



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Faculdade de Ciências e Letras
Campus de Araraquara - SP
Departamento de Economia

CELSO PEREIRA NERIS JUNIOR

A EVOLUÇÃO RECENTE DO SETOR DE
TELEFONIA MÓVEL:
oportunidades e restrições para o desenvolvimento endógeno
no Brasil



ARARAQUARA – SP
2013

CELSO PEREIRA NERIS JUNIOR

**A EVOLUÇÃO RECENTE DO SETOR DE
TELEFONIA MÓVEL:**
oportunidades e restrições para o desenvolvimento endógeno
no Brasil

Dissertação de Mestrado, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Faculdade de Ciências e Letras – Unesp/Araraquara, como requisito para obtenção do título de Mestre em Economia.

Linha de pesquisa: Economia da Inovação

Orientador: Prof. Dr. André Luiz Correa

Co-orientador: Prof. Dr. Rogério Gomes

Bolsa: Capes

ARARAQUARA – SP
2013

Neris Junior, Celso Pereira

A evolução recente do setor de telefonia móvel: oportunidades e restrições para o desenvolvimento endógeno no Brasil / Celso Pereira

Neris Junior. – 2013

144 f. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Estadual

Paulista, Faculdade de Ciências e Letras, Campus de Araraquara

Orientador: André Luiz Correa

1. Economia. 2. Telecomunicações. I. Título.

CELSO PEREIRA NERIS JUNIOR

A EVOLUÇÃO RECENTE DO SETOR DE TELEFONIA MÓVEL:
oportunidades e restrições para o desenvolvimento endógeno no Brasil

Dissertação de Mestrado, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Faculdade de Ciências e Letras – Unesp/Araraquara, como requisito para obtenção do título de Mestre em Economia.

Linha de pesquisa: Economia da Inovação

Orientador: Prof. Dr. André Luiz Correa

Co-orientador: Prof. Dr. Rogério Gomes

Bolsa: Capes

Data da defesa: 26/02/2013

MEMBROS COMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA:

Presidente e Co-Orientador: Prof. Dr. Rogério Gomes

Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Departamento de Economia

Membro Titular: Prof. Dr. José Ricardo Fucidji

Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Departamento de Economia

Membro Titular: Prof. Dr.^a Marina Honório de Souza Szapiro

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) – Instituto de Economia

Local: Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências e Letras
UNESP – Campus de Araraquara

A minha família e à Jaqueline pela intensidade e constância.

AGRADECIMENTOS

Nesse período curto de estudos que compreende o mestrado, tive experiências e momentos marcantes dos quais a participação de pessoas queridas foi de fundamental importância. Em alguns momentos o tom destes agradecimentos é de despedida, uma vez que muitos dos que aqui agradeço estiveram comigo desde a graduação. Em primeiro lugar, agradeço a meus pais, Sandra Neris e Celso Neris, por seu apoio e amor incondicional que foi o combustível para que eu jamais esmorecesse. Agradeço a meu irmão, Juliano Neris, por seu brilho e talento sempre ser um parâmetro para mim e por sua amizade me fazer tão bem. Agradeço a minha amada Jaqueline Gonçalves, por seu amor, paciência e espera nestes “anos todos” de namoro e, principalmente, por ter sido a principal ouvinte das ideias deste trabalho, de maneira voluntária e compulsória.

Agradeço aos colegas da pós-graduação e do Geein. Sobretudo, agradeço aos amigos especiais de Araraquara que estiveram presentes nestes dois anos e a alguns que se distanciaram pelos rumos que a vida tomou. Em primeiro lugar, agradeço à Jacqueline Borião, por sua torcida e entusiasmo com minha trajetória acadêmica, por sempre ser tão meiga e gentil e por suas mensagens costumeiras de “boa semana, *friend!*”. Agradeço à Gabriela da Silva, por nossas rápidas, porém proveitosas, conversas virtuais sobre música, filmes e séries, pela leitura atenta e seus comentários ao segundo capítulo desta dissertação, e, principalmente, por não ter permitido que nossa amizade se esvaísse com o passar do tempo e a distância. Agradeço ao Vinicius Zillo por ser o cara mais esquisito ao passo que mais gente boa que, sem dúvida, já conheci na vida: sua generosidade e companheirismo me surpreenderam e foram um aprendizado para mim. Agradeço a Mariana Luciano por ter sido uma amável companhia no primeiro ano de mestrado e por nossas risadas, quase sempre decorrentes do seu comportamento de mulher semi-caipira. Agradeço a minha amiga catanduvense cosmopolita, Elis Rosa, pelas conversas sempre divertidas e pelo Nietzsche que me emprestou por prazo indeterminado de devolução, segundo a minha compreensão. Agradeço a Giovanna Gielfi, que esteve mais ausente do que eu gostaria neste período, mas com quem ainda foi possível manter conversas, trabalhos acadêmicos e interações sempre importantes. Agradeço ao Vinicius Fornari, que sempre esteve pronto a me censurar em qualquer ocasião, mas que também me ajudou a repensar muitas coisas neste período. Agradeço a Lúcia Centurião, meu anjo de Araraquara, por sempre me ajudar, me acalmar quando me desesperava sobre algo burocrático que poderia dar errado, enfim por sempre ser solícita, simpática e agradável desde quando a conheci vestibulanda da Unesp. Agradeço ao Hernane Nunes pelo respeito e por também ser alguém com o qual sempre pude contar no Geein.

Agradeço aos professores do Programa de Pós-Graduação em Economia. Em especial, agradeço a professora Luciana Togeiro por contribuir diretamente nesta dissertação por meio das correções e sugestões ao projeto de pesquisa e por suas aulas sempre produtivas. Agradeço ao professor Mário Bertella por ter incentivado e sido coautor de um trabalho que foi o meu primeiro artigo aceito para publicação. Ao professor Eduardo Strachman, coordenador do Programa, que sempre foi solícito quanto ao apoio institucional para participação dos três congressos que participei durante esses dois anos. Agradeço ao professor André Correa pela participação na minha qualificação e pelas sugestões dadas ao prosseguimento desta dissertação. Agradeço também à professora Marina Szapiro que participou da banca de defesa, cujos trabalhos me inspiraram a fazer esta pesquisa que encaro desde a Iniciação Científica e que gentilmente sugeriu correções e caminhos para pesquisas futuras.

Agradeço ao meu co-orientador, o professor Rogério Gomes. Por sua vocação de formador de jovens pesquisadores no Geein, nos quais eu lisonjeiramente me incluo. Por

ter dado apoio de diversas maneiras para a minha estadia em Araraquara; por ter sido tão prestativo comigo e com minha namorada em Lima; pelas produções que incentivou e participou; pelo empenho na leitura do meu projeto de doutorado e; pela relação harmoniosa que tivemos durante esses anos em que estive em Araraquara, que espero durar, quiçá, a vida toda. De maneira semelhante, agradeço ao meu orientador, o professor José Ricardo Fucidji. Agradeço-o por sempre ser solícito, nos emails e pessoalmente; por me ajudar a solucionar pendências; pelos conselhos sobre diversas coisas; pela atenção dada a meu processo seletivo para o doutorado; por me deixar a vontade para seguir caminhos que percebia interessantes nesta dissertação e; em especial, pelo grande empenho na confecção da versão final dessa dissertação. Espero que possamos trabalhar muitas vezes juntos daqui para frente.

Por fim, agradeço à Faculdade de Ciências e Letras de Araraquara (FCL/AR-Unesp). Uma instituição que me deu muitas felicidades, desde o momento em que vi meu nome como classificado para estudar aqui até agora, quando da minha saída com o título de mestre. Agradeço-a na figura da Clara e da Cláudia da secretaria de Pós-Graduação; do Departamento de Economia; das “tias” do café que foram de fundamental importância para esse período; agradeço a todos os funcionários da biblioteca, que foi por muito tempo minha primeira casa em Araraquara, enfim, agradeço a todos os funcionários que sempre estiveram dispostos a dar um “bom dia”, “boa tarde”, “boa noite” nestes seis anos que aí estive. Agradeço por todas as relações que pude manter nesta casa e por tudo que me proporcionou até aqui.

A todos, meu sincero obrigado!

“Têm razão os cépticos quando afirmam que a história da humanidade é uma interminável sucessão de ocasiões perdidas. Felizmente, graças à inesgotável generosidade da imaginação, cá vamos suprindo as faltas, preenchendo as lacunas o melhor que se pode, rompendo passagens em becos sem saída e que sem saída irão continuar, inventando chaves para abrir portas órfãs de fechadura ou que nunca a tiveram.”

José Saramago *In* “A Viagem do Elefante”
(Companhia das Letras, 2008, p. 221)

RESUMO

As transformações tecnológicas no campo das tecnologias de informação e comunicação (TICs) têm mudado a dinâmica da economia mundial nos últimos anos. Este campo tem sido fonte de inovação e aumento da produtividade para todos os setores da economia, ao passo que tem vivenciado mudanças no interior das indústrias relacionadas. Tais mudanças podem ser percebidas através de três fenômenos imbricados: (i) as transformações técnicas e produtivas do setor de telecomunicações nos últimos vinte anos; (ii) as mudanças recorrentes na estrutura de mercado da indústria e nas competências tecnológicas requeridas do setor de telefonia e; (iii) a emergência de atores relevantes no conhecimento técnico-científico de países emergentes no setor. Procuramos descrever estes fenômenos nesta dissertação e suas implicações nas economias nacionais e mundial, bem como procuramos identificar as restrições e oportunidades engendradas por elas para o Brasil. Isto foi feito através (i) da análise das mudanças técnicas-produtivas do setor de telecomunicações, bem como a emergência de novas tecnologias e os processos co-evolutivos entre os atores relacionados; (ii) da análise do setor de telefonia móvel em termos de estrutura de mercado, as competências tecnológicas requeridas e o acúmulo de capacitações das empresas do setor; e (iii) da identificação da estratégia de *catching up* do setor de telecomunicações chinês, cujas empresas têm adquirido notável importância mundial na nova conformação do setor, e sua correlação com a infra-estrutura tecnológica do país, procurando tirar lições para o Brasil.

Palavras – chave: telefonia móvel, telecomunicações, economia da inovação

ABSTRACT

The technological transformations undertaken by information and communication technologies (ICTs) have changed the dynamics of the world economy in recent years. It has been a source of innovation and productivity growth for all sectors of the economy, while it has experienced changes within the related industries. Such changes can be perceived through three technologically intertwined phenomena (i) the technical transformation in the telecommunications industry in the last twenty years, (ii) the recurrent changes in market structure of the industry and technological capabilities in the industry of mobile communications; and (iii) the emergence of relevant actors in the technical and scientific knowledge of emerging economies. We have described these phenomena in this dissertation as well as their implications for national and world economies, and tried to identify their constraints and opportunities for Brazil. This was done by (i) analysing technical-productive change in the telecommunications industry, as well as the emergence of new technologies and their co-evolutionary processes between actors, (ii) analysing the mobile phone industry in terms of market structure and technological skills required and the accumulation of skills by the sector companies, and (iii) identifying the catching up strategy of the Chinese telecommunications industry, whose enterprises have gained considerable importance in the new global configuration of the sector, and its correlation with the Chinese technological infrastructure, seeking to draw lessons for Brazil.

Keywords: mobile phone industry, telecommunications, economics of innovation

LISTA DE GRÁFICOS, QUADRO E TABELAS

| | |
|---|-----|
| TABELA 1 – DADOS SELECIONADOS DA INDÚSTRIA DE TELEQUIPAMENTOS: 2002 E 2007 | 19 |
| FIGURA 1 – EVOLUÇÃO DAS TRAJETÓRIAS TECNOLÓGICAS DO SETOR DE TELEFONIA MÓVEL | 21 |
| FIGURA 2 – RELACIONAMENTO “EM CAMADAS” NA CADEIA DE TELEFONIA MÓVEL | 28 |
| FIGURA 3 – MODELO INTERATIVO DE INOVAÇÃO | 31 |
| GRÁFICO 1 – EVOLUÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE PUBLICAÇÕES POR TECNOLOGIAS MÓVEIS: 1994-2010.... | 36 |
| QUADRO 1 - INDICADORES BIBLIOMÉTRICOS | 37 |
| TABELA 1 – EVOLUÇÃO DO SISTEMA SETORIAIS DE COMUNICAÇÕES MÓVEIS..... | 52 |
| TABELA 2 – EVOLUÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DAS PATENTES EM “MOBILE COMMUNICATION” (2002-2012) POR PAÍSES E REGIÕES | 62 |
| FIGURA 1 – EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE PATENTES EM “MOBILE COMMUNICATION” (2002-2012), ATORES E PRINCIPAIS CAMPOS TECNOLÓGICOS | 63 |
| FIGURA 2 – DISTRIBUIÇÃO DAS PATENTES MAIS RELEVANTES AO LONGO DOS ANOS (2002-2012) – “MOBILE COMMUNICATION” | 67 |
| TABELA 3 – CARACTERÍSTICAS DOS SMARTPHONES DE FABRICANTES SELECIONADOS | 72 |
| TABELA 4 – PRINCIPAIS PATENTES ACUMULADAS (2002-2012) DE FABRICANTES DE SMARTPHONES SELECIONADOS | 73 |
| TABELA 5 – UNIDADES VENDIDAS (MIL) POR EMPRESA E SISTEMA OPERACIONAL E PARCELA DE MERCADO (%) DOS DISPOSITIVOS MÓVEIS..... | 77 |
| ANEXO – CLASSIFICAÇÃO DAS PATENTES ANALISADAS..... | 88 |
| FIGURA 1 – CONVERGÊNCIA TECNOLÓGICA NO SETOR DE TELEFONIA MÓVEL | 93 |
| TABELA 1 – VALOR ADICIONADOS, SALÁRIOS E EMPREGADOS NO SETOR DE TELECOMUNICAÇÕES EM PAÍSES SELECIONADOS | 98 |
| FIGURA 2 – CICLO DE VIDA DOS PRODUTOS DE TELECOMUNICAÇÕES (DISPOSITIVOS MÓVEIS) | 100 |
| TABELA 2 – INDICADORES DA INFRA-ESTRUTURA DE CT&I DA CHINA E DO BRASIL | 102 |
| TABELA 3 – INDICADORES RELATIVOS AO CONHECIMENTO EM “COMUNICAÇÃO MÓVEL” MUNDIAIS... 105 | |

