhia de Marconi. Os contratos de fornecimento de serviços passaram mesmo a estipular explicitamente que o equipamento da *Marconi's Wireless Telegraph Company* não poderia ser usado para receber ou emitir mensagens de equipamentos de TSF fabricados por empresas rivais. De forma mais explícita do que sucedia com Bell, Marconi tinha uma clara ideia acerca do uso estratégico de uma política de não intercomunicação de equipamentos. Ele não hesitava em declarar aos jornais:

“A política da Companhia Marconi sempre foi a de não permitir o reconhecimento de outros sistemas (...). Não se pode esperar que prejudiquemos o nosso próprio interesse, o que certamente faríamos se permitíssemos que essas estações comunicassem com navios e estações usando o nosso sistema” (*New York Times*, 8/10/ 1901).

Uma declaração apenas possível na ausência de regulação governamental. Ela jamais seria hoje em dia proferida por um responsável de uma empresa de telecomunicações. Portanto, na telegrafia sem fios repetiu-se a dinâmica económica subjacente à estratégia de Bell: a recusa da intercomunicação visa capturar a totalidade dos efeitos de rede na medida em que o aumento do

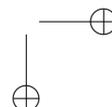
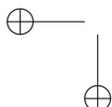


número de nós incentiva a criação de novos nós e a sua ligação aos nós já existentes numa certa rede. Se uma empresa detém a infra-estrutura tecnológica desses nós, é grande a probabilidade de ela se tornar o operador *standard* e assim monopolizar a rede.

A telefonia sem fios

Passámos em revista o papel desempenhado pelas patentes na emergência do telefone e da TSF. Ele aponta para o papel decisivo que a regulação sempre desempenhou na emergência de qualquer moderno meio de comunicação (esse é o argumento central de Starr, 2004). A regulação foi igualmente decisiva no caso da telefonia sem fios, no exacto momento em que esse meio se transmutou na rádio enquanto meio de comunicação em *broadcasting*.

Tal como o telégrafo, o telefone e a TSF, a tecnologia que genericamente pode ser designada por ‘rádio’ também foi patenteada. Mais exactamente, um equipamento de rádio requer o concurso de diversas tecnologias, tendo as principais surgido na primeira década do século XX. Em 1900, Reginald Fessenden, criou e registou a patente de um alternador que permitia a emissão através de ondas contínuas. O alternador seria completado em 1906 por Ernst Alexanderson, que também ficou detentor de direitos de patentes. Em 1904, Fessenden também patenteou um detector eléctrico do sinal, dispositivo foi copiado por Lee de Forest. De Forest ficou sobretudo conhecido pela invenção do tríodo (a que ele chamou ‘Audion’), isto é, o tubo de vácuo com três válvulas que se tornaria mais tarde o dispositivo fundamental para a detecção e amplificação dos sinais de rádio. Esse dispositivo também foi patenteado. (Para os aspectos mais especificamente tecnológicos presentes na origem da rádio, cf. Barnouw, 1967, Aitken, 1976) Insiste-se no papel das patentes por ele constituir um importante guia para compreender como puderem surgir, nas últimas décadas, os novos meios assentes na Internet, e que se tornarão ‘novos’ exactamente por a propriedade intelectual ter neles desempenhado um papel completamente diferente do que se constata ter sucedido nos meios de comunicação hoje designados como clássicos. No caso destes meios, em particular no caso da rádio, a existência de múltiplas patentes necessárias para implementação de uma emissão de rádio, com os inúmeros conflitos resultantes dessa multiplicidade, foi um factor que levou à intervenção decisiva dos



governos, a qual precipitou finalmente o *broadcasting* na existência. Nos Estados Unidos, diversas empresas (AT&T, General Electric e Westinghouse) compraram no período que antecedeu a primeira grande guerra as patentes de Fessenden, Alexander e de Forest. Com o eclodir da guerra, os direitos conferidos pelas patentes foram suspensos. Com o fim da guerra, desencadeou-se uma outra guerra, agora uma guerra de patentes, entre as diversas empresas que detinham os seus direitos (cf. Douglas, 1987, Benkler, 1998), sucedendo que um dispositivo completo de rádio dependia das diversas patentes detidas em exclusivo pela GE, pela AT&T, pela Marconi e pela Westinghouse. Foi para terminar com essas guerras, que impediam um real desenvolvimento da rádio, que o governo norte-americano interveio, forçando a criação da RCA (*Radio Corporation of America*). A acção do governo norte-americano levou a que, em 1919, essas patentes ficassem na posse da RCA. É esta empresa que, em 1926, vai estar na origem da NBC, uma data que marca a consolidação do modelo do *broadcasting*. No entanto, empresas como a RCA não tinham inicialmente como objectivo comercial produzir conteúdos, mas sim criar um mercado destinado à venda de equipamentos (Bournow, 1967), uma situação que se repetirá no caso dos computadores. Também como neste último caso, os inícios da rádio foram caracterizados pela necessidade de encontrar um qualquer modelo de negócio ao nível de produção de conteúdos que alavancasse a venda de aparelhos de recepção. Esse modelo apenas seria encontrado mais tarde, e somente numa data tão tardia quanto a década de cinquenta surgem nos Estados Unidos empresas de *media* que controlam totalmente a produção e emissão de programas. O desenvolvimento histórico do *broadcasting* sai fora do âmbito deste artigo. O ponto importante que deve ser retido com base nos factos históricos anteriormente resumidos é que surgiram de meios de comunicação assentes em tecnologia proprietária e nos quais a capacidade de emitir vai ser estritamente regulada pelos governos. Assistiu-se à emergência de um meio em *broadcasting* que sucedeu (apesar de não os substituir) a meios combinatórios, a meios em rede. Estes eram redes proprietárias que tenderam a gerar monopólios privados. Deve ainda notar-se que todos esses meios, o telefone, a telegrafia e a rádio, foram desenvolvidos pelos seus criadores a partir do ponto de vista prático do inventor, o qual, trabalhando de forma mais ou menos isolada, foi sobretudo guiado pela sua capacidade em descobrir a forma prática de aplicar certos princípios fundamentais da Física. Não existiu qualquer movimento de ideias inspirador e orientador. Tão pouco

meios como a telefonia e a telegrafia visavam a comunicação propriamente dita, mas tão somente coordenar acções objectivas no mundo. Para Bell, a telefone devia ser um meio ao serviço ‘banqueiros, comerciantes, industriais, lojistas, companhias de água, esquadras de polícia, estações de bombeiros, escritórios de jornais, hospitais’ (citado por Winston, 1998: 53), enquanto que, para Marconi, o objectivo da TSF era coordenar a navegação de navios. Qual foi a trajectória histórica inicial dos novos meios assentes em redes digitais? Formam que tipo de redes? Visavam originalmente ser um meio de comunicação propriamente dito? E, sobretudo, em que quadro teórico e sob a influência de que movimento de ideias surgiram os novos *media*? A resposta a essas questões permite uma contraposição entre os meios tradicionais ponto a ponto e a Internet.