SUMÁRIO

| | |
|--|------------|
| INTRODUÇÃO | 13 |
| 1. TRAJETÓRIAS TECNOLÓGICAS DA INDÚSTRIA DE TELEFONIA MÓVEL: UM EXAME PROSPECTIVO DE TECNOLOGIAS EMERGENTES..... | 16 |
| 1.1. INTRODUÇÃO | 16 |
| 1.2. AS TRAJETÓRIAS TECNOLÓGICAS NAS REDES DE TELEFONIA..... | 20 |
| 1.2.1. <i>Conformação de padrões</i> | 22 |
| 1.3. AS NOVAS TECNOLOGIAS E O AMBIENTE INOVATIVO | 27 |
| 1.4. IDENTIFICAÇÃO DE TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS..... | 32 |
| 1.5. RESULTADOS DA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA..... | 35 |
| 1.5.1. <i>Code Division Multiple Access (CDMA)</i> | 38 |
| 1.5.2. <i>Internet Protocol v6 (IPv6)</i> | 39 |
| 1.5.3. <i>Protocolo 802.11n</i> | 40 |
| 1.5.4. <i>Near field communication (NFC)</i> | 41 |
| 1.6. COMENTÁRIOS FINAIS | 43 |
| 2. A CONFORMAÇÃO DO NOVO SISTEMA SETORIAL DE INOVAÇÃO DAS COMUNICAÇÕES MÓVEIS..... | 48 |
| 2.1. INTRODUÇÃO | 48 |
| 2.2. O SISTEMA SETORIAL DE INOVAÇÃO | 50 |
| 2.3. DO PROCESSAMENTO DE DADOS DIGITAIS À INTERNET MÓVEL | 53 |
| 2.4. TRAJETÓRIAS DA MANUFATURA | 58 |
| 2.5. CARACTERÍSTICAS DO NOVO SISTEMA SETORIAL DE COMUNICAÇÕES MÓVEIS | 64 |
| 2.5.1. <i>Os trade-offs atuais e as plataformas</i> | 71 |
| 2.6. CONCORRÊNCIA E INTERAÇÕES..... | 76 |
| 2.6.1. <i>O papel das operadoras de rede</i> | 80 |
| 2.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 83 |
| 3. ELEMENTOS PARA UMA POLÍTICA DE <i>CATCHING UP</i> SETORIAL: LIÇÕES A PARTIR DO SETOR DE TELECOMUNICAÇÕES DO BRASIL E CHINA | 89 |
| 3.1. INTRODUÇÃO | 89 |
| 3.2. O SISTEMA SETORIAL DAS TELECOMUNICAÇÕES E O PROCESSO DE <i>CATCHING UP</i> | 91 |
| 3.2.1. <i>Uma comparação de indicadores de catching up no setor de telefonia móvel</i> | 97 |
| 3.2.2. <i>O papel da ciência e das Universidades</i> | 101 |
| 3.3. O DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA SETORIAL DE TELECOMUNICAÇÕES NA CHINA | 108 |
| 3.3.1. <i>As empresas nacionais</i> | 114 |
| 3.4. O SETOR DE TELECOMUNICAÇÕES NO BRASIL | 119 |
| 3.4.1. <i>Breve diagnóstico setor de telecomunicações e políticas no Brasil</i> | 121 |
| 3.5. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO..... | 125 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS | 130 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 135 |

Introdução

Não é difícil perceber como as tecnologias de informação e comunicação (TICs) têm mudado nossas vidas e a dinâmica da economia mundial nos últimos anos. Ela tem sido fonte de inovação e aumento da produtividade para todos os setores da economia, ao passo que tem vivenciado mudanças no interior das indústrias relacionadas. Suas mudanças podem ser percebidas através de três fenômenos tecnologicamente imbricados i) das transformações técnicas produtivas do setor de telecomunicações nos últimos vinte anos; ii) das mudanças recorrentes na estrutura de mercado da indústria e nas competências tecnológicas requeridas do setor de telefonia e; iii) na emergência de atores relevantes no conhecimento técnico-científico de países emergentes no setor. Esta dissertação procura tratar os três temas nos três capítulos que se seguem.

No capítulo 1, identifica-se que a estrutura e as fronteiras do mercado foram modificadas pela introdução de inovações de produtos por empresas que há pouco atuavam em outros setores do complexo das TICs. Com isso, é analisado três aspectos da indústria: (i) as trajetórias tecnológicas, (ii) o surgimento de novas tecnologias e (iii) a inserção de novos atores na produção internacional de conhecimento. Para fazê-lo, é revisada a literatura sobre inovações nesta indústria para, a seguir, identificar, descrever e avaliar os atores e as tecnologias promissoras. Com uma amostra de novas tecnologias, são sintetizadas suas características e dá-se início à análise bibliométrica de três delas – protocolo de internet (IPv6), rede sem fio (802.11n) e transmissão de dados a curta distância (NFC). Além de estabelecer a metodologia adotada como um interessante instrumento de prospecção tecnológica, os resultados encontrados permitem duas conclusões principais. A primeira aponta que as oportunidades abertas pelo surgimento de novas trajetórias desencadearam um processo que está permitindo a entrada de novos atores, especialmente de empresas vindas de outras atividades no campo das TICs e que tornam imprecisas as fronteiras dos mercados e alteram o desempenho e a estratégia de empresas já consolidadas e líderes do setor. Por outro lado, parece que as novas tecnologias estão permitindo aos EUA recuperar a hegemonia perdida para os países europeus na década de 1990 e inserindo definitivamente a Ásia na produção de conhecimento científico-tecnológico relevante nesta indústria.

No capítulo 2, é identificada a manufatura como fonte de (des)vantagem para as firmas no novo sistema setorial das comunicações móveis. À luz da teoria neoschumpeteriana é analisada a trajetória tecnológica e produtiva da indústria procurando chegar

a elementos de conformação do setor atualmente, bem como apontar tendências sobre sua configuração. O setor passou por duas grandes mudanças, a saber, a decorrente da transformação estrutural da indústria engendrada pela revolução da microeletrônica nos anos 1980 que proporcionou o advento do “processamento de dados digitais” nas redes de telecomunicações e o surgimento da internet móvel. São identificados os efeitos destas mudanças através de uma breve análise dos padrões de organização existentes entre os fabricantes de equipamentos europeus e estadunidenses de um lado e dos asiáticos, por outro, valendo-se do esquema analítico do modelo de organização das TICs em camadas de Fransman (2007, 2010). O novo sistema setorial é descrito a partir da perspectiva dos agentes principais, mostrando suas trajetórias de acumulo de capacitações, sucesso e fracasso nas conformações anteriores do sistema setorial. A análise de patentes e bases textuais (fontes especializadas no setor) é utilizada para mostrar, respectivamente, quais as competências fundamentais (do ponto de vista dos fabricantes) neste novo sistema setorial e a heterogeneidade dos agentes que o compõem. Com isso, conclui-se que as mudanças analisadas impactaram de maneira substancial as competências requeridas dos fabricantes, tornando imprescindíveis as competências em *design* e na própria manufatura - no sentido de fabricar e possibilitar aos aparelhos interoperarem com as redes principais e outras redes subsequentes. Tiveram implicações relevantes também na organização industrial entre países, colocando de um lado um modelo cooperativo e baseado em política industrial por parte dos asiáticos e, de outro, um modelo de externalização da manufatura (transferência das partes dos processos produtivos da eletrônica a países do continente asiático, ficando somente com as partes “mais nobres da cadeia”) por parte dos EUA e Europa que passa inclusive a ser revisto em um período de crise mundial e a necessidade de redução de déficits comerciais. Do ponto de vista do desenvolvimento tecnológico, a plataforma (Android, Bada, Windows Phone, iOS, dentre outros) deixa clara uma dependência entre fabricantes e provedores de conteúdo e aplicações evidenciadas no poder que esta possui de fidelizar consumidores heterogêneos, dentre os quais, alguns agentes relevantes na inserção de conteúdos que dinamizam estas plataformas. Somadas a ascensão das tecnologias de acesso à internet (Wi-Fi) e aos aplicativos que prescindem das redes tradicionais para a comunicação (por vídeo, voz ou texto), estes fatores têm levado a algumas operadoras reverem sua participação no sistema setorial, a despeito de historicamente terem sido as relações entre elas e os fabricantes desencadeantes históricos dos principais desenvolvimentos no setor.

No capítulo 3, são discutidas estratégias de *catching up* tecnológico. Países asiáticos tem adquirido notável importância no setor de comunicações móveis que em parte adveio das possibilidades engendradas pelo paradigma da microeletrônica no início da

década de 1980 e por conta da evolução das trajetórias tecnológicas do setor de telecomunicações ao longo dos anos. A convergência entre as indústrias de telecomunicações, eletrônica e software tiveram como implicação relevante o protagonismo das empresas da Coreia do Sul atualmente que contou com empresas nacionais que se diversificaram ao longo do tempo e estiveram amparadas em um esquema de política industrial e tecnológica. Recentemente, a China tem adquirido algum protagonismo no setor, uma vez que tem sido responsável pela queda dos preços dos produtos eletrônicos e tem empreendido um amplo projeto de fabricação de aparelhos de telecomunicações contando com uma infra-estrutura e empresas nacionais. Ademais, tem fomentado fortemente suas Universidades e Institutos de Pesquisa, a fim de se valer dos transbordamentos das atividades das empresas multinacionais no país e se valer de amplo esquema de transferência tecnológica entre países e empresas. Argumenta-se que todo este esforço, e não só a questão dos preços baixos, está por trás do avanço de suas empresas nacionais atuais. Neste sentido, a história e as políticas importam. Analisamos, com isso, indicadores de produção, ciência e tecnologia e de produção científica, junto a descrição do processo histórico de formação do setor chinês. Com isto, podemos tirar lições para o setor no Brasil do ponto de vista de uma política que articule demanda (expansão e universalização das telecomunicações) e oferta (criação de empresas e capacidade produtiva nacional); ciência e tecnologia e indústria, consubstanciada na relação entre Universidades e Empresas e; sistema educacional e estrutura produtiva e tecnológica, procurando mostrar como a qualidade e o foco em educação tem implicações relevantes para o fomento de indústrias nacionais de alta tecnologia. Argumenta-se que o Brasil possui oportunidades fundamentais, principalmente no que diz respeito à possuir uma empresa, novamente, que seja capaz de integrar estas atividades, como a Telebrás, que pode se articular junto aos elementos dispersos do sistema setorial brasileiro e coordenar um processo de longo prazo, de modo a nos gerar capacidade de adaptar e criar tecnologias, dando competitividade ao setor nacional de fornecedores, que já possuem competências no setor, como o Grupo Gente, criado pelo CPqD.

1. Trajetórias tecnológicas da indústria de telefonia móvel: um exame prospectivo de tecnologias emergentes

1.1. Introdução

As tecnologias de informação e comunicação (TICs) constituem fontes relevantes de aumentos de produtividade para todos os setores da economia, como tem sido destacado por órgãos econômicos mundiais importantes, como a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2008). As diferentes atividades receptoras de inovação têm nas TICs um componente essencial de melhoria tecnológica e da produtividade. Ao mesmo tempo, os setores relacionados a essas tecnologias (computadores, telefonia e software, resumidamente) passam por um importante processo de ampliação das suas bases tecnológicas, orientado pelo avanço e difusão das tecnologias móveis e da internet.

Dentre esse complexo de atividades, o foco deste trabalho é o setor de telefonia móvel, que será abordado por uma perspectiva evolucionista, i.e, pelo exame da interação entre tecnologia, instituições e estrutura da indústria (Schumpeter, 1942; Rosenberg, 1976; Nelson e Winter, 1982). Neste setor, o estabelecimento de normas é considerado o principal elemento institucional. Funk (2009a) constata que a regulamentação e o número de instituições para este fim têm aumentado dramaticamente nos últimos 50 anos em uma ampla gama de setores. Em particular, no setor de telefonia móvel tem havido várias mudanças tecnológicas nos últimos 25 anos e as normas têm um papel crítico em cada uma delas. Esta idéia condiz com o destaque dado por Nelson (1995) e Nelson e Sampat (2001) à co-evolução entre as necessidades de produção (tecnologias físicas) e as instituições de suporte à produção. Assim, as instituições têm o papel de criadoras de normas (tecnologias sociais) particularmente importantes neste setor¹.

No setor de telefonia, as mudanças são notórias. No processo de inovações incessantes do setor, alguns fabricantes de equipamentos tradicionais têm sucumbido. No passado, um telefone celular, por exemplo, compreendia um número reduzido de tecnologias, essencialmente de hardware, vindas da eletrônica, e sua função era restrita à comunicação por voz. Hoje em dia, os celulares têm atributos que vão além dessa função, e os recentes desenvolvimentos os colocam como futura alternativa aos computadores

¹ As instituições são importantes também pelo financiamento às pesquisas que ajudam a definir os padrões técnicos das tecnologias.

portáteis. Com isso, a concorrência da indústria de teleequipamentos aumentou em termos qualitativos enquanto diminuiu o número de *players*, em um processo de concentração por fusões e aquisições. Ademais, alguns fabricantes de eletrônicos, como as coreanas LG e Samsung, passaram a fabricar telefones celulares e a (até então conhecida por fabricar computadores) Apple invadiu e propagou inovações no mercado de *smartphones* com o iPhone e com um dispositivo inovador, o *tablet* iPad. Do ponto de vista teórico, essa mudança pode ser explicada com base em Schumpeter (1934, 1942) que enfatizou as discontinuidades da mudança tecnológica, o conhecido processo de “destruição criadora”. Seu trabalho inspirou os chamados neo-schumpeterianos ou evolucionistas (Possas, 1989). Alguns conceitos desenvolvidos por essa corrente de pensamento econômico são fundamentais para este trabalho e por isso são brevemente revistos a seguir.