A cibernética e as origens da Internet

Um aspecto histórico que nem sempre é suficientemente sublinhado reside na grande influência que algumas figuras destacadas do chamado movimento cibernético tiveram em alguns dos principais mentores do projecto que viria a implementar a primeira rede de computadores. Apresentamos aqui evidência histórica sobre o papel inspirador que membros fundadores do movimento cibernético, como Norbert Wiener e Warren McCulloch, tiveram em pioneiros da Internet como Joseph Licklider e Paul Baran. Licklider foi talvez o principal impulsionador do projecto ARPANET, que levaria à implementação da primeira rede física de computadores ligados entre si, precisamente a rede ARPANET, que foi a primeira rede da rede de redes que viria a ser a Internet (sob a evolução da Internet, cf. Hafner e Lyon, 1996, Abbate, 1999). Contribuindo para o nascimento das ideias guias do projecto existiram as relações pessoais documentadas entre Wiener e Licklider.

“Nessa altura, [Licklider] explicou numa entrevista que ‘Norbert Wiener orientava um grupo que atraia pessoas de toda a Cambridge, e eu frequentava-o todas as terças-feiras. Conheci aí muita gente do MIT’” (in Lee e Rosin, 1992: 16).

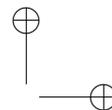
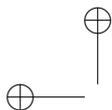
Provavelmente, a entrevista citada foi uma concedida por Licklider, mais tarde, em 1988, na qual se lê:

“Existia um enorme fermento intelectual em Cambridge após a Segunda Grande Guerra. Norbert Wiener orientava um grupo de 40 ou 50 pessoas que se reuniam semanalmente (...). Eu era um seu aderente fervoroso” (Licklider, 1988).

Essa relação de mestre-discípulo também pode ser constatada em termos conceptuais. A partir dos seus trabalhos em teoria da informação, Norbert Wiener desenvolveu o que pode ser designado por uma ideologia comunicacional no seu livro de divulgação *The Human Use of Human Beings – Cybernetics And Society* (Wiener, 1950). A ideologia comunicativa de Wiener possuía um dos seus fundamentos nas então novas máquinas processadoras simbólicas de informação. Ele queria colocar essas novas máquinas ao serviço de um ‘ideal comunicativo’. Este baseia-se num instinto que constitui um facto psicológico básico. Trata-se de ‘a fala ser certamente o maior interesse e a realização mais distintiva do homem’ (Wiener, 1950, p. 85), pois existe ‘uma tendência geral para a fala (Idem, p. 83), uma ‘tendência irresistível para a comunicação’ (Idem, *Ibidem*). Os obstáculos à comunicação devem ser eliminados tanto quanto possível, e essa é uma tarefa na qual as máquinas podem desempenhar um papel decisivo. Já assim sucedeu com o telégrafo e o telefone (Idem, p. 91), mas agora, graças às novas máquinas de processamento de informação, poderemos ‘participar numa corrente contínua de influências que nos chegam do mundo exterior’, pois, ‘para o homem, estar desperto para o mundo significa participar no desenvolvimento do conhecimento e na sua troca mundial’ (Idem, p. 122).

Pode ler-se o livro que Wiener publicou em 1950 como uma tentativa de síntese de duas concepções acerca das então emergentes tecnologias da informação. Por um lado, as novas máquinas de processamento de informação destinaram-se a realizar o projecto da inteligência artificial (cf. Dupuy, 1994). Esse ponto de vista acerca da função dos computadores, que na altura era largamente dominante, foi aquele que menos influência teve na ideia de construir um novo tipo de *media*. Por outro lado, a concepção dessas máquinas enquanto sistemas *abertos* postos ao serviço da ‘tendência irresistível para a comunicação’ pode estar na génese da concepção dos computadores enquanto dispositivos de *comunicação entre homens através de computador*. Licklider inspirou-se na vertente do pensamento de Wiener que considera os computadores como instrumentos de comunicação. Ele partiu também da noção de sistema acoplado ou coevolutivo. É o que Licklider designava por

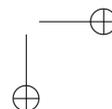
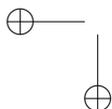
teoria da interacção simbiótica homem-computador, segundo a qual um computador é um meio que determina o agente, o qual por sua vez determina o meio (Licklider, 1960). Em consequência, ele não cessou de insistir que os computadores deveriam ser ‘tecnologias da inteligência humana’ e não apenas máquinas calculadoras (Hafner e Lyon, 1996). Eles deverão ser ‘altamente interactivos’, ‘deverão suplementar as nossas capacidades em vez de com elas competir’ [crítica à inteligência artificial], ser capazes ‘de representar progressivamente ideias mais complexas sem existir a necessidade de mostrar todos os níveis da sua estrutura’ (Licklider, 1960). Desenha-se assim uma visão acerca dos computadores que acaba por efectivamente reter um dos aspectos sublinhados por Wiener acerca das novas máquinas de comunicação. Essa visão centra-se num duplo sentido de ‘comunicação interactiva’. Por um lado, a interacção (‘simbiótica’) entre o computador e utilizador, ideia cuja tematização e posterior sucesso é bem conhecida: concepção de sucessivos *interfaces* que permitem uma comunicação cada vez mais interactiva entre o homem e o computador (cf., e.g. Negroponte, 1996). Por outro, o conceito de interacção implica conceber os computadores como sistemas abertos postos ao serviço de uma ideologia comunicacional semelhante à de Wiener, a qual se deverá concretizar pela comunicação entre homens através de computador. Se em Wiener ainda existia uma forte ênfase da concepção dos computadores como processadores simbólicos de informação, em Licklider torna-se dominante a perspectiva ‘simbiótica’, na qual o objectivo é a comunicação propriamente dita, e não a comunicação entendida como um conjunto de ordens destinadas a controlar uma máquina. Ora, e este é o ponto crucial, Licklider possuía um instrumento que permite realizar um ideal comunicativo como o antevisto por Wiener; esse instrumento é a materialização da ideia, revolucionária, de *computadores ligados em rede*. Essa ideia nada tinha de trivial, pois falar de ‘computadores ligados em rede’ *não* implica falar de computadores como um *media de comunicação*, bem pelo contrário. Em primeiro lugar, ela nada tinha a ver como um projecto de controlo, em que uma máquina controlaria a(s) outra(s). Em segundo lugar, ela não estava ao serviço do projecto que efectivamente levaria a implementar a primeira rede de computadores: ligar diversos computadores em rede a fim que utilizadores geograficamente situados pudessem aceder aos recursos computacionais das máquinas uns dos outros, isto é, realizar a computação distribuída (Hafner e Lyon, 1996). E, finalmente, em terceiro lugar, na ligação de computadores em rede podemos

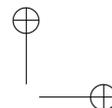
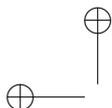


conceber os computadores fundamentalmente como *pontos de comutação* e não como *media* de comunicação. É importante observar que Licklider criticava precisamente aqueles que sobrestimavam a primeira de entre essas duas concepções:

“Muitos engenheiros de comunicações estão actualmente bastante entusiasmados acerca da aplicação dos computadores digitais à comunicação. Contudo, o seu objectivo é que os computadores implementem a função de comutação. Assim, os computadores ou comutarão as linhas de comunicação, ligando-as de acordo com as configurações exigidas, ou comutarão (o termo técnico é ‘recebe e transmite’) mensagens. A função de comutação é importante mas não é aquela que temos presente ao espírito quando dizemos que os computadores revolucionarão as comunicações. Nós salientamos a função modeladora, não a função de comutação. Até ao momento, o engenheiro de comunicações não sentiu ser do seu âmbito facilitar a função modeladora, tornar simples a modelação interactiva e cooperativa. Transmissão de informação e processamento de informação têm sido levadas a cabo separadamente e foram separadas institucionalmente” (Licklider e Taylor, 1968).

Os computadores não devem ter como função essencial comutar as mensagens, isto é, eles não se devem limitar a desempenhar as funções daquilo que viria a ser conhecido como os *routers* da rede. Eles devem visar a comunicação propriamente dita. Deve insistir-se em que as ideias de Licklider eram completamente revolucionárias. À época, passava certamente pelo espírito de muito poucos que os computadores pudessem ser a tecnologia de um meio de comunicação, diferente mas sucedendo a meios de comunicação como a rádio ou a televisão. De facto, apesar das ideias visionárias de Licklider, refere-se de novo a implementação prática uma rede de computadores nada teve a ver com a criação de uma nova tecnologia de comunicação entre os homens. Quando a ARPANET começou a ser efectivamente implementada, em meados dos anos sessenta e sob a orientação de Charles Taylor, o motivo imediato foi tão simplesmente poupar dinheiro graças a uma arquitectura de rede que permitisse que diversas máquinas utilizassem os recursos computacionais de uma mesma máquina (Hafner e Lyon, 1996: 43). Acrescente-se ainda que apenas na década de noventa, e de forma mais intensa apenas na passada década, se generalizou a ideia de que a Internet e plataformas nela assente constituem um verdadeiro meio de comunicação, um novo tipo de *media*. No seu início, a Internet era concebida como uma forma instrumental de eficazmente coor-





denar diversas máquinas. Essa fase instrumental esteve na génese de todos os outros meios ponto a ponto precursores da Internet, caso do telégrafo com fios (coordenação de comboios), do telefone (coordenação de operações de ajuda e de informação comercial) e da telegrafia sem fios (coordenação de navios) (cf. Winston, 1998, no que respeita ao destaque que deve ser dado à fase instrumental dos meios de comunicação).

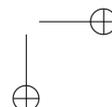
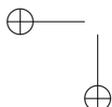
O conceito de rede em Paul Baran

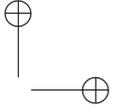
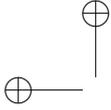
Foi o grupo de investigadores da agência de investigação norte-americana ARPA, inicialmente agrupados em torno de Licklider, e depois dirigidos por Charles Taylor que, em 1969, implementou a primeira rede de computadores, a ARPANET. Contudo, durante a última década do século passado circulou com frequência a ideia de que a actual Internet teria sido originariamente concebida por Paul Baran, investigador da RAND nos anos sessenta. A sua motivação teria sido criar uma rede de comunicações susceptível de resistir a um ataque nuclear soviético. O projecto consistia em criar uma rede que, em caso de ataque nuclear, não fosse totalmente destruída se uma das suas partes fosse atingida. Baran descreve assim o seu objectivo:

“... propõe-se um sistema de comunicações onde não existiria um comando central ou ponto de controlo; no entanto, todos os pontos sobreviventes seriam capazes de restabelecerem contacto entre si se um qualquer deles fosse atacado. Portanto, estragos numa parte não destruiria o todo e o seu efeito no todo seria minimizado” (Baran, 1960).

Não foi o trabalho de Baran que esteve na origem directa da ARPANET. No entanto, ele foi importante por várias das suas ideias terem acabado por configurar as redes de computadores. Se Licklider antecipou que as redes de computadores poderiam vir a ser um novo meio de comunicação, Baran antecipou, ao nível dos próprios detalhes, a *forma* que esse novo meio viria a ter, em particular o facto de ele ser, em sentido preciso, uma *rede* com um conjunto de métricas específicas. Ele antecipou em mais de trinta anos alguns dos valores exactos dessas métricas e o quadro teórico que as permite explicar³.

3. A teoria das redes na sua forma actual teve talvez o seu nascimento com a publicação de um importante artigo acerca dos ‘mundos-pequenos’ por Duncan Watts e Steve Strogatz (Watts e Strogatz, 1998). A teoria das redes teve de seguida avanços fundamentais durante os últimos





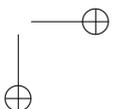
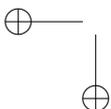
E, tal como vimos ser o caso com Licklider, também existe evidência disponível de que Baran se inspirou nas ideias do movimento cibernético. Se a inspiração de Licklider consistiu sobretudo em inferir os aspectos comunicacionais que podiam ser retirados do projecto de Wiener, Baran retirou consequências do facto de a cibernética encarar o cérebro humano como uma rede neuronal⁴. Mais precisamente, Baran foi influenciado por um outro membro do movimento cibernético, Warren McCulloch. Ele é perfeitamente claro acerca dessa filiação:

“Queríamos saber como construir um tal sistema [uma rede de computadores com comando e controlo fiáveis]. Portanto, acabei por me interessar pela área das redes neuronais. Em particular, Warren McCulloch inspirou-me (...). Ele mostrou como se poderia cindir uma parte do cérebro e a função dessa parte mover-se para outra parte. O modelo de McCulloch do cérebro tinha as características que eu julgava serem importantes no *design* de um sistema de comunicações fiável” (Baran, 1994).

Reafirma-se que o conceito de *rede* também encontra uma das suas origens no movimento cibernético. Em McCulloch, tratava-se de analisar o cérebro como uma rede redundante e sem uma organização em módulos completamente independentes. Baran partiu dessa concepção, mas precisa a noção de rede na medida em que aborda directamente a sua *topologia* e a distingue dos *processos* que nela se desenrolam e por ela são constrangidos. Os processos, como vamos ver, concernem o problema de Baran: construir uma rede redundante que resistisse a qualquer tipo de ataques vindos do seu exterior (e.g., um ataque nuclear). Esse tipo de investigação obriga a considerar previamente a

dez anos. De entre a numerosa bibliografia disponível, deve referir-se, a um nível avançado, Dorogovtsev & Mendes (2003), Newman (2002), e um, ao nível de divulgação, os excelentes Barabási (2002) e Watts (2003). A um nível intermédio pode citar-se o já referenciado Kleinberg e Easley, 2010. Nessas obras poderá verificar-se que as principais propriedades do espaço das redes são a função de distribuição das ligações pelos nós, a existência (ou não) de um componente gigante (*giant cluster*), a distância entre os nós da rede e o coeficiente de agrupamento. De entre os processos que têm as redes como suporte natural, destaca-se a robustez, o tipo de processo que sobretudo interessava a Baran.