Começando pela definição de paradigma tecnológico, que vem de Dosi (1982, pp. 152-154), trata-se de uma convenção técnica ou científica a respeito das possibilidades de solução de problemas encontrados no processo de criação e produção de artefatos. Um paradigma abriga uma série de trajetórias tecnológicas. Assim, no âmbito da firma, essas trajetórias podem ser entendidas como o conjunto de direções específicas tomadas por elas de acordo com a base de conhecimentos existente. As trajetórias podem ser descritas também como um *trade-off* multidimensional entre as variáveis tecnológicas que o paradigma define como relevante, de forma que o progresso ao longo de uma trajetória pode ser definido como a melhoria destes *trade-offs*. Nesse sentido, Nelson e Winter (1977) afirmam que as firmas diferem na medida em que exploram trajetórias singulares e essas diferenças influenciam a ascensão e queda de diferentes setores e tecnologias. Para Freeman e Soete (1997, p. 456), a “firma atua dentro de um espectro de possibilidades tecnológicas e de mercado, derivadas do crescimento da ciência, da tecnologia e do mercado mundiais”.

As firmas devem possuir uma base produtiva ou tecnológica, ou seja, um conjunto de recursos desenvolvidos internamente ao longo do tempo, entre eles, máquinas, formas específicas de organizar processos, qualificações e matérias-primas, complementares entre si e que se interligam no processo produtivo (Penrose, 1959, p. 176). Os recursos podem ser utilizados e combinados de diferentes maneiras, além de poderem mudar também os serviços produtivos, gerando novos produtos. Com isso, a firma amplia sua base tecnológica, tanto do ponto de vista quantitativo quanto do qualitativo, o que possibilita a sua sobrevivência e expansão através da permanente reconstrução de vantagens em relação às suas rivais, seja para manter-se no mesmo mercado ou para o ingresso em novos

(segmentos de) mercados. Essa expansão da base tecnológica deve ser, como frequentemente ocorre, obtida através da interação com instituições e centros de pesquisa, em uma relação que beneficia a todos os agentes envolvidos de diferentes maneiras, e contribui para o desenvolvimento econômico das nações (Lundvall, 2007).

As indústrias de telecomunicações, juntamente com a de transportes, têm um papel relevante na história econômica mundial, pois os seus produtos e serviços têm um caráter redutor de distâncias que é caro a um sistema mundialmente integrado. Até a década de 1970, a indústria de teleequipamentos era caracterizada por uma estrutura em pares, cujo a operadora tinha o monopólio dos serviços de telecomunicações e a indústria de equipamentos nacionais era fornecedora, sendo que a inovação se caracterizava por um processo de inovação. Isto se deve ao fato de que os principais centros de pesquisa – responsáveis pela pesquisa inicial, pelo desenvolvimento e testes de protótipos, repassados aos fabricantes – eram controlados pelas operadoras, através de laboratórios ligados a elas, como o Bell Labs da AT&T, o CNET da France Telecom e o CPqD no Brasil (Galina e Plonski, 2005, p. 132). A partir da década de 1970 esse setor passou por mudanças estruturais significativas, decorrentes principalmente de três processos distintos (i) liberalização comercial e financeira da década de 1980; (ii) desregulamentação e privatização das telecomunicações e (iii) o advento do paradigma tecnológico de base microeletrônica.

Em particular, o paradigma microeletrônico foi fonte de transformações profundas que abrangem quatro dimensões: (i) a *internet e telefonia móvel* (bem substituo e complementar em relação à telefonia fixa) – a tecnologia TCP/IP reconfigurou a indústria de telecomunicações, inserindo novos atores e novas funções mais partilhadas entre eles, além de um componente fundamental, a concepção e uso de *software* para os produtos; (ii) a *convergência de padrões tecnológicos* imposta pelo novo paradigma diminuiu as barreiras à entrada no setor e padronizou relativamente os equipamentos (hardware); (iii) o *aumento do gasto em P&D* – além do volume expressivo da P&D – em média quase 10% do total das receitas (OCDE, 2008) – aumentou sua importância como fator de competitividade, o que implicou em concentração da P&D nos fabricantes de equipamentos e software, a despeito da pulverização do processo inovativo em todos os elos da cadeia; e (iv) a *miniaturização* dos aparelhos a partir de circuitos integrados.

Durante a década de 1990 e após a crise ocorrida em 2001², o setor de

² A crise internacional do setor de telecomunicações atingiu todos os segmentos e teve impactos em praticamente todas as empresas que operavam no setor. A dimensão dessa crise pode ser medida pelo valor de mercado das ações de todos os operadores e fornecedores de equipamentos: em março de 2000 o valor era de US\$ 6.300 bilhões, que foi reduzido para US\$ 3.800 bilhões em setembro de 2001, ou seja, perda de cerca de 40% do valor (Szapiro, 2008, p.14).

teleequipamentos passou por um processo de concentração/consolidação (Gutierrez e Crossetti, 2003), ainda em curso. Nesse período houve expansão dos novos serviços prestados pelas operadoras privadas e reconfiguração das relações entre estas últimas e os fornecedores: a P&D foi repassada aos fornecedores de equipamentos e as operadoras passaram a competir em serviços.

Uma das conseqüências dessa reestruturação organizacional foi o aumento do investimento direto externo (IDE), num primeiro momento limitado aos países do eixo EUA-Europa. Com a crise do início da década de 2000, a China (com custos 40% mais baixos que os de seus concorrentes) recebeu um considerável fluxo de IDE destinados à produção e às atividades de P&D (UNCTAD, 2005, p. 143) das empresas multinacionais de teleequipamentos, consolidando o país como um *player* global no setor. No conjunto, essas mudanças promoveram, também, um aumento significativo da rivalidade em escala global, o que desencadeou um processo de reestruturação patrimonial no setor, tendo como exemplo a *joint-venture* Nokia Siemens Network, na área de infra-estrutura de redes, e a *joint-venture* Sony-Ericsson, na fabricação de aparelhos móveis (Szapiro, 2008), dentre outras. A tabela 1 procura captar o tamanho, a concentração e a alternância de liderança desse mercado.

Tabela 1
Dados selecionados da indústria de teleequipamentos: 2000 e 2007

| | País | Participação de mercado (%) por receita total das 10 maiores empresas | | Gastos em P&D (US\$ milhões) | | P&D como % da Receita | |
|-----------------------------|-----------|---|----------------|---------------------------------|---------------|--------------------------|------|
| | | 2000 | 2007 | 2000 | 2006 | 2000 | 2006 |
| Nokia | Finlândia | 15,5 | 28,7 | 2.371 | 4.896 | 8,5 | 9,5 |
| Motorola | EUA | 17,8 | 15,0 | 3.426 | 4.106 | 10,7 | 9,6 |
| Cisco Systems | EUA | 10,5 | 14,3 | 2.704 | 4.067 | 14,3 | 14,3 |
| Ericsson | Suécia | 16,6 | 11,4 | 4.577 | 3.787 | 15,3 | 15,7 |
| Alcatel-Lucent | França | 16,0 | 10,0 | 2.610 | 1.842 | 9,1 | 11,9 |
| L-3 Comm. | EUA | 1,0 | 5,7 | 24 | 86 | 1,3 | 0,7 |
| Nortel Networks | Canadá | 15,5 | 4,5 | 3.663 | 1.939 | 13,1 | 17,0 |
| Huawei Tech. | China | 1,0 | 4,5 | 193 | 850 | 10,0 | 10,0 |
| Qualcomm | EUA | 1,8 | 3,7 | 340 | 1.538 | 10,6 | 20,4 |
| Avaya | EUA | 4,3 | 2,2 | 468 | 428 | 6,1 | 8,3 |
| Total (US\$ milhões) | | 180.303 | 243.641 | 20.376 | 23.539 | | |

Fonte: Elaborado a partir de OECD (2008).

O objetivo deste trabalho é identificar algumas características do processo de busca e mudança tecnológica no setor de equipamentos de telefonia móvel, e examinar a entrada de novos atores na produção de conhecimento científico e novas tecnologias. Para isso, o

trabalho está dividido em cinco seções, além dessa introdução. Na seção 1.2 analisamos a evolução dos padrões tecnológicos no setor de telecomunicações, buscando captar (i) a relevância das interações entre fabricantes, operadoras e instituições para a definição desses padrões e (ii) o crescente poder, no interior do sistema de interações, dos fabricantes em relação às operadoras. Na seção 1.3, em face desse cenário de mudanças, discutimos o aparecimento de algumas novas tecnologias no setor de telefonia móvel para caracterizar o ambiente inovativo e as relações entre os agentes envolvidos. Na seção 1.4 identificamos, a partir da literatura e de outras pesquisas, tecnologias apontadas como emergentes e promissoras e descrevemos os critérios adotados para a análise bibliométrica dessas tecnologias. Na seção 1.5 descrevemos as características das tecnologias selecionadas e os resultados da análise bibliométrica. A seção 1.6 apresenta algumas reflexões finais sugeridas pelos resultados.

1.2. As trajetórias tecnológicas nas redes de telefonia

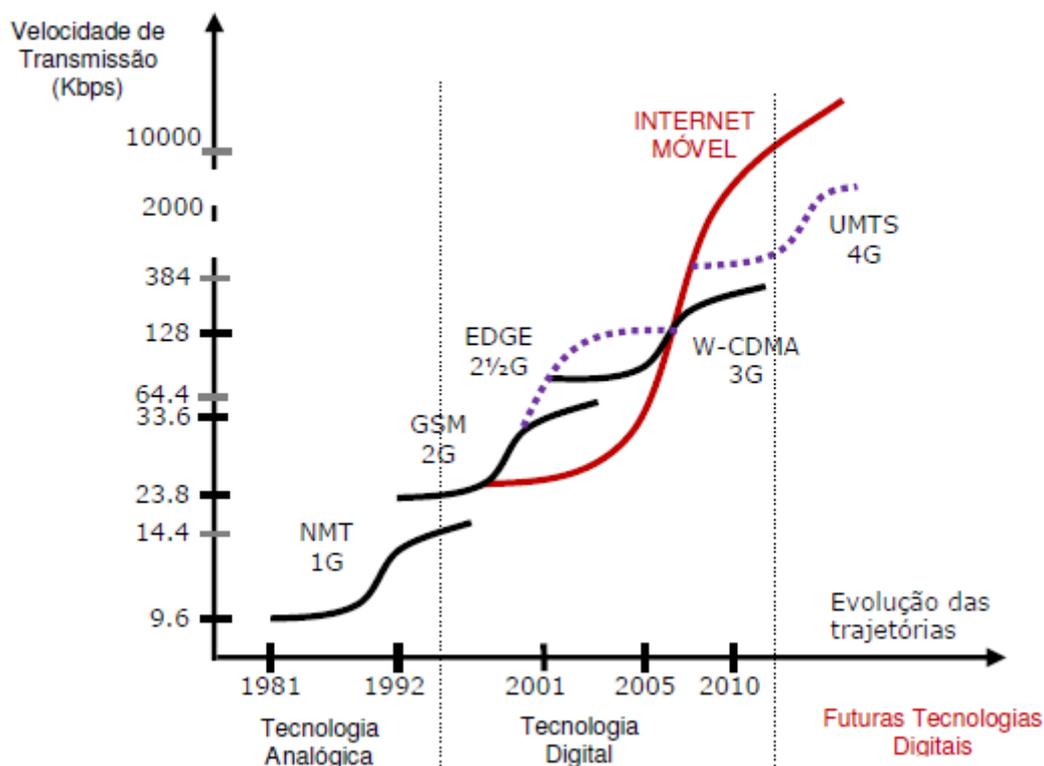
A Figura 1 apresenta as trajetórias tecnológicas da indústria de telecomunicações (linhas contínuas)³, e as possibilidades de uso ligadas a cada padrão tecnológico (linhas pontilhadas), medidas pela velocidade de transmissão das redes de telefonia (Kbps). É possível distinguir dois tipos de tecnologias de acordo com a maneira pela qual os sinais são transmitidos: analógica e digital. Como se nota, a principal descontinuidade observada nas trajetórias é a passagem do padrão analógico (1G) para a digital (2G), que se deu de maneira completa em um período pouco superior a vinte anos.

Esse fenômeno se deve às características técnicas de ambos os sistemas de transmissão. Os sistemas analógicos são ondas de rádio que variam em frequência e amplitude. Os sinais digitais consistem em uma seqüência de pulsos descontínuos que correspondem aos bits digitais utilizados em computadores. Esses sinais são divididos em pacotes que são transmitidos simultaneamente a outras conversas (chamado de “multiplexação”). Este processo permite uma utilização mais eficiente do espectro, melhorando assim a sua capacidade. A tecnologia digital não só melhora a capacidade de transmissão, como possui outras vantagens, especialmente: (i) protege a integridade da comunicação, pois os pulsos são mais facilmente regenerados por computadores; (ii) uma transmissão de alta integridade permite que operadoras de telefonia celular ofereçam uma

³ As curvas seguem o padrão de tradicional de evolução tecnológica (curva em forma de S) com períodos de difusão, crescimento e maturação dos avanços tecnológicos em suas respectivas trajetórias (Fai e von Tunzelman, 2001).

gama crescente de novos serviços de dados (por exemplo, Short Message Services, SMS); (iii) a tecnologia digital garante privacidade, pois os sinais digitais não podem ser interceptados.

Figura 1
Evolução das trajetórias tecnológicas do setor de telefonia móvel



Fonte: Adaptado a partir de Ansari e Garud (2009).