4. Recorde-se que um momento crucial para a constituição do chamado movimento cibernético foi quando Warren McCulloch e Walter Pitts publicaram, em 1943, *A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity*, artigo cujo objectivo em consistia em mostrar como as operações mentais podem ser encarnadas em dispositivos materiais (McCulloch e Pitts, 1943).



redes em si mesmas e segundo a forma mais estilizada que elas podem assumir: nós conectados por ligações. Após ter feito notar que, em qualquer rede, existem $n(n-1)/2$ ligações possíveis, Baran apresenta diagramas de redes como os seguintes:

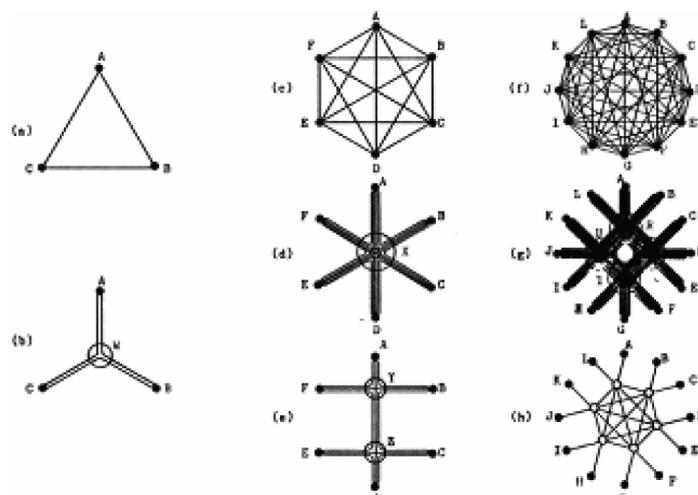


Figura 1. Tipos de redes (in Baran, 1964).

A rede (a) possui três nós e três ligações, observando-se que (f) possui a totalidade das $n(n-1)/2$ ligações possíveis existente entre 12 nós (é uma rede totalmente conectada). Redes como (b), (e) e (h) visam mostrar que não se trata apenas de considerar as redes como entidades matematicamente abstratas (aquilo que se chama um grafo), mas sim como redes físicas de comunicação, nas quais os nós representam estações terminais e pontos de comutação e as ligações representam cabos de comunicação. No entanto, as redes apresentadas são apenas ilustrações do conceito genérico de rede e não possuem qualquer princípio estrutural. A ideia fundamental de Baran foi classificar as inúmeras redes possíveis em função da sua resistência ou redundância. Ele chegou então ao seguinte princípio estrutural, ilustrado pela figura 2.

As duas primeiras redes da figura 2. são estruturas centradas (Machuco Rosa, 1999, para essa noção), pois a segunda é uma reprodução local do ‘mo-

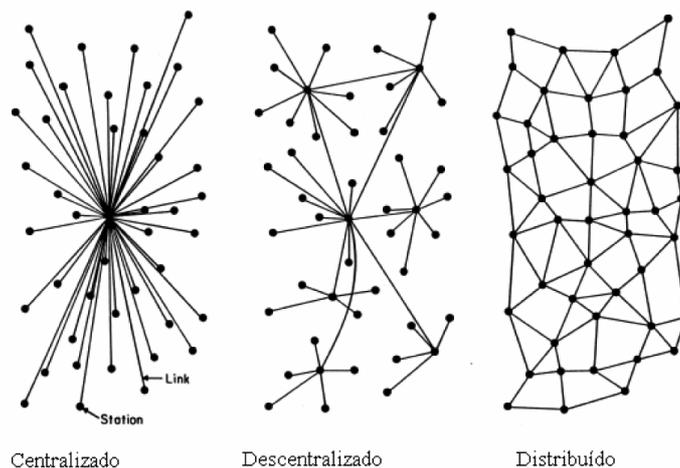


Figura 2. Os tipos fundamentais de redes, segundo Baran (in Baran, 1960).

tivo' da primeira. A distinção fundamental é entre as duas primeiras redes e a terceira ('distribuído'), como aliás Baran reconhece:

“Embora possamos traçar uma grande variedade de redes, todas elas se classificam em dois tipos: centralizadas (ou estrelas) e distribuídas (rede ou malha)”(Baran, 1960).

Não deixa de ser interessante apresentar um outro esquema de Baran, que os comentadores usualmente negligenciam:

Esta figura parece não alterar nada de substancial por relação à anterior, só que isso não é completamente verdade. A figura traça implicitamente o 'espectro da conectividade do sistema' segundo uma linha orientada que funciona como um *parâmetro de controlo*. Este consiste nas ligações que vão sendo criadas e que assim aumentam a redundância do sistema. Isso mostra até que ponto Baran tinha uma ideia bastante avançada para o seu tempo do conceito de rede. O único parâmetro de que a rede depende é a sua conectividade, e é em sua função que vai ser definida a quantidade que interessa estudar: a redundância como medida de robustez. Em consequência, Baran definiu o 'nível de redundância', R , como medida da conectividade, de acordo com a ilustração da figura 4. Parte-se de uma rede com o menor número pos-

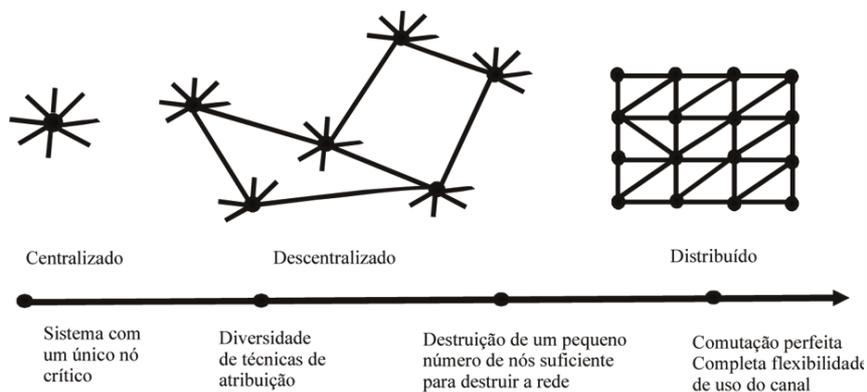


Figura 3. Os tipos de redes dependentes de um parâmetro de controlo (in Baran, 1964).

sível de ligações ($R=1$) escolhida como referência. Se o número inicial de ligações é duplicado tem-se um nível de redundância = 2, etc. (cf. figura 4). Portanto, o nível de redundância é a razão entre o número de nós e de ligações. Baran compreendeu claramente que se forma um componente gigante, isto é, torna-se possível ir de um nó a qualquer outro nó, quando se ultrapassa um certo limiar crítico na razão entre nós e ligações. Esse limiar crítico ocorre quando estão presentes 0.1 das ligações possíveis entre os n nós.