Este ambiente de mudança tecnológica tem implicações para as firmas. A visão evolucionista, que neste ponto se baseia em Penrose (1959), entende que a estrutura organizacional deve corresponder à tecnologia subjacente, o que denotaria a capacidade de mudança das firmas, de adaptação ao ambiente. Outra vertente de autores (principalmente na literatura de gestão da inovação) foca o chamado “núcleo de rigidez” das inovações, a saber, os processos que as firmas desenvolvem em apoio às suas inovações arquiteturais ou modulares. No caso da telefonia móvel, esse núcleo de rigidez diz respeito à fixação (aberta ou fechada) de padrões que forma a base para a própria concorrência no setor (Funk, 2009b), como veremos a seguir.

1.2.1. Conformação de padrões

Juntamente com os EUA, os países escandinavos foram os primeiros a adotar processos abertos de definição de padrões e solução modular⁴ de problemas em sistemas móveis analógicos (1G). Com base nas propostas dos fabricantes, a Agência Federal de Comunicações (FCC) estadunidense definiu, em 1983, uma interface aberta entre telefones móveis e estações de base chamada de Advanced Mobile Phone System (AMPS). A definição dessa interface coincidiu com a dissolução da AT&T nos EUA⁵ e acirrou a concorrência entre os prestadores de serviços e os fabricantes. Na Escandinávia, a concorrência entre países incentivou os prestadores de serviços e agências reguladoras a implementar processos abertos de definição de padrão modular (Fransman, 2002) e a criação de um sistema de telefonia móvel analógico chamado de Nordic Mobile Telephone (NMT), que começou a ser usado em 1981. No entanto, até o início da década de 1990, quando foram introduzidos os serviços digitais, não havia concorrência (e legislação regulamentada a distinção) entre prestadores de serviços e fabricantes de equipamentos (Gruber, 2005). Até o final de 1986, mais de 80% do total mundial dos telefones celulares eram baseados em padrões NMT, AMPS ou variação do AMPS, e a maioria dos assinantes era da América do Norte, Escandinávia ou Grã-Bretanha⁶.

O êxito dos escandinavos e estadunidenses encorajou outros países a introduzir processos abertos de definição de padrão e solução modular de problemas para sistemas digitais. Os países escandinavos desempenharam papel importante, através de seus governos e agências e, em menor medida, os prestadores de serviços e fabricantes, como

⁴ Estes termos referem-se ao ajuste entre o processo de definição de padrões técnicos e os avanços tecnológicos em telefonia. Na telefonia convencional, as instituições reguladoras definiam estritamente todos os padrões e especificações técnicas dos sistemas de telefonia, sob o temor que a introdução de variedades de interface entre os fabricantes e as operadoras prejudicasse as redes telefônicas. Daí se segue um padrão integral de solução de problemas técnicos. Ao longo dos anos 1970, avanços técnicos (e.g. comutação eletrônica) permitiram que as operadoras demonstrassem judicialmente que a introdução de interfaces “abertas” não causava prejuízo à rede, o que viabilizou também a solução modular – por oposição à integral – de problemas técnicos (Funk, 2009b, pp. 78-82).

⁵ No início de 1984, após uma ação antitruste promovida pelo governo dos Estados Unidos, a AT&T separou parte das subsidiárias prestadoras de serviço de telefonia de longa distância da fabricação, pesquisa e desenvolvimento de produtos. Nesse processo, os ativos da empresa foram reduzidos de cerca de US\$ 150 bilhões para US\$ 34 bilhões.

⁶ As diferenças mais importantes entre os sistemas analógicos são a gama de frequências atribuídas para a transmissão e a largura de banda de um canal. A faixa de frequência e a largura da banda determinam o número de canais de voz. A taxa de bit de canal (em kbits por segundo) indica a densidade do fluxo de transmissão. A eficiência espectral é o número de bits que podem ser enviados por segundo ao longo de um canal de uma dada largura de banda. Esse índice pode ser utilizado como uma medida muito aproximada da eficiência de um sistema (Gruber, 2005).

Ericsson e Nokia, que agiram como os mecanismos de difusão da atitude de abertura na fixação de normas técnicas na Europa Ocidental. Movidos por um desejo de integração econômica e para fazer frente à concorrência dos EUA e do Japão, os fabricantes europeus tornaram-se atores dominantes na definição de normas para o Global System for Mobile Communications (GSM), de segunda geração (2G). Esta unidade particular da Europa em torno de um padrão explica a quantidade relativamente menor de padrões na segunda geração tecnológica de comunicações móveis. Além disso, os escandinavos foram importantes para a criação do European Telecommunications Standards Institute (ETSI), em janeiro de 1988, que teve como decisão-chave o uso do cartão de identificação do assinante (SIM)⁷.

O SIM é um caso exemplar das mudanças nas relações entre fabricantes e prestadores de serviços por refletir o crescente poder dos primeiros. Sem esse tipo de solução modular, há muito os fabricantes viam-se individualmente obrigados a aumentar as suas despesas em pesquisa e desenvolvimento (P&D) para atender as diferentes demandas de distintos prestadores de serviços. Nesse novo contexto, as proteções por meio de patentes se tornaram ainda mais úteis e transformam os fabricantes em agentes da difusão global do padrão GSM (Funk, 2009b).

No final dos anos 1990, a tecnologia 3G era vista como uma atualização necessária pelos diferentes atores da indústria. Se inicialmente as telecomunicações foram projetadas para a transmissão de voz, o próximo passo seria a transmissão de dados, Mas, isso requeria buscar e definir um novo padrão⁸. A experiência positiva do padrão GSM trouxe a convicção de que bastaria recriar essa experiência no contexto de terceira geração para que esta se tornasse um padrão global. O sucesso do GSM foi reforçado pelo padrão aberto, pela solução modular de problemas, pela concorrência, pelas responsabilidades de desenvolvimento assumidas pelos fabricantes e, compensatoriamente, pela proteção patentária dada ao processo de ajuste ao padrão de segunda geração. Até o final da década de 1990, a GSM Alliance se tornou uma organização de definição do padrão global, integrando-se ao International Telephone Union (ITU). Nos EUA, o desejo da Qualcomm de promover um padrão que desafiasse o GSM, com sua versão do sistema CDMA (ver

⁷ A troca de qualquer provedor de serviços GSM requer apenas a troca desses cartões entre os telefones, reforçando a forma modular de resolução de problemas (Fransman, 2002).

⁸ A tecnologia 3G oferece uma maneira mais eficiente de transmissão de dados sem fio, pois usa a tecnologia de pacotes, na qual a transmissão de dados é dividida em unidades menores que são reagrupados no arquivo destino. Neste sistema, o espectro é utilizado de forma mais eficiente porque o canal fica disponível para outros usuários durante a conexão entre dois usuários. Em contraste, a tecnologia 2G (comutação de circuitos centrada em voz) estabelece uma conexão dedicada entre duas chamadas para toda a duração da comunicação (Funk, 2009b).

seção 5.1) – o cdmaOne – culminou na formação do CDMA Development Group, que também filiou-se ao ITU e passou a desempenhar o papel de uma aliança não-GSM. Em suma, os fabricantes e prestadores de serviços serviram como mecanismos de transmissão do modelo aberto de definição do padrão através do GSM Alliance e do CDMA Development Group (Funk, 2009b, p. 85).

No Japão, a NTT DoCoMo tentou criar um padrão global de tecnologia, o Wide-Band CDMA (W-CDMA), que foi aceito por Nokia e Ericsson em troca de ter a interface de rede GSM incluída na terceira geração do padrão europeu. As duas empresas fizeram isso, em parte, porque não havia consenso no final dos anos 1990 sobre se a tecnologia da Qualcomm era tecnologicamente superior a GSM e se ela poderia vir a ser escolhida como o padrão de terceira geração da Europa. Para essas empresas, a tecnologia CDMA era uma grande ameaça, uma vez que não faziam parte do fornecimento de infra-estrutura da cdmaOne. Assim, elas usaram a concessão da NTT DoCoMo relativa à interface de rede para convencer os fornecedores de serviços europeus a adotarem o W-CDMA no European Telecommunications Standards Institute (ETSI), em janeiro de 1998. Posteriormente, os prestadores de serviços que mais utilizavam o GSM introduziram o W-CDMA, enquanto os adotantes iniciais do cdmaOne e cdma2000 criaram suas versões melhoradas (Funk, 2009b, p. 86).

Em abril de 2000, o governo do Reino Unido realizou o primeiro leilão de espectro de 3G na Europa, mas nem todos os países escolheram o mecanismo de leilões para atribuição de licenças de espectro. A Finlândia e a Suécia, por exemplo, atribuíram licenças através do mecanismo denominado “concurso de beleza”, no qual as licenças são concedidas aos candidatos (operadoras) que as merecessem, obrigados a fazer investimentos adicionais no desenvolvimento de redes 3G (Ansari e Garud, 2009). A decisão dos governos de vender ou adjudicar este espectro tinha suscitado a criação de um novo mercado para a próxima geração de comunicações móveis. Porém, o entusiasmo com a 3G não foi o mesmo por parte dos consumidores. Após cinco anos do seu lançamento, o uso de produtos e serviços baseados em tecnologia 3G ficou bem abaixo das expectativas⁹.

As redes 3G poderiam mudar as regras de engajamento, fazendo comunicações

⁹ Apesar do otimismo, até 2005, dos quase dois bilhões de clientes móveis apenas 2% migraram para a plataforma 3G – muito abaixo das estimativas iniciais. Desde então, as operadoras ofereceram funcionalidades 3G para quase um quarto da sua base de assinantes, mas os usuários se mostraram pouco interessados no uso específico da “largura da banda” baseada em serviços de dados (por exemplo, telefonia de vídeo) que a 3G oferece. Nesse ínterim, muitos operadores decidiram focalizar a atualização da geração anterior (a 2G), o que veio ser conhecido como 2.5G, um híbrido que tinha elementos de ambas as redes.

móveis de voz centradas em dados. Com isso, os telefones se tornariam dispositivos híbridos (com voz, vídeo, TV móvel, acesso à internet e assim por diante) e os limites da plataforma móvel iriam se tornando cada vez mais fluídos, com as comunicações móveis entrando no domínio da eletrônica de consumo e do entretenimento. No entanto, esse avanço exige não só novas tecnologias de base, mas também vários ativos co-especializados (Teece, 1986). Entre esses ativos estão as novas gerações de aparelhos móveis ofertados pelos fabricantes (que precisavam ser compatíveis com a geração anterior), as novas estações de base e os mastros para a transmissão de sinais 3G e aplicações de conteúdo móveis (vídeo games, sites, etc.) por desenvolvedores de aplicativos para a plataforma 3G.

A ênfase nos aplicativos recaía sobre a transmissão de dados. Em particular, o funcionamento da internet nos telefones celulares começou a ganhar peso. Para tentar estabelecer padrões de internet móvel, Nokia, Motorola e Ericsson agiram como agentes de difusão quando criaram o Wireless Application Protocol (WAP) Forum¹⁰, em junho de 1997 (Ansari e Garud, 2009). No entanto, os fabricantes não chegaram a um acordo sobre as normas de internet móvel. A falta de acordo sobre as normas levou a uma exibição inconsistente de menus e conteúdos em diferentes telefones e exigia que os usuários configurassem seus próprios serviços. Entre as desvantagens estavam a falta de conteúdo e de programas adequados aos aparelhos celulares, o preço elevado e o mecanismo de carga, no qual os usuários eram conectados por circuitos a uma rede móvel, pagando pelo tempo utilizado para baixar determinado conteúdo, o que acontecia de maneira relativamente demorada¹¹. Por outro lado, os prestadores de serviços coreanos e japoneses continuaram a definir as especificações de telefone e mantiveram um sistema parcial de quase-integração vertical. No Japão, a NTT DoCoMo definiu seus próprios padrões de internet móvel, os fabricantes tiveram que desenvolver seus telefones em conformidade com essas normas e introduziram o *i-mode*, sistema de fototelefonía (em fevereiro de 1999), que obteve amplo sucesso, induzindo outros prestadores de serviços a introduzir serviços similares. Parte do sucesso se devia à criação de um *feedback* positivo entre normas/coordenação e a facilidade do uso dos terminais e dispositivos.

Enquanto as instituições ocidentais funcionaram bem com a solução modular de problemas, a internet móvel requeria formas integradas para o desenvolvimento de

¹⁰ Havia cerca de 100 membros no início de 1999 e mais de 500 em meados de 2001 (Fransman, 2005).

¹¹ Esses dois problemas reduziram substancialmente o interesse pelos serviços e, segundo Fransman (2005, p. 507), o WAP tornou-se um dos maiores desapontamentos da indústria de comunicações móveis da Europa na virada do século.

tecnologias e solução das dificuldades. Em oposição a um padrão de interface chave, existem várias interfaces na internet móvel, cada uma envolvendo uma aplicação diferente, cuja importância deve ser reconhecida antes de uma norma ser definida para ela. Por exemplo, tons de toque, proteções de tela e jogos exigem métodos específicos para formatá-los e estes formatos devem ser compatíveis com o software do telefone (tais como navegadores, máquinas virtuais, Java, e-mail/mensagens de clientes e micro-sistemas de pagamentos). Em outras palavras, é necessário definir previamente uma arquitetura global do software e de cada um dos módulos que compõem a sua estrutura, seja em termos das soluções internas do aparelho, seja em termos da capacidade de cada aparelho acessar (comunicar-se com) diferentes interfaces, para estabelecer os requisitos mínimos em termos de hardware (processadores e outros chips, etc.).

A Nokia e a Motorola, empresas que figuram entre as líderes mundiais do setor de teleequipamentos e com grande parte da sua receita ancorada na venda de aparelhos móveis, não forneciam telefones com aplicativos personalizados em grandes volumes até 2004 (Bohlin *et al.*, 2004, p. 112). Isto, em parte, explica as expectativas frustradas das vendas da tecnologia 3G até meados da primeira década do século XXI. Em outras palavras, não foi suficiente oferecer uma nova tecnologia mal-definida e mal-adaptada aos problemas que ela se propunha a resolver, que não agregava soluções técnicas superiores que lhe permitisse vencer a competição com as antigas e mais baratas tecnologias. Esse quadro é revertido quando há definição para integrar (como aperfeiçoamentos) as interfaces da nova tecnologia. Essa tecnologia precisa ser chancelada pelo mercado e, para isso, precisa ser diferente, incorporar novas funções, ser “amigável”, etc. Nessas circunstâncias, a 3G requeria um conjunto de conhecimento de diferentes atores, alguns deles ainda por ser incorporados, e muitos deles com funções e inserção a ser precisadas pelo próprio desenvolvimento da tecnologia. Esse novo arranjo não está disponível nem decorre diretamente, em processo linear, da antiga tecnologia, ou seja, precisa ser configurado.

Ademais, em paralelo à incorporação de novos conhecimentos, com a entrada de novos atores há também mudanças nas estruturas de mercado. Para Dosi (1988), a nova tecnologia promove abalos nessas estruturas (que podem se tornar mais ou menos concentradas), redefinindo as suas fronteiras, alterando as condições de permanência e de entrada e as novas habilidades e competências tecnológicas requeridas das firmas. Em suma, uma situação de forte incerteza que as firmas, estabelecidas e potenciais entrantes, procuram minimizar. Nesse sentido, a definição de normas e padrões técnicos é fundamental para a redução da incerteza sobre o futuro da tecnologia por regulamentar as

diretrizes para seleção das soluções vencedoras. Mesmo que essa regulamentação permita reduzir o leque de soluções possíveis (e o número de fracassos), cada uma delas precisará, não obstante, ser posteriormente chancelada pelo mercado.

1.3. As novas tecnologias e o ambiente inovativo

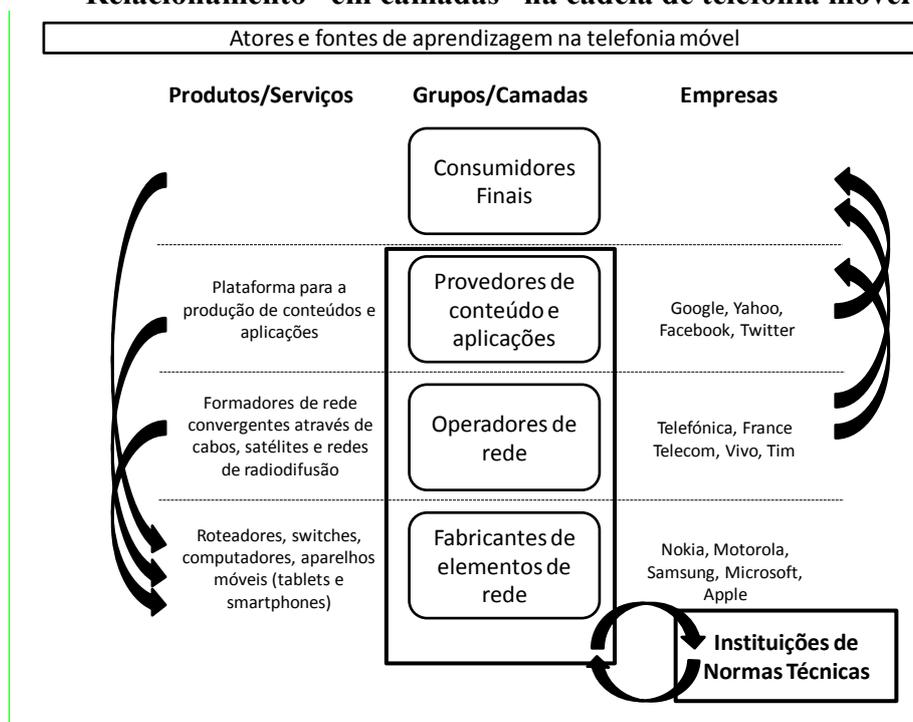
Em qualquer atividade da economia, novas tecnologias costumam mudar o ambiente competitivo. No complexo das TICs, em particular no setor de aparelhos móveis (celulares), esse processo ocorre de maneira mais rápida. Estes produtos costumam ter uma defasagem tecnológica rápida, isto é, um ciclo de vida muito curto. Nesse sentido, há tecnologias, como as de redes, que uma vez padronizadas tornam-se imperativas no setor e impõem alterações no produto (solução). Quando a tecnologia 3G foi estandardizada, todas as operadoras de celulares tiveram que funcionar neste padrão, com seus recursos e funções peculiares. Assim, as tecnologias de rede condicionam o setor de telefonia móvel.

A transmissão de vídeo só foi possível depois do advento da tecnologia 2,5G. O recurso, que inicialmente poderia ser considerado uma fonte de diferenciação do produto, atualmente é um elemento para a competitividade dos fabricantes aqui estudados. Tradicionalmente empenhadas em telefones celulares, estas empresas lançaram-se em uma corrida por renovação dos seus ativos tecnológicos, adquirindo competências e desenvolvendo novas capacidades que até então não eram imprescindíveis. Assim fez a Nokia, por exemplo, ao comprar a fabricante de aparelhos GPS Navteq em 2007, pois o advento dos PDAs (*Personal Digital Assistants*, um computador de dimensão reduzida, com grande capacidade de memória e conexão sem fio) mudou a concepção de telefonia móvel. Esse último aparelho, originalmente criado pela Palm no final dos anos 1990, é considerado o precursor técnico dos *smartphones*. Da mesma forma, o serviço de fototelefone móvel *i-mode*, comentado anteriormente, é considerado o pioneiro nas aplicações de recursos multimídia em aparelhos móveis.

Assim, com o advento da internet móvel, a inovação no setor passa a ser fruto da interação e complementação entre bases tecnológicas distintas no interior do complexo das TICs. Essa configuração se deve a um aspecto das TICs: segundo Corrocher *et al.* (2007), são tecnologias de uso geral (transversais) que têm como característica, além da difusão do uso e o potencial inerente de melhoria, elevado dinamismo para aplicações em diferentes soluções. Para os autores, a indústria possui uma base de conhecimento diversificada, mas

o grau dessa diversificação difere muito entre os aplicativos¹². Fransman (2007, pp. 96-104), usando uma metáfora biológica, interpretou essa configuração como um ecossistema. Segundo o autor, as TICs são compostas por quatro grupos fundamentais divididos em camadas e a inovação é decorrente das relações simbióticas entre elas (algumas sumarizadas pelas setas laterais da Figura 2). A eles acrescentamos as instituições de normatização (um ator adicional) que representa um conjunto de interesses diversos (governos, empresas, etc) e descreve com mais detalhe o ecossistema que este estudo procura caracterizar. Nessas relações, as soluções fornecidas devem ser constantemente melhoradas, modernizadas e atualizadas, implicando em geração e acumulação de conhecimento e, ao mesmo tempo, em inovação não desprezível.

Figura 2
Relacionamento “em camadas” na cadeia de telefonia móvel



Fonte: Adaptado a partir de Fransman (2007).

É importante destacar o papel dos consumidores finais. Eles são fundamentais para o teste (experimentos) e chancela da maioria das inovações e melhorias que ocorrem no setor, funcionando como mecanismo de seleção do processo evolutivo, uma vez

¹² No âmbito internacional, é possível constatar diferentes bases organizacionais e arranjos institucionais, bem como características diversas da base de conhecimento de atividades inovadoras, o que, por sua vez, implica em diversas fontes de informação, diferentes mecanismos de aprendizado e procedimentos para a solução de problemas.

estabelecida a inovação. Além das dificuldades iniciais de introdução da tecnologia 3G descrita acima, um outro exemplo atual e evidente é o sistema operacional da Nokia: a despeito de sua notória capacitação e liderança no setor, principalmente por conta do *hardware*, o sistema Symbian da empresa não obteve a aceitação dos usuários. No entanto, em um setor onde ciclo de vida do produto é curto, em que a defasagem tecnológica dos aparelhos espanta pela rapidez, um insucesso pode não ser definitivo (e eliminar uma firma do mercado), pois as próximas “rodadas” da luta competitiva, entre futuras gerações de tecnologias (Stopford, 1995), podem reverter o cenário atual. Por isso, o mercado é marcado por um aparente paradoxo: de um lado alta concentração e, por outro, acirrada competição e rotatividade de liderança.

Há inúmeros casos que descrevem as relações simbióticas entre os fabricantes e os outros agentes, mas aqui destacamos alguns que consideramos exemplares para os nossos propósitos: (i) a criação em 2010, por parte da operadora Verizon, de um centro de inovação em Massachussets da tecnologia LTE (Long Term Evolution), no qual os fabricantes podem testar novos produtos em uma rede 4G. (Thomsom *apud* Kubota *et al.*, 2010); (ii) a parceria da Nokia com a operadora AT&T para premiar aqueles que desenvolvessem aplicativos para seus dispositivos móveis, tendo como foco o mercado da América do Norte – uma estratégia da empresa para a difusão da plataforma Symbian e, com isso, elevar sua participação no mercado estadunidense¹³; (iii) o sucesso do sistema Android (que acarretou no fracasso do Symbian da Nokia, mencionado acima), uma plataforma da estadunidense Google que tem como usuários, por exemplo, a Samsung e a Motorola, mostra que a principal relação inovativa entre os elementos dessas camadas está ancorada no sistema operacional e nas suas melhorias¹⁴.

Estes exemplos mostram não apenas como os EUA, em especial as empresas do

¹³ A parceria chegou ao fim em 2011, porque a Nokia acreditava não haver obtido o devido esforço de marketing e o montante de subsídios da AT&T para o lançamento do smartphone X7 no mercado americano (Lawton, 2011). Isso, porém, não invalida a importância da interação e a conseqüente obtenção de aprendizado, uma vez que, embora ainda “atrasada” no mercado estadunidense, a Nokia pretendia lançar seu produto em outros mercados. Em novembro, a Nokia lançou na Alemanha e na Grã-Bretanha o smartphone Lumia 800, com plataforma Windows 7, reacendendo o interesse da AT&T em comercializar o produto nos EUA (Virki, 2011).

¹⁴ Um exemplo contundente da importância desse sistema para a telefonia móvel, em agosto de 2011, a Google anunciou a aquisição da divisão de celulares e *tablets* da Motorola, detentora 14.600 patentes já registradas e mais 6.700 em processo de registro. Apesar de já ter adquirido patentes (1.030) da IBM, na interpretação predominante dos especialistas, o principal objetivo do Google é reforçar o seu acervo de patentes, uma vez que havia fracassado na compra do espólio de patentes (6.000) da falida Nortel contra uma aliança entre Apple, Oracle e Microsoft. Esta percepção reafirma os nossos comentários acima sobre a competição pela propriedade de patentes. Ademais, para os objetivos deste estudo, a Google não possuía a *expertise* na área de hardware (que, apesar de menos relevante nos dias atuais, é necessário como ativo complementar para as suas novas soluções e planos de expansão) e a Motorola, que há 30 anos introduziu no mercado o primeiro telefone portátil, não conseguiu desenvolver um sistema operacional próprio competitivo. Em outras palavras, a ausência de um ativo fundamental para a comercialização de seus aparelhos (*hardwares*) levou a Motorola a rever os ramos de atuação.

Vale do Silício, tem se destacado no setor de telefonia móvel mas, principalmente, como os mercados – em termos de integrantes, liderança tecnológica e produtos ou soluções – estão se reconfigurando. Google e Apple, por exemplo, até então conhecidas por outras atividades dentro das TICs, atualmente são as grandes *first movers* do setor de telefonia móvel, uma evidência da dinâmica subjacente ao ecossistema descrito acima. A liderança em um setor altamente concentrado pressupõe a assimilação de novas idéias, vindas de diferentes fontes, e os desenvolvimentos das tecnologias existentes são fontes importantes para futuras inovações. Ademais, as firmas – e as suas parcerias ou associações para desenvolvimento de tecnologias – que reúnem e combinam os conhecimentos de forma inovadora e alcançam uma posição proeminente no mercado estabelecem vantagens (“saem na frente”) para a próxima “rodada da competição entre novas tecnologias”. Nessa perspectiva, a liderança não é apenas um benefício temporário ou circunstancial (estático), nem mesmo uma posição supostamente duradoura, mas o resultado de uma estratégia mais abrangente, de incorporação de vantagens que necessitam ser confirmadas ou (re)construídas sucessivamente. Em outras palavras, liderança é parte (resultado) da luta concorrencial vista numa dimensão temporal, ou seja de ativos construídos dinamicamente¹⁵. A capacitação dinâmica da firma (Teece e Pisano, 1994) é um outro aspecto que vale destacar neste contexto. Além da Apple, a Samsung é um caso particular interessante. A empresa, conhecida pela fabricação de eletrônicos, certamente usou essa competência para entrar no mercado de telefonia móvel com duas inovações de produto: os *smartphones* e, recentemente, os *tablets*¹⁶.