A questão da redundância da rede face a ataques é um problema exactamente inverso da determinação de um componente gigante: existe um valor crítico (o mesmo) de nós ou ligações que tem de ser ultrapassado para que o agrupamento gigante deixe de existir.

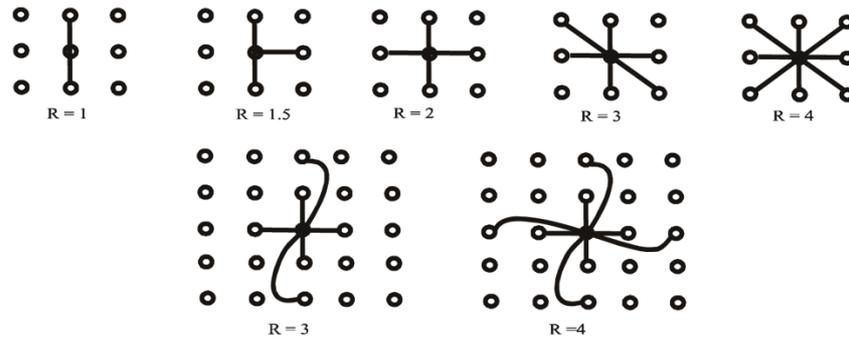
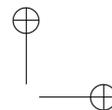
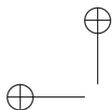


Figura 4. Definição do nível de redundância de uma rede segundo Paul Baran.

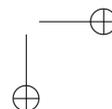
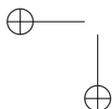
Graças a esta definição de redundância, Baran escolheu como *design* óptimo uma rede que não é uma árvore hierárquica nem está completamente conectada: uma rede robusta terá uma redundância = 3 ou 4; portanto, exactamente na passagem pelo valor crítico de 0.1. Ela deverá comportar-se de forma robusta face a ataques *aleatórios* dirigidos quer a nós quer a ligações. A topologia óptima do *design* de uma rede constrange os processos – a circulação de informação – que nela se desenrolam. Com base neste tipo de arquitectura de rede, Baran realizou simulações numéricas que lhe permitiram concluir que cerca de 0.7 dos nós poderiam ser destruídos sem que a rede deixasse de funcionar, isto é, continuaria a encaminhar informação de um nó para qualquer outro nó (cf. Baran, 1964). Na verdade, sabemos hoje que a Internet se tornou uma rede ainda mais robusta do que o previsto por Baran, com cálculos a apontarem para que a rede sobreviva, no caso de ataques aleatórios, até cerca de 0.9 de nós destruídos. (cf. Albert et al, 1999). Mas são precisamente os resultados actuais que mostram como Baran foi guiado no seu trabalho por uma concepção bastante rigorosa acerca do que é uma rede. Pelo menos no que concerne a influência de Baran na implementação da primeira rede de computadores (e essa influência acabou por grande), pode ser afirmado que a Internet foi concebida a partir de um quadro teórico preciso: o da teoria das redes.

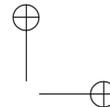


Internet: uma rede de protocolos abertos

Viu-se que o projecto de construir a primeira rede de computadores teve em parte origem num conjunto de ideias oriundas de áreas disciplinares estranhas às tecnologias de rede propriamente ditas. A primeira rede de computadores, a ARPANET, não surgiu a partir dos esforços mais ou menos isolados de um ou vários inventores, ao invés do que ocorreu em meios como o telefone ou TSF. A sua criação resultou de um trabalho conjunto de académicos financiados por governos e guiados por princípios teóricos sem uma realização tecnológica à partida evidente. A ARPANET e, posteriormente, a Internet, foram desde o início (nomeadamente no caso de Baran) pensadas como redes que deveriam implementar uma teoria matemática abstracta, a teoria das redes. Foi seguramente o primeiro momento em que redes empíricas e teoria abstracta das redes foram pensadas em conjunto⁵. Naturalmente que esse enquadramento conjunto esteve ausente da origem do telefone ou da TSF. Estes são meios combinatórios que cresceram por externalidades em rede, e viu-se como alguns empreendedores procuraram tirar partido desse facto. Evidentemente que também a Internet e, posteriormente, qualquer plataforma que nela tenha passado a assentar, desde redes de correio electrónico a redes sociais virtuais, é um meio combinatório que cresce por externalidades em rede: quantos mais utilizadores da rede maior o incentivo para que outros indivíduos (nós) imitem os anteriores e passem também a utilizá-la. Mas viu-se que essa dinâmica tendeu, no caso dos meios de comunicação na transição do século XIX para o século XX, a gerar monopólios detidos por empresas privadas. Isso não sucedeu com a Internet. Devem ser identificadas as razões desse facto, as quais permitem, de um ponto de vista histórico, compreender a formação de um meio de comunicação diferente dos anteriores. A ARPANET foi a primeira rede a ser implementada, em 1969. Mesmo depois de outras redes de computadores terem surgido, ela manteve-se durante praticamente toda a década de setenta do século passado como a mais importante. Apesar desse domínio, é notável que já no início dessa década tenha surgido a ideia daquilo que viria a ser a Internet. Com o surgimento de diversas outras

5. A teoria das redes teve uma primeira e muito incipiente formulação nos trabalhos de Leonardo Euler durante o século XVIII, trabalhos motivados pela circulação de peões através de pontes que atravessavam um rio. Mas esse tipo de análise, muito rudimentar, partia de uma rede empírica já existente.

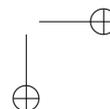
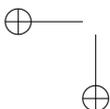




redes, colocou-se a necessidade de as federar ou ligar entre si. Isso foi conseguido com a invenção e progressiva adoção do protocolo *standard* TCP (*transmission-control protocol*), mais tarde TCP/IP. Ele teve consequências decisivas para a evolução das redes de computadores. O TCP foi inicialmente proposto em 1974 por Robert Kahn e Vinton Cerf e é uma consequência do conceito de redes de computadores enquanto estruturas polimorfas, abertas e em constante expansão. Essa concepção foi bem sintetizada por alguns dos pioneiros da Internet:

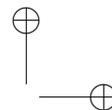
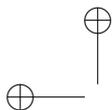
“A Internet baseou-se na ideia segundo a qual existiriam muitas redes independentes com *design* bastante arbitrário, começando com a ARPANET como a rede de comutação de pacotes pioneira, mas que em breve deveria incluir redes de satélites, redes de rádio baseadas em terra e outras redes. A Internet tal como hoje a conhecemos implementa uma ideia técnica chave: uma arquitetura aberta de redes. Segundo esta concepção, a escolha de uma tecnologia específica de rede não seria ditada pela arquitetura da rede mas poderia antes ser livremente escolhida por um fornecedor, e de seguida essa rede ligar-se-ia em rede a outras redes através do meta-nível ‘arquitetura de inter-redes’. Nessa altura existia um único método para federar redes. Tratava-se do método tradicional de comutação de circuitos através do qual as redes se interconectariam ao nível do circuito, transmitindo *bits* de forma síncrona através de uma porção de um circuito entre um par final de locais” (Leiner, Cerf *et al*, 1997).