Além dessas novas tecnologias, que alteraram o ambiente competitivo da telefonia móvel, existem as tecnologias de rede que, como já tratado, condicionam as outras tecnologias. As tecnologias de rede, porém, não surgem simplesmente do tino inovador da empresa. Como vimos, EUA, União Européia e Japão possuem cada um a sua tecnologia de rede específica, oriunda dos conhecimentos das TICs e de padronizações estabelecidas pelas instituições de normatização. Essas últimas também têm papel importante, pois definem “as regras do jogo” e norteiam o comportamento dos demais agentes que, que por sua vez, têm o poder de influenciar essas mesmas instituições que condicionam as suas

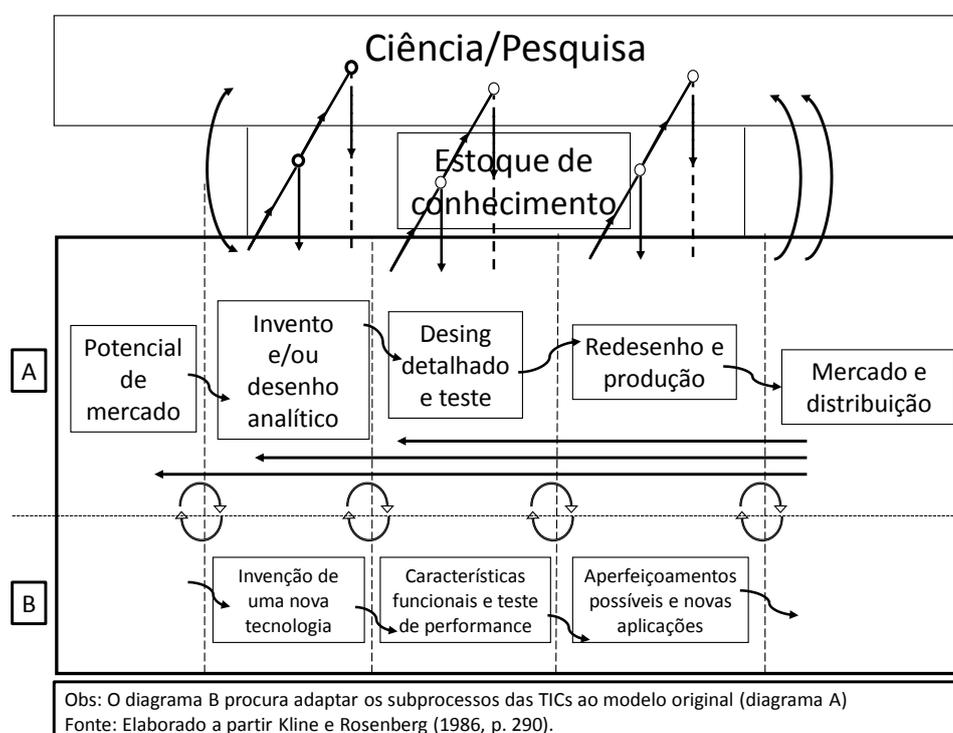
¹⁵ Mesmo que a luta competitiva parta da dimensão tecnológica (como argumentamos neste texto), requer também a construção de outros ativos. Por exemplo, para alcançar a liderança tecnológica em vários dos mercados em que atua, a Samsung construiu uma estrutura mundial de distribuição, comercialização e assistência técnica que lhe permitem explorar as suas vantagens tecnológicas de maneira diferenciada, quando comparada com outros concorrentes.

¹⁶ O mercado de *tablets* cresceu de 17,4 milhões de unidades vendidas no mundo em 2010 para uma projeção de 63,3 milhões em 2011, segundo dados da Consultoria IDC (*Mobile Time*, 2011).

ações. Daí a importância do ITU e do ESTI: enquanto não há aprovação, ou regulação de uma nova tecnologia por estas organizações, ela não pode ser usada¹⁷.

Uma característica importante do processo de inovação no setor – captada pela idéia de “ecossistema” de Fransman (2007) – é a interação das empresas entre si e com organizações não-empresariais, tais como universidades, centros de pesquisa, agências governamentais e instituições financeiras. Além disso, o recente movimento das empresas de telefonia móvel parece indicar a estudadas reforça, ainda que em menor medida do que em outros setores baseados em ciência (como a indústria farmacêutica), a interação entre ciência e tecnologia, i.e., com as universidades e centros de pesquisa.

Figura 3
Modelo interativo de inovação



Fonte: Adaptado a partir de Kline e Rosenberg (1986, p. 290).

O processo inovativo, altamente complexo e incerto e envolvendo uma diversidade de agentes é discutido também por Kline e Rosenberg (1986), que desenvolveram o “modelo interativo” de inovação (figura 3) – que é adotado pelo *Manual de Oslo* (OCDE,

¹⁷ Em 29 de dezembro de 2010, o Comitê Europeu para Padronização Eletrotécnica (CENELEC) e o ETSI liberaram os padrões de interoperabilidade necessários para a fabricação de celulares compatíveis com o novo carregador universal, que terá como base o conector micro-USB. Este é um exemplo de como as instituições têm um papel importante no sistema setorial de inovação: uma vez definido o padrão, as empresas deverão trabalhar em conjunto para harmonizar as especificações dos carregadores.

2005). Este modelo concebe a inovação em termos da interação entre oportunidades de mercado (que podemos associar ao advento das novas tecnologias de rede) e a base de conhecimento e capacitações das empresas. Cada função geral descrita na figura 3 envolve vários sub-processos com resultados altamente incertos. À medida que as TICs são beneficiadas pelos avanços da pesquisa científica, a ciência também se beneficia pelas melhorias proporcionadas por elas e, com isso, seu uso se torna extensivo e intensivo, resultando em mais eficiência e mais inovação. O modelo pressupõe a existência de *feedbacks* (representados pelas setas) nas diversas fases da concepção de uma nova tecnologia, ou seja, há uma relação permanente entre a empresa e a estrutura de Ciência, Tecnologia e Inovação (C,T&I).

A partir do modelo de Kline e Rosenberg (1986) – diagrama A da figura 3 – podemos pensar o modelo interativo de inovação com as características do setor de telefonia móvel (diagrama B). As três etapas (“invento e/ou design analítico”, “design detalhado e teste” e “re-design e produção”) representam, respectivamente, invenção de uma nova tecnologia com sua descrição e possibilidades de uso (“o que é” e “para que serve”); características funcionais e teste de performance (velocidade para executar determinada função, por exemplo); e melhorias possíveis e aplicações (como essas tecnologias podem ser melhor aproveitadas e como isso será feito). Nesse sentido, as empresas podem tanto desenvolver novas tecnologias em parcerias com a infra-estrutura científica, como melhorá-las e/ou adaptá-las e uma pesquisa feita em um local pode ser fruto de idéias inovadoras geradas em outro local. Sendo assim, ela é uma forma de soluções de problemas utilizada por determinados agentes em diferentes localidades. Um exemplo é a tecnologia CDMA desenvolvida pela Qualcomm que pôde ser utilizada pelas empresas japonesas, quando ainda a tecnologia 2G era dominante.

1.4. Identificação de tendências tecnológicas

A tecnologia 3G, que começou a ser implantada em muitos lugares ao redor do mundo a partir de 2007, resulta da escolha européia pelo UMTS (Universal Mobile Telecommunication System). Segundo analistas, o passo lógico nesta progressão será o 4G, e embora a tecnologia ainda seja imatura, algumas iniciativas já estão em andamento, como em alguns pontos nos EUA¹⁸. No entanto, o cenário futuro das comunicações móveis

¹⁸ A tecnologia escolhida para este rede é a Long Term Evolution (LTE). Em agosto de 2009, a Comissão

é mais abrangente do que pode fazer acreditar o rótulo 4G. Para Bohlin *et al.* (2007), o futuro não será definido pelo aumento das taxas de transmissão de dados ou uma *air interface* nova, mas pela crescente integração e interconexão de sistemas heterogêneos. Diferentes dispositivos irão processar as informações para uma variedade de propósitos e um conjunto de infra-estruturas será utilizado para suporte de transmissão, contando com uma infinidade de aplicações trabalhando em paralelo para fazer o uso mais eficiente possível do espectro. Nessa perspectiva, os autores entendem que algumas das muitas tecnologias que estão surgindo – Ultra-Wide Band (UWB), Wireless Local Area Networks (WLAN), WiMax, mesh e *ad-hoc* networks, Bluetooth, sistemas de satélites, acesso fixo wireless, Home radiofrequência (Home-RF) ou Local Multipoint Distribution Service – podem desempenhar um papel na definição do futuro das comunicações móveis. Essas tecnologias poderão trabalhar com sistemas celulares e em cooperação com outros sistemas fixos, tais como telefonia fixa, fibra óptica, linha de assinante digital (DSL, Asymmetric-DSL) e as comunicações por linha de energia (power line communications). Simultaneamente, outras tendências poderão ter impacto, como software-defined radio (capaz de utilização de frequências diferentes, dependendo da disponibilidade, preço ou outros fatores), telefones abertos (modificáveis pelo usuário, como um PC, tanto em termos de hardware como software), IPv6 (Internet Protocol version 6), Radio Frequency Identification (RFID), ou Voice over Internet Protocol (VoIP), que tem no Skype um exemplo de uso difundido.

Há tecnologias alternativas surgindo e os EUA procuram retomar a liderança – ainda pertencente aos fabricantes europeus, mas com os asiáticos avançando – apostando em tecnologias de comunicações móveis WiFi e WiMax por meio de forte apoio às pesquisas nesse campo. Segundo Bohlin *et al.* (2007), a tendência geral é que as novas tecnologias proprietárias sejam utilizadas ao longo do espectro não licenciado, coexistindo com normas desenvolvidas para uso dos espectros licenciado. Tal tendência é apoiada por uma gestão flexível do espectro, o que facilita a interoperabilidade de produtos e tecnologias e a existência de uma indústria mais fragmentada. Além disso, outras tecnologias emergentes, quer já existentes no mercado, quer em vias de padronização, também poderiam representar um desafio ao modelo de negócios tradicional de telefonia móvel. As pesquisas dos autores junto às empresas de consultoria especializada apontaram a relevância das seguintes tecnologias: (i) protocolos de curto alcance, como UltraWide

Europeia anunciou que iria investir um total de € 18 milhões em P&D para tecnologias LTE e LTE Advanced.

Band (UWB), Near Field Communications (NFC), ZigBee e Bluetooth; (ii) protocolos de longo alcance, tais como WiMax, FlashOFDM e melhorias em 3G como UMTS-Time Division Duplex; e (iii) malhas (mesh) e ad-hoc networking).

A empresa de consultoria em tecnologia de informação Gartner (2009) listou oito tendências no mercado de mobilidade para os anos de 2009 e 2010: (i) Bluetooth 3.0, tecnologia de transmissão de dados a distâncias curta; (ii) Interfaces móveis de usuário; (iii) Tecnologias de localização, como o GPS; (iv) 802.11n, padrão de comunicação Wi-Fi; (v) Tecnologias de Displays, possibilitando tela em diversos tamanhos, formatos, fragilidade e duração da bateria do dispositivo; (vi) Internet móvel e Widgets (pequenas aplicações de web móvel); (vii) banda larga no celular, com a utilização da tecnologia HSPA (High Speed Packet Access) que é uma junção dos protocolos HSDPA e HSUPA (High Speed Uplink Packet Access); e (viii) Near Field Communication (NFC), que é uma extensão da tecnologia RFDI.

Com base nestas informações, selecionamos para análise três distintas tecnologias emergentes de mobilidade – IPv6 (protocolo de internet); 802.11n (padrão de comunicação Wi-Fi) e NFC (protocolo de curto alcance) – como representantes daquelas que apresentam boas possibilidades de sucesso, ou seja, de padrões ou soluções cujo desenvolvimento pode torná-las amplamente difundidas. Entre os produtores de equipamentos de comunicação móvel, selecionamos três empresas, Motorola, Nokia – líderes do setor, segundo o relatório da OCDE (2008) – e Samsung. Esta última é um caso interessante de novo ator no mercado, tanto pelas suas interações tecnológicas, como pelo desenvolvimento de seus produtos¹⁹.

A metodologia adotada consiste na análise bibliométrica como uma forma empírica de prospecção tecnológica (Watts e Porter, 1997; Porter, 1999). Consiste no exame das características dos artigos indexados na base Scopus²⁰ usando as tecnologias selecionadas como palavras-chave para a busca. A partir dos resultados obtidos, as tecnologias foram analisadas segundo quatro critérios: (i) distribuição dos artigos ao longo dos anos – supondo que tecnologias promissoras têm maior número de artigos publicados nos anos

¹⁹ Em comum, essas três empresas enfrentam a concorrência da estadunidense Apple, que até pouco tempo não participava desse mercado, porém, com a alteração da trajetória tecnológica em direção à internet móvel passou a ser um ator relevante.

²⁰ Segundo informações na página da empresa [www.scopus.com], a base Scopus é a maior coleção de resumos, referências e indicadores de literatura científica, técnica e médica online. O número de artigos científicos em uma dada área é um indicador de produção científica para dado ator (universidades, cientistas, laboratórios, países, etc.), de modo que o número (e a evolução) de artigos científicos para uma dada tecnologia permite inferências sobre a geração de conhecimento a respeito dessa tecnologia (Okubo, 1997).

recentes e, contrariamente, tecnologias consolidadas baixa publicação; (ii) áreas de concentração científica – sob a hipótese de que as tecnologias nos estágios iniciais de desenvolvimento são intrinsecamente mais complexas e por isso demandam conhecimentos novos e, por vezes, oriundos de outras áreas do saber científico; (iii) número de idiomas dos artigos publicados – que indica a dispersão geográfica da pesquisa; e (iv) as principais afiliações (universidades, centros de pesquisa, institutos, empresas, etc) – sob a hipótese de que as tecnologias nos estágios iniciais de desenvolvimento são intrinsecamente mais complexas, por demandar maior conhecimento e áreas do saber científico, envolvem um maior número de atores. Para facilitar a avaliação e compreender as nuances relativas às novas soluções, confrontamos os resultados obtidos para estas últimas tecnologias com os da CDMA, que já se caracteriza como uma tecnologia consolidada (ver seção 2). Como complemento a esse esforço, realizamos uma pesquisa qualitativa sobre as parcerias tecnológicas das empresas selecionadas através da base Proquest²¹ e de informações especializadas.

No conjunto, os critérios acima nos orientarão quanto ao caráter de novidade relativa das tecnologias selecionadas para, com isso, verificar sua dispersão global. Esses critérios também servem ao propósito de identificar a participação das empresas da amostra nos artigos científicos e com isso visualizar o avanço das trajetórias através da interação entre a ciência e tecnologia de diversas bases tecnológicas. Nascimento (2010) ressalta que vem se tornando relativamente mais influente a produção de artigos brasileiros na área de telecomunicações, embora essa produção seja relativamente marginal quando comparada à de países tradicionais em termos de investimento privado em P&D em TICs.

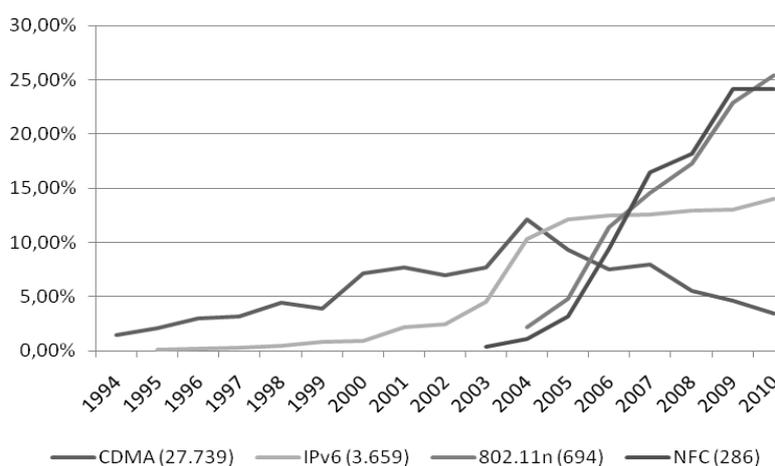
1.5. Resultados da análise bibliométrica

O Gráfico 1 mostra a evolução do total de artigos publicados (indexados à base Scopus) contendo o a tecnologia pesquisada como termo de busca, desde a data da primeira publicação. Considerando os períodos de maior concentração do total de artigos publicados de cada tecnologia (e sua taxa de crescimento), o ano de 2004 parece ser “um divisor de águas”. Nesse ano, fica evidente a novidade de duas tecnologias (802.11n e NFC), por um lado, e a iminente maturidade da tecnologia IPv6 (redução do crescimento) e

²¹ A base Proquest é uma plataforma de informação científica e jornalística, “com uma reputação de mais de 70 anos como um portal mundial de conhecimento – de dissertações a arquivos culturais e governamentais e notícias – em todas as suas formas” [www.proquest.com].

o ocaso da CDMA (taxa negativa), por outro. Se o surgimento de publicações das duas primeiras tecnologias permitem caracterizá-las como “nas etapas iniciais da pesquisa”, o número de publicações das duas últimas reafirmam aspectos relacionados à teoria discutida nos itens anteriores. Mesmo não sendo novas, as tecnologias para internet (IPv6 ou outras soluções ainda por derivar) se mantêm como um componente necessário aos novos produtos, fato que exige aperfeiçoamentos e/ou desenvolvimentos que garantem um certo nível de pesquisas que mantêm a dinâmica inovativa, mesmo que em ritmo inferior ao de outras novas tecnologias – como era de se esperar. O mesmo não é válido para as soluções que se tornam insuficientes frente às novas (possíveis) trajetórias tecnológicas, cujos esforços científicos são no sentido de substituí-las, como é o caso da CDMA em relação à 4G.

Gráfico 1
Evolução da Distribuição de Publicações por Tecnologias Móveis: 1994-2010



Nota: Entre parênteses, o número total de artigos encontrados.

Fonte: Elaborado a partir de dados da base Scopus, acesso em 05/04/2011.

Por outro lado, o Quadro 1 mostra uma concentração das publicações nas áreas de engenharia e ciência da computação, como era esperado, pois se trata de tecnologias de informação e comunicação. Porém, é interessante ressaltar que houve uma expansão na base científico-tecnológica dessas atividades. Podemos dizer que as atividades de pesquisa nas telecomunicações tradicionais concentravam-se predominantemente nas áreas de engenharia e física. Com o avanço da chamada “convergência digital”, as áreas de ciência da computação e matemática passam também a ter espaço e relevância. A seguir descrevemos os resultados obtidos para cada tecnologia selecionada, sintetizados no Quadro 1.

Quadro 1: Indicadores Bibliométricos

| | | Tecnologias Avaliadas | | | | | | |
|--|--|-----------------------|---|-------------|--|-------------|--|-------------|
| | CDMA | (%) | IP6 | 802.11n | % | NFC | % | |
| Número total de artigos | 28.700 | | 4.128 | | 888 | | 378 | |
| Ano primeiro artigo | 1974 | | 1995 | | 2004 | | 2003 | |
| Número de idiomas das publicações | 16 | | 8 | | 3 | | 4 | |
| Países | | | | | | | | |
| | Estados Unidos (5748) | 20,0 | China (979) | 23,7 | Estados Unidos (160) | 19,2 | Alemanha (44) | 11,6 |
| | China (3611) | 12,6 | Coreia do Sul (827) | 15,2 | Coreia do Sul (58) | 7,0 | Austria (37) | 9,8 |
| | Japão (2265) | 7,9 | EUA (322) | 7,8 | China (58) | 7,0 | Finlândia (34) | 9,0 |
| | Coreia do Sul (2261) | 7,9 | Japão (243) | 5,9 | Taiwan (54) | 6,5 | Espanha (32) | 8,5 |
| | Canadá (1720) | 6,0 | Taiwan (241) | 5,8 | Japão (49) | 5,9 | Estados Unidos (29) | 7,7 |
| | Total | 54,4 | Total | 58,4 | Total | 45,5 | Total | 46,6 |
| Empresas | | | | | | | | |
| | Nippon T & T (321) | 1,1 | Oso Systems (29) | 0,7 | Intel Corporation (19) | 2,3 | (NTT) DoCoMo Communications Lab Europe GmbH (16) | 4,2 |
| | Nokia (321) | 1,1 | Samsung Electronics (19) | 0,5 | Samsung Electronics (12) | 1,4 | Nokia (6) | 1,6 |
| | Qualcomm Inc. (291) | 1,0 | Samsung Group (18) | 0,4 | Toshiba Corporation (12) | 1,4 | Nippon Telegraph & Telephone (4) | 1,1 |
| | Alcatel-Lucent Bell Labs (226) | 0,8 | Hitachi (16) | 0,4 | Nippon Telegraph & Telephone (10) | 1,2 | Hewlett Packard Laboratories (3) | 0,8 |
| | Samsung Electronics (173) | 0,6 | Toshiba Corporation (16) | 0,4 | STM microelectronics (9) | 1,1 | Microsoft Research (3) | 0,8 |
| | Motorola (171) | 0,6 | Nokia (16) | 0,4 | Mitsubishi Electric Research Laboratories (6) | 0,7 | Intel Corporation (3) | 0,8 |
| | Total | 5,3 | Total | 2,8 | Total | 8,2 | Total | 9,3 |
| Universidade e Institutos de Pesquisa | | | | | | | | |
| | Beijing University of Posts and Telecommunications (612) | 2,1 | Electronics Telecommunication Research Institute (149) | 3,6 | National Taiwan University (20) | 2,4 | VTT Technical Research Centre of Finland (26) | 6,9 |
| | Korea Advanced Institute of Science & Technology (312) | 1,1 | Tsinghua University (122) | 3,0 | Information and Communications University (15) | 1,8 | Universidad de Castilla-La Mancha (18) | 4,8 |
| | Electronics Telecommunication (305) | 1,1 | Beijing University of Posts and Telecommunications (116) | 2,8 | National Chiao Tung University Taiwan (13) | 1,6 | Technische Universität Graz (11) | 2,9 |
| | Princeton University (301) | 1,0 | Sungkyunkwan University (78) | 1,9 | Eidgenössische Technische Hochschule Zurich (13) | 1,6 | Johannes Kepler Universität Linz (11) | 2,9 |
| | Southeast University (276) | 1,0 | Beijing Jiaotong Daxue (76) | 1,9 | IEEE (12) | 1,4 | Lancaster University (10) | 2,6 |
| | University of California, San Diego (274) | 1,0 | Korea University (74) | 1,9 | University of Texas at Austin (12) | 1,4 | Universidad Autónoma de Tamaulipas (9) | 2,4 |
| | | | Institute of Computing Technology Chinese Academy of Sciences | 1,4 | University of the Balearic Islands (11) | 1,3 | Ludwig-Maximilians-Universität München (8) | 2,1 |
| | | | Soochow University (55) | 1,3 | | | Universidade de Córdoba (6) | 1,6 |
| | | | IEEE (53) | 1,3 | | | Technische Universität München (6) | 1,6 |
| | | | National Dong-Hwa University (52) | 1,3 | | | | |
| | Total | 7,2 | Total | 20,2 | Total | 11,5 | Total | 27,8 |
| Áreas científicas principais | Engenharia (25035) | 87,2 | Computação (2.679) | 64,9 | Engenharia (607) | 72,9 | Computação (246) | 65,1 |
| | Computação (11766) | 41,0 | Engenharia (2.382) | 57,2 | Computação (509) | 61,1 | Engenharia (187) | 49,5 |
| Outras áreas científicas | Física e Astronomia (2414) | 8,4 | Matemática (456) | 11,0 | Matemática (77) | 92,0 | Matemática (51) | 13,5 |

Fonte: Elaboração própria a partir de informações da base Scopus (acesso janeiro de 2012)

1.5.1. Code Division Multiple Access (CDMA)

O CDMA é uma tecnologia de transmissão digital sem fio que permite o acesso a um único canal de rádio por uma grande quantidade de usuários. Ele tem uma forma de multiplexação que permite que os sinais numéricos possam ocupar um único canal de transmissão. O CDMA usa uma abordagem de espalhamento espectral de transmissão digital de dados ou voz sobre frequências de rádio: os sons são digitalizados e, em seguida, a informação é dividida em pacote de dados que são codificados com um código de identificação único. Posteriormente, todos os pacotes são enviados através de um amplo espectro de frequências de rádio.

Essa tecnologia é uma contraposição às técnicas anteriores de acesso múltiplo, uma vez que permite que um grande número de chamadas possa ocorrer simultaneamente e uma maior quantidade de tráfego para um número finito de frequências disponíveis. A tecnologia é uma evolução dos padrões analógicos anteriores. A primeira referência encontrada na base de dados a “Code Division Multiple Access” data de 1974, porém a sua aplicação comercial, como padrão de telefonia móvel introduzido pela Qualcomm, se inicia em 1995.

As publicações sobre a CDMA concentram-se entre os anos de 2003 e 2007, período de aparente transição do padrão 2G para o 3G (vide figura 1). Com o advento das tecnologias sem fio (Wireless, Wi-fi) e a evolução de outros padrões como o UMTS, o número de publicações sobre a tecnologia começa a entrar em declínio a partir de 2007, confirmando a opinião de alguns analistas que prevêem seu desaparecimento iminente. As áreas tecnológicas dos artigos concentram-se dentro do campo das TICs (engenharia e ciência da computação), sendo que a primeira aparece mais do que o dobro de vezes da segunda, denotando o que já havíamos ressaltado: o caráter tradicional e difundido dessa tecnologia – a principal ciência básica é física e astronomia. A publicação em mais de 16 línguas mostra como é disperso o conhecimento acerca desta tecnologia ao redor do mundo, contendo artigos majoritariamente em inglês, mas também se registram artigos oriundos de países em desenvolvimento da Ásia e do Leste Europeu.

As afiliações dos autores dos artigos estão principalmente em países desenvolvidos, como os EUA e a Coréia do Sul, mas Cingapura e China participam dessa lista. Além disso, aparece uma universidade brasileira (PUC-RJ) com um bom número de publicações (52). Entre as empresas da amostra, este número é bastante elevado – a Nokia possui mais de 400 publicações, Motorola e Samsung acima de 170. Os resultados espelham a

vantagem construída ao longo do tempo pela empresa finlandesa (e da associação com os japoneses expressa pela Nipon T&T) no que concerne às competências em relação ao hardware. Porém, como já observado, trata-se de uma tecnologia em vias de desaparecimento.

1.5.2. Internet Protocol v6 (IPv6)

O IPv6, também chamado de IPng (Internet Protocol next generation) é o protocolo de próxima geração de redes de internet. Ele é um avanço em relação ao IPv4, o protocolo atual, oferecendo mais segurança, melhor suporte a serviços (como o VoIP) e maior mobilidade entre as redes para os usuários. Sua criação é fruto do esforço do Internet Engineering Task Force (IETF: comunidade internacional ampla e aberta que visa a evolução da arquitetura da internet) e suas linhas mestras foram traçadas por Scott Bradner e Allison Marken, em 1994. O IPv6 foi projetado para funcionar em redes de alto desempenho (e.g. Gigabit Ethernet) e, ao mesmo tempo, continuar a ser eficiente para redes de banda larga baixa (e.g. *wireless*). O principal benefício desse protocolo é o número exponencialmente maior de endereços de IP que pode suportar em relação ao protocolo anterior²². Além disso, por ter como características a escala (número de usuários) e a extensão (redes de velocidades variáveis), ela permitirá que dispositivos diferentes, como celulares e eletrodomésticos, além de PCs, possam acessar mais amplamente a internet. Em suma, um avanço promissor em termos de interoperabilidade e convergência, propriedades que ajudam a explicar alguns dos resultados apresentados a seguir – em especial, a participação de instituições governamentais e profissionais que auxiliam a definir/selecionar padrões internacionais, ou seja, estabelecer trajetórias.

As publicações sobre o IPv6 estão distribuídas ao longo dos anos de 2005 a 2008, um período de concentração relativamente maior do que o da tecnologia CDMA. As áreas tecnológicas dos artigos concentram-se no complexo das TICs, mas a principal ciência básica é a matemática (Quadro 1). O idioma mostra uma limitada dispersão da investigação acerca desta tecnologia, com publicações em oito línguas, compreendendo, além do inglês, idiomas do Leste Europeu e o japonês.