Nesta ideia guia encontra-se realmente presente aquilo que viria a ser a Internet: um grande número de redes independentes que se foram progressivamente conectando entre si através de protocolos comuns. Deve ter-se presente que a Internet mais não é que um método de federar inúmeras sub-redes (desde redes de área locais a redes de longo alcance passando por redes de área metropolitana) sem se obedecer a qualquer plano central prévio. Cada uma dessas redes pode assumir (e em muitos casos assume efectivamente) arquitecturas e protocolos específicos. Existe contudo um nível que funciona como um denominador mínimo comum de interconexão que em nada impede o desenvolvimento espontâneo de qualquer uma das diversas redes específicas. Esse denominador é o TCP/IP. A ideia subjacente ao protocolo, nota noutra local Vinton Cerf, era a ‘de fiabilidade de ponto-final a ponto-final [*end-to-end*], não se pressupondo nada acerca do que existe no interior de cada rede. A única coisa que queríamos era que os *bits* fossem transportados através das redes; apenas isso: pegar num datagrama [= pacote] e transportá-lo’ (in Hafner



e Lyon, 1996: 227.) Concebido segundo o princípio arquitectónico de transmissão ‘end-to-end’, o TCP/IP é um protocolo *aberto*. Ele é aberto num duplo sentido, o qual representa o afastamento histórico da Internet face aos outros meios de comunicação. O protocolo é aberto *indiferente, neutral, ‘cego’*, por relação ao *conteúdo* que transporta. Não distingue entre qualquer dos inúmeros formatos que podem ser desenvolvidos para a rede. Transporta-os a todos. Os motivos que levaram a conceber um protocolo com as características do TCP/IP prenderam-se com razões de fiabilidade na transmissão dos *bits*. Visto as diversas redes terem crescido espontaneamente, elas assumiram arquitecturas específicas e utilizaram máquinas distintas e possivelmente incompatíveis, pelo que o conceito subjacente ao *design* do TCP/IP foi não pressupor nada acerca de cada uma dessas arquitecturas e máquinas; o protocolo deveria ser o mais neutral, o mais ‘estúpido’ possível. O princípio ‘end-to-end’ significa que a ‘inteligência’, isto é, os *programas*, reside nos nós (computadores) das redes, cuja natureza específicas, no entanto, não é distinguida ao nível do TCP/IP. (A primeira explicitação definitiva do conceito de rede *end-to-end* foi feita por Saltzer et al, 1984.) Além disso, o protocolo é aberto no sentido de não estar sujeito a especiais condições de propriedade intelectual. Muita da investigação que esteve na sua génese foi efectuada em ambiente académico, pelo que o protocolo (mais exactamente, o seu código-fonte) foi desde o início colocado em domínio público. O nível lógico de transporte da rede ficou desde a sua criação acessível a todos, praticamente sem exigir regulação governamental. A bifurcação entre os novos *media* e os *media* tradicionais encontra a sua origem na dupla abertura de um protocolo como o TCP/IP. Para que a bifurcação tenha sido completa, apenas restará mencionar as características dos nós físicos da Internet, ponto a que se voltará mais abaixo. O facto de o TCP/IP se encontrar em domínio público não impediu a existência da competição que sempre ocorre aquando da imposição de um *standard*, pois somente a adopção de um único *standard* monopolista permite capturar os benefícios das externalidades em rede. Assim, proposta por volta de 1972-73, a adopção do TCP/IP não foi imediata, pois o protocolo apenas se veio a tornar dominante durante os anos oitenta. Durante a década de setenta desenrolou-se uma intensa competição entre múltiplos *standards* de rede, prefigurando a situação genérica em tais processos: parte-se de uma situação de fragmentação ou competição até que um conjunto de factores acaba por induzir a imposição de um certo *standard* dominante e monopolista. Durante a década de setenta,

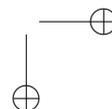
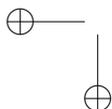
a proliferação de *standards* de rede era a regra (cf. Abbate, 1999). Em especial, a situação de fragmentação era particularmente grande nos *standards* proprietários e fechados; *standards* desenvolvidos e utilizados pelos diversos fabricantes de computadores da altura (IBM, Burroughs, Honeywell, etc.), os quais procuravam manter secretas as especificações técnicas dos respectivos sistemas, bem como provocar todo o tipo de incompatibilidades entre os diversos equipamentos de rede de forma a procurar manter ou ascender a uma posição dominante. Cada uma dessas empresas via o seu *standard* como o *standard*, a norma que todos os outros deveriam seguir. Pode-se sumariar esse ponto de vista afirmando que se tratava de substituir um défice de aprovação pública, real e exterior da parte dos outros actores, por uma suposta objectividade intrínseca; noutros termos, visto nenhum dos sistemas ser realmente um *standard* universal – a adopção e reconhecimento público desse sistema por todos –, é como se cada um tivesse o direito a reclamar-se o estatuto de *standard* devido a certos critérios de qualidade intrínseca que o faria naturalmente impor-se e assim passar do particular ao universal. Recorde-se que, pelo seu lado, mais de meio século antes, Marconi não invocava critérios de qualidade, mas somente as óbvias vantagens comerciais das incompatibilidades entre os sistemas. Esse tipo de combate pela imposição de um *standard* universal era um combate entre empresas que assim buscavam impor um *standard* privado. Também durante os anos setenta, desenvolveu-se uma aproximação diferente aos *standards* de rede, e que consistiu em propor *standards* públicos e abertos. É uma perspectiva que ser descrita como um combate do público ao privado (Machuco Rosa, 2006). Ela é exemplificada pelo TCP/IP. Este é um *standard de facto* e *bottom-up* em regime de domínio público, por oposição aos *standards* proprietários e aos *standards* formais *top-down*, isto é, aqueles que visam ser impostos por uma organização de regulação ou por empresas. Pelo contrário, TCP/IP é um *standard bottom-up* que não foi imposto mas cuja imposição emergiu. Se os *standards* proprietários a que acima se aludiu podiam ser considerados concorrentes do TCP/IP, tal era também o caso de um outro *standard* público proposto pela mesma altura, o X.25 – facto testemunhando a igualmente existente fragmentação no domínio público, mas no quadro de um combate público \bar{A} público. A concorrência entre o TCP/IP e o X.25 foi intensa na década de setenta, com os diversos actores da rede a dividirem-se (cf. Abbate, 1999). O X.25 tinha uma filosofia diferente do TCP/IP, pois não permitia a diversidade das redes, isto é, a totalidade dos protocolos dessas redes



teriam de se processar segundo os seus próprios parâmetros. Em particular, X.25 não conectava as diversas redes privadas que entretanto tinham surgido – bem com as que no futuro poderiam vir a surgir – independentemente das arquitecturas internas de cada uma delas. Essa razão e, sobretudo, algumas outras decisões técnicas tais como a separação entre os níveis TCP e IP e a introdução de um mecanismo que permite traduzir os protocolos de uma rede para outra rede (Abbate, 1999: 175), levaram a que os pratos da balança entre o X.25 e o TCP/IP se inclinassem ligeiramente para este último. Como é a regra nesse tipo de processos, uma diferença inicial em favor de um dos dois sistemas em competição amplifica-se com o tempo e leva ao seu domínio completo (Arthur, 1994).

O computador e as patentes

A imposição de um *standard* aberto como o TCP/IP não é suficiente para explicar a emergência dos novos *media*. Estes diferenciam-se dos anteriores meios combinatórios devido à tecnologia existente nos nós da rede de redes Internet, o computador, possuir características peculiares que não constituíram uma necessidade histórica. Como é bem conhecido, o computador teve a sua origem nas máquinas ENIAC e EDVAC, concebidas na *Moore School of Electronic Engineering*, em Filadélfia, graças à colaboração entre um matemático genial como J. von Neumann e dois engenheiros talentosos, J. Presper Eckert e John Mauchly. Von Neumann era antes de mais um académico privilegiando a troca de ideias, pelo que divulgou publicamente a concepção do computador (cf. von Neumann, 1945). Note-se quão incomum foi uma decisão desse tipo, pois as novas tecnologias foram, e são geralmente, objecto de patentes, com as consequências já ilustradas nos casos do telefone, da TSF e da rádio. Na realidade, pelo seu lado, Eckert e Mauchly fizeram o normal nessa circunstâncias ao procurarem patentear a nova máquina. Mas como von Neumann tinha colocado em domínio público a sua concepção, o pedido foi recusado (cf. Davies, 2004: 217). A grande relevância deste ponto é tornada clara se, contrafactualmente, se raciocinar acerca do desenvolvimento da informática no caso em que a sua máquina de base tivesse sido patenteada, isto é, controlada em exclusivo pela empresa que Eckert entretanto tinha formado: a trajectória histórica que vamos continuar a seguir teria seguramente sido di-



ferente. A contingência histórica presente desenvolvimento das tecnologias fica aqui ilustrada. Um outro exemplo será referido já de seguida. A característica fundamental do computador idealizado por von Neumann consiste em ele ser uma máquina *universal*. Há muito tempo que existiam mecanismos capazes de executar automaticamente certas tarefas, mas o computador de von Neumann era de *propósito geral*, capaz de executar automaticamente qualquer tipo de tarefa desde que definida de forma precisa. Já em 1945 von Neumann distinguiu nas novas máquinas o nível físico do nível lógico, sublinhando a independência do segundo por relação ao primeiro⁶. Noutros termos, existe uma distinção conceptual absoluta entre o que veio a ser designado por *software* e por *hardware*, e é essa distinção que torna um computador (universalmente) *programável*. A implementação efectiva do conceito de programa guardado em memória apenas surgiu uns (poucos) anos após o trabalho de von Neumann, graças à ideia de reutilizar sequências de código previamente gravadas numa fita magnética. Um passo seguinte consistiu em armazenar no computador essas sequências (programas), isto é, o computador passou ele próprio a ser um programador (cf. Ceruzzi, 2003: 81-84). Os programas passaram a residir permanentemente em memória e a serem automaticamente executados quando necessário. Nunca será suficiente sublinhar a enorme importância dessa concepção. Na ausência de programas gravados numa unidade de memória independente e passíveis de serem indefinidamente executados, a única forma de dar instruções a um computador obriga a codificar no próprio *chip* físico da máquina o código que se quer ver executado. Ainda hoje, os vulgares computadores pessoais têm algum código escrito no seu *chip* físico. Esse tipo de código é designado por *firmware* e, em geral, ele não pode ser modificado. Podem ser concebidos dispositivos computacionais que apenas funcionam com esse tipo de código a que usualmente não associamos o nome de ‘computador’. Na verdade, esses dispositivos estão omnipresentes, desde máquinas automáticas de refrigerantes e de café a calculadoras digitais, passando por muitos tipos de telemóveis. Essas máquinas são na realidade computadores num sentido restrito: são computadores dedicados (a uma certa função). Não são computadores universais. A existência de programação externa, independente do *hardware*, não constitui uma necessidade lógica. Ela

6. Von Neumann menciona explicitamente esse ponto no seu *First Draft of a Report on the EDVAC* (von Neumann, 1945).

foi o resultado de uma decisão, tornada possível por a concepção da máquina se encontrar em domínio público, o que determinou que o *design* do computador tivesse uma certa forma, apesar de uma outra ter sido igualmente possível. Mas a sua adopção cada vez mais generalizada tornou o computador uma máquina extremamente flexível e, o que agora é mais importante, *neutral*. Viu-se mais acima que um certo tipo de neutralidade do computador ficou garantido com a inexistência de patentes que limitassem o seu uso. Encontramos agora uma outra forma de neutralidade que decorre da decisão, não determinada pela natureza da própria tecnologia, de fabricar os computadores com um mínimo de código implementado directamente no *hardware*. Dado a sua concepção se encontrar em domínio público, o computador foi desde o início uma *plataforma aberta* em cima da qual a inovação poderia vir a ter lugar (cf. Zittrain, 2006). Na ausência de um monopólio conferido pelas leis de propriedade intelectual, os diversos fabricantes do novo dispositivo tecnológico tiveram que concorrer entre si, sendo obrigados a inovar a partir de uma mesma concepção de base comum a todos. Numa situação algo análoga às primeiras estações de *broadcasting*, eles tiveram que desenvolver *software* para que fosse possível criar um mercado comercial que alavancasse a venda do equipamento físico (Campbell-Kelly, 2003). Também os primeiros *broadcasters* tinham como objectivo comercial vender equipamento de rádio, e não produzir conteúdos. Essa similaridade entre os novos meios e meios tradicionais começa a desaparecer se mantivermos bem presente que, tendo tido origem numa estrutura de comunicação funcionando ponto a ponto, o *broadcasting* evoluiu para uma estrutura assente em dispositivos de emissão complexos, e extremamente dispendiosos, dedicados apenas a ‘emitir’, e em dispositivos de recepção simples (‘rádios’), cada vez mais baratos, dedicados apenas a ‘receber’. Pelo contrário, os novos meios evoluíram para uma estrutura em que o dispositivo de ‘emissão’ e ‘recepção’ *passou a ser o mesmo nesses dois distintos pontos*, a saber, o computador universal, o qual é um tipo de tecnologia neutral e complexa e relativamente barata. O afastamento entre novos e meios tradicionais torna-se definitivo quando os computadores passaram a ser progressivamente ligados em rede, para que foi decisiva a progressiva adopção de um sistema operativo adequado a ambientes de rede, o UNIX (cf. Salus, 1994, para uma análise histórica de Unix que foca a importância desse sistema operativo no desenvolvimento das redes). Unix também esteve, desde o início do seu desenvolvimento, sujeito a leis de propriedade intelectual bastante pouco restri-

tivas. Conjugaram-se assim, (1) um protocolo aberto e neutral (o TCP/IP); (2) uma máquina universal multifuncional também aberta e neutral (o computador); (3) um sistema operativo cujo código-fonte não vinha acompanhado de licenças proprietárias restritivas. Meios como o telefone ou a telegrafia cresceram por externalidades em rede, mas com base em arquitecturas fechadas ao nível lógico. Ao também crescer também por externalidades, concebido de acordo com princípios abstractos das redes, e ao evoluir segundo o modelo das plataformas abertas, um meio como a Internet criou as condições para a incessante da actividade de inovação que tem caracterizado as redes de computadores durante as últimas décadas.

Referências

- ABBATE, Janet,, *Inventing the Internet*, MIT Press, Cambridge, 1999.
- AITKEN, Hugh, *Sintony and Spar: The Origins of Radio*, NJ, Princeton University Press, 1976.
- AKER, William, *A History of the Marconi Company*, London, Methuen 1970.
- ALBERT, Reka, JEONG, Hou, BARABASI, Albert, 'Diameter of the world-wide web', *Nature*, 40: 130–131, 1999.
- ARTHUR, William, *Increasing returns and Path dependence in the Economy*, University of Michigan Press, Ann Arbour, 1994.
- BARABÁSI, Albert, *Linked: The New Science of Networks*, Cambridge, Perseus, 2002.
- BARAN, Paul, *Reliable Digital Communications Using Unreliable Network Repeated Nodes*, RAND Corporation, Report P-1995, 1960, disponível em <http://www.rand.org/pubs/papers/P1995.html>, consultado a 2 de Março de 2012.
- BARAN, Paul, 'On Distributed Communications Network', *IEEE Transactions on Communications Systems*, 12: 1-9, 1964.
- BARNOUW, Erik, *A Tower in Babel: A History of Broadcasting in the United States*, Vol. 1, Oxford, Oxford University Press, 1967.
- BENKLER, Yochai, 'Overcoming Agoraphobia: Building the Commons of the Digitally Networked Environment', *Harvard Journal of Law and Technology*, 11: 287-401, 1998.

- BENKLER, Yochai, *The Wealth of Networks - How Social Production Transforms Markets and Freedom*, New Haven, Yale University Press, 2006.
- BROOKS, John, *Telephone: The first hundred years*, New York, HarperCollins, 1976.
- CAMPBELL-KELLY, Martin, ASPRAY, Willian, *Computer - A history of the Information Machine*, New York, Westview Press, 2004.
- CAMPBELL-KELLY, Martin, *From Airline Reservations to Sonic the Hedgehog – A History of the Software Industry*, Cambridge: MIT Press, 2003.
- CASSON, Herbert, *The history of the telephone*, Chicago, A. C. McClurg & Co., 1910.
- CERUZZI, Paul, *A History of Modern Computing*, Cambridge, MIT Press, 2003.
- DAVIS, Martin, *O Computador Universal - Matemáticos e as Origens do Computador*, Lisboa, Bizâncio, 2004.
- DOROGOVTSEV, Sergei., MENDES, José. F., *Evolution of Networks: From Biological Nets to the Internet and WWW*, Oxford University Press, Oxford, 2003.
- DOUGLAS, Susan, *Inventing American Broadcasting, 1899-1922*, Baltimore, John Hopkins University, 1987.
- DUPUY, Jean-Pierre, *Introduction Aux Sciences Cognitives*, Ed. de la Découverte, Paris, 1994.
- ECONOMIDES, Nicholas, 'The Economics of Networks', *International Journal of Industrial Organization*, 16, 4: 673-699, 1996.
- HAFNER, Katie, LYON, Mathew, *Where Wizards Stay up Late*, New York, Simon and Shuster, 1966.
- KLEINBERG, Jon, EASLEY, David, *Networks, Crowds, and Markets - Reasoning about a Highly Connected World*, Cambridge, Cambridge University Press, 2010.
- LEE, John, ROSIN, Robert, 'The Project MAC Interviews', *IEEE Annals of the History of Computing*, 14, 2: 14-35, 1992.

- LEINER, Barry, CERF, Vinton, et al, A Brief History of the Internet, 1997, disponível em <http://www.internetsociety.org/internet/internet-51/history-internet/brief-history-internet>, consultado a 2 de Março de 2012.
- LICKLIDER, Joseph, 'Man-Computer Symbiosis', IRE Transactions on Human Factors in Electronics, 1:4-11, 1960.
- LICKLIDER, Joseph, 'Interview of J.C.R. Licklider by William Aspray e Arthur L. Norberg', 1988, disponível em <http://conservancy.umn.edu/bitstream/107436/1/oh150jcl.pdf>, consultado a 2 de Março de 2012.
- LICKLIDER, Joseph, TAYLOR, Charles, 'The Computer as a Communication Device', Science and Technology, Abril, 1968.
- MACHUCO ROSA, António, 'Tecnologias da Informação - Do Centrado ao Acentrado', Revista de Comunicação e Linguagens, 25: 193-210, 1999.
- MACHUCO ROSA, António, A Comunicação e o Fim das Instituições: Das Origens da Imprensa aos Novos Media, Lisboa, Edições Universitárias Lusófonas, 2008.
- MACHUCO ROSA, António, 'Propriedade intelectual e nova economia dos standards digitais – Antagonismo e cooperação', in A economia da propriedade intelectual e os novos media - entre a inovação e a protecção, Anabela AFONSO, António MACHUCO ROSA, Manuel J. DAMÁSIO (org.), Lisboa, Guerra e Paz: 88-111, 2006.
- McCULLOCH Warren, PITTS, Walter, 'A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity', Bull. Math. Biophysics, 5: 115-133, 1943.
- NEGROPONTE, Nicholas, Ser Digital, Gradiva, Lisboa, 1996.
- NEWMAN, Mark, 'The structure and function of complex networks', SIAM Review 45: 167-256, 2003.
- SALUS, Peter, Quarter Century of Unix, Reading, Wesley, 1994.
- SHAPIRO Carl, VARIAN, Hal, Information Rules - A Strategic Guide to the Network Economy, Harvard Harvard University Press, 1999.
- STARR, Paul, The Creation of the Media: Political Origins of Modern Communications, New York, Basic Books, 2004.

- TOSIELLO, Rosario, *The birth and early years of the Bell Telephone System, 1876-1880*, New York, Arno Press, 1971.
- VON NEUMANN, John, *First Draft of a Report on the EDVAC*, Moore School of Electrical Engineering, 1945.
- WATTS, Duncan, *Six Degrees: The Science of a Connected Age*, New York, Norton, 2003.
- WIENER, Norbert, *The Human Use of Human Beings – Cybernetics And Society*, Boston: Hoghton Mifflin, 1950.
- WINSTON, Brian, *Media Technology and Society - A History from the Telegraph to the Internet*, London, Routledge, 1998.
- ZITTRAIN, Jonathan, 'The Generative Internet', *Harvard Law Review*, 11: 1974-2041, 2006.