²² Essa é propriedade fundamental, uma vez que alguns países sofrem escassez de endereços de IP. Para efeito de comparação, se o IPv4 usa endereços de 32 bits e pode suportar 4,3 bilhões de aparelhos conectados diretamente à Internet, o IPv6 usa endereços de 128 bits e suporta um número virtualmente ilimitado de aparelhos – equivalente a 2 elevado a 128 (<http://idgnow.uol.com.br/telecom/2010/09/14/oito-em-cada-dez-operadoras-de-rede-ja-trabalham-na-migracao-para-o-ipv6>).

As afiliações dos autores dos artigos ocorrem principalmente em instituições de pesquisa, a maioria asiática. A Nokia e a Samsung (o conglomerado e a divisão de eletrônicos) aparecem com publicação nessa área, o que parece apontar para a busca de conhecimentos que as coloquem em situação de participante ativo das novas configurações estabelecidas pela indústria de telecomunicações e, com isso, de primazia nas aplicações dessas tecnologias em seus dispositivos móveis. Ademais, como os endereços do padrão IPv4 estão em vias de esgotamento, para empresas que têm um dispositivo móvel com internet como pedra angular das suas vantagens, pesquisar sobre esta tecnologia e assimilá-la é imprescindível.

1.5.3. Protocolo 802.11n

O padrão 802.11n faz parte de uma família de padrões de rede sem fio IEEE 802.11, provedores de mobilidade para os usuários numa determinada área de alcance. Aprovado pelo IEEE em setembro de 2009, o 802.11n proporciona redes Wi-Fi mais rápidas, com taxas de transferência entre 100mbps e 300mbps, de maior alcance e mais seguras, resultado de um grupo de trabalho criado em 2003 com o objetivo de aumentar as taxas de transferência das redes locais a partir do padrão anterior, 802.11g – com taxas entre 25mbps e 54mbps. Essa tecnologia é baseada no chamado MIMO (*multiple-input multiple-output*) que utiliza várias antenas para enviar de forma coerente mais informações do que seria admissível com uma única antena. Essa solução é possibilitada pela multiplexação espacial (SDM), capaz de transmitir simultaneamente vários fluxos de dados (*streams*) espacialmente independentes e separados por múltiplas antenas.

Por se tratar de uma tecnologia nova, os artigos sobre o padrão 802.11n foram publicados nos últimos anos: 2009 – data de sua aprovação – e 2010. Os artigos estão concentrados nas áreas científicas das TICs (engenharias e ciência da computação), mas têm a matemática como principal ciência básica. O idioma dos artigos restringe-se ao inglês e marginalmente ao chinês, evidenciando o seu caráter de novidade. Essa peculiaridade também pode ser notada pelo grande número de artigos produzidos em países desenvolvidos – entre os dez primeiros, a única exceção é Taiwan (Quadro 1). Cabe notar a participação do Brasil através da UFRGS, uma vez que se trata de uma tecnologia recente, ainda que seja uma evolução de tecnologias anteriores.

As empresas das TICs que aparecem como principais pesquisadoras nesta tecnologia pertencem ao setor de eletrônicos, como Intel, Toshiba, Samsung Electronics e

STMicroelectronics, evidenciando não apenas a diversidade da base científico-tecnológica requerida e, portanto, de convergência, mas principalmente o caráter de meio de conectividade alternativo às redes das telecomunicações, uma vez que é um protocolo para as redes *wireless*. Os *tablets* lançados recentemente têm, inicialmente, conexão Wi-Fi e, prometem a conexão com as redes de telecomunicações²³. Por exemplo, o Folio 100 da Toshiba (*tablet* lançado em 2010) e o Galaxy S (*smartphone*) da Samsung, prometem maior velocidade na rede sem fio do que na 3G. Essa última empresa vem realizando esforços na corrida dos *tablets*, produzindo aparelhos que incorporam elementos de conectividade destes dispositivos móveis e daqueles relacionados às áreas de especialização próximas da empresa. Samsung e Nokia têm parcerias com outras firmas do setor de computação, o que, qualitativamente, as diferencia.

1.5.4. Near field communication (NFC)

A NFC é uma tecnologia sem fio de curto intervalo de alta frequência, ou seja, de transmissão de dados e informações de maneira instantânea entre dispositivos a cerca de dez centímetros de distância. É uma extensão do cartão de proximidade RFID (Radio-frequency Identification), que combina a interface de um cartão inteligente e um leitor em um único dispositivo. Trata-se de uma tecnologia que começou a ser desenvolvida em 2004, através de um fórum estabelecido por Nokia, Philips e Sony, com o fim de buscar soluções que possibilitassem uma interação baseada no toque com aparelhos eletrônicos de consumo, dispositivos móveis, PCs, objetos inteligentes e para operações de pagamento. A tecnologia ainda não alcançou o mercado de forma expressiva, pois há falta de telefones compatíveis, apesar dos esforços nesse sentido. Podemos apontar três fatos recentes que indicam que esta situação tende a ser alterada. A Samsung já lançou um *smartphone* com essa tecnologia (suportada pelo sistema Android 2.3 da Google). Paralelamente, enquanto a Nokia tornou-se sócia minoritária da empresa Obopay, especialista em serviço de pagamentos por celular, a Motorola adquiriu a Symbol Technologies, fabricante de *handhelds* que podem ler códigos de barras, RFID e Wi-Fi. Em outras palavras, as líderes do setor de telefonia móvel estão se movendo, seja através de parcerias, seja por aquisição de empresas, para incorporar conhecimento complementar que lhes permita desenvolver e

²³ A Motorola já lançou um *tablet* com conexão 3G, baseado no sistema Android e com aplicativos da Microsoft, um passo importante em termos de equipamentos que combinam comunicação móvel (juntando redes de telecomunicação e Wi-Fi) e PC.

dominar a nova tecnologia. Assim, procuram reafirmar as suas posições no mercado, seja oferecendo novas soluções de conectividade, seja ofertando produtos novos ou diferenciados por aperfeiçoamentos. No caso específico da tecnologia NFC, o esforço requer também a colaboração de empresas de eletrônicos de consumo, pois envolve conhecimentos em tecnologias de produtos – e de mercados – e de processos produtivos diferentes, pelo menos enquanto não houver a integração dessas tecnologias.

Como no caso da tecnologia anterior (e era esperado), a concentração de publicações ocorre nos últimos anos: 2009 e 2010. Além disso, elas se concentram nas mesmas áreas científicas das TICs, mas há uma diferença interessante em relação às outras, qual seja, o surgimento das ciências sociais como terceira área importante. Isso condiz com a proposta de interatividade da tecnologia. O idioma dos artigos é principalmente o inglês, aparecendo apenas um em chinês. Ademais, também as afiliações estão concentradas nos países desenvolvidos, especialmente europeus, mas com a participação do México em terceiro lugar como única exceção. O surgimento de países (México, Espanha e Áustria) ausentes nas outras tecnologias pode apoiar a idéia de janelas de oportunidade no período do surgimento de uma nova tecnologia.

Entre as empresas de teleequipamentos, apenas a Nokia possui publicações sobre essa tecnologia. A empresa anunciou que irá incorporar a tecnologia NFC em vários de seus *smartphones* e que ela será baseada no Symbian a partir de 2012. Este é um anúncio que desperta curiosidade, pois, como insistentemente discutido, o sistema operacional da Nokia é relativamente inferior aos dos concorrentes. Assim, mesmo que Motorola e Samsung não constem como pesquisadoras nesta tecnologia, o fato delas usarem o sistema Android pode representar vantagens nas próximas rodadas competitivas.

No Brasil, em 2009, Claro, VisaNet, Nokia, Visa, Bradesco e Banco do Brasil testaram a viabilidade de um sistema de pagamentos móvel no Brasil. Este exemplo é uma evidencia de dois aspectos relevantes: (i) as relações simbióticas necessárias dentro do ecossistema das TICs para promover melhorias tecnológicas; e (ii) que há oportunidades para países em desenvolvimento quando surgem novas tecnologias. Ainda assim, a cumulatividade é imprescindível nessas atividades, pois foi a Google a pioneira na nova tecnologia, usando o sistema operacional Android. Nos EUA, AT&T, Verizon e T-Mobile anunciaram a adoção do Isis, rede de *e-commerce* que usará celulares – transformados em “carteiras digitais” – para efetuar pagamentos através do NFC. A difusão desse tipo de tecnologia não apenas gera impactos por eliminar as transações em moeda e em “dinheiro plástico” (cartões de débito e de crédito), mas, se combinada com outras tecnologias, e.g.

as duas últimas acima (rede de internet global associada a uma rede local Wi-Fi, ambas velozes e de grande capacidade de transmissão de informações), pode revolucionar o sistema de pagamentos e financeiro internacional.

1.6. Comentários finais

O estudo sobre as tecnologias do setor de telefonia móvel permitiu não apenas reafirmar a tendência chamada de convergência digital, mas, principalmente, interpretá-la como fruto de diferentes trajetórias tecnológicas, que desembocam no padrão de rede 3G (seção 2) e co-existem (integradas) com as soluções para a Internet Móvel. Na verdade, estas transformações começaram a ser gestadas a partir da passagem da tecnologia analógica para a digital, 1G para 2G, mas a rede 3G foi capaz de mudar toda a estrutura do setor de telefonia móvel. Em especial, alterou as vantagens competitivas, a estrutura da indústria e as formas de relacionamento entre as firmas, os institutos de pesquisa e os governos. Para isso, foi necessária a reconstrução dos elos de relacionamento em um sistema (ou um “ecossistema”, na expressão de Fransman) mais sofisticado e complexo, que tornasse mais eficiente a interação entre os diferentes e novos atores. Assim, novos mecanismos de coordenação foram criados, dentre os quais destacamos (i) o papel das instituições de regulamentação na definição das trajetórias tecnológicas que representasse – pelo menos em parte - os interesses e reduzisse a incerteza dos agentes; (ii) a importância das Universidades e dos institutos de pesquisa como suporte técnico-científico para a pesquisa básica, o desenvolvimento e aperfeiçoamento de tecnologias; (iii) a capacidade das firmas de integra-se ao sistema e extrair habilidades e apropriar-se de competências (traduzidas em patentes) que lhes permitisse manter e expandir a sua participação no mercado.

Antes, Nokia e Motorola, por exemplo, dedicavam-se aos mercados de infraestrutura de redes e de aparelhos celulares. Quando o ambiente mudou, novas oportunidades foram geradas e surgiram novos concorrentes, oriundos de diferentes atividades econômicas, com capacitações dinâmicas e cumulatividade específicas às suas trajetórias. Entre estes novos atores, destacam-se Samsung (conglomerado diversificado, mas aqui examinado principalmente no segmento eletrônico de consumo), Palm (computadores), Apple (computadores), Google (internet) e Microsoft (softwares e sistemas operacionais). As fronteiras do mercado tornaram-se fluidas, “um espaço

gelatinoso” (re)moldável, de tal forma que as duas últimas empresas anunciaram recentemente o início da produção de aparelhos móveis. Porém, a entrada de novos concorrentes não é propriamente uma surpresa, uma vez que estas empresas estão no país central das TICs (os EUA) e podem determinar trajetórias e captar muitos efeitos de transbordamento. Surpreende, isto sim, por se tratar de atividades dinâmicas, a capacidade assimiladora e transformadora do ambiente desses novos atores. Ao mesmo tempo, a forte política industrial e tecnológica dos asiáticos capacitou-os a desenvolver competências e competitividade em muitas das atividades do complexo das TICs. Particularmente relevantes são os casos da entrada da Samsung no segmento de *smartphones* e *tablets* e o serviço de fototelefoneia do Japão (o *i-mode*) que reconfiguraram toda a estrutura existente da telefonia móvel.

As pesquisas passaram a dar importância a áreas científicas que até então não eram prioritárias, principalmente as relacionadas às ciências da computação e matemática, substituindo áreas tradicionais como física e astronomia. Surpreende também (e pode ser tomado com um caso exemplar da convergência científica necessária às novas tecnologias), o aparecimento de ciências sociais como área científica importante em tecnologias de comunicação. Uma hipótese que este dado sugere é que muitas destas novas tecnologias promovem inovações, novos desenvolvimentos e aperfeiçoamentos a partir de soluções baseadas “apenas” em software, e alteram e expandem o espectro de áreas científicas, incluindo, além de algoritmos e lógica matemática, também conhecimentos sobre redes sociais.

No entanto, as “inovações radicais” das TICs e, em particular, da telefonia móvel não parecem ser introduzidas – como é usual deduzir a partir de uma leitura apressada de Schumpeter (1934, 1942) – “subitamente”, de maneira a alterar a dimensão e a estrutura do mercado e/ou introduzir e eliminar atores repentinamente. O longo tempo de aprendizado e para aperfeiçoamento e melhorias das inovações, detectado pelos nossos resultados, coloca tal processo em uma perspectiva mais relacionada com aquela descrita por Rosemberg (1976, cap. 11). As tecnologias aqui avaliadas resultam de cerca de dez anos entre a primeira publicação e o ano de maior concentração das publicações. Se considerarmos que a concentração de publicações é própria de tecnologias cujo conhecimento ganhou “maturidade técnico-científica”, ou seja, que a sua difusão está em processo, o tempo total para a maturidade de uma “tecnologia vencedora” pode alcançar cerca de vinte anos. Mesmo que as inovações sejam radicais, certamente não se pode considerar esse período (entre pesquisa inicial e a maturidade tecnológica) – como curto. Em suma, também para

as inovações radicais, o tempo é imprescindível e determinante da corrida por patentes como ativos estratégicos para as empresas.

No bojo destas transformações, o hardware perde importância e as empresas parecem se comportar de acordo com as hipóteses de Sturgeon (1997) sobre o abandono relativo das atividades de manufatura ou a fabricação de componentes e a maior atenção a outros aspectos da concorrência, dentre eles os tecnológicos²⁴. De Negri e Ribeiro (2010), analisando as principais tendências de patenteamento das empresas líderes mundiais do setor de equipamentos de comunicação, também constataram que os domínios tecnológicos de semicondutores vêm perdendo participação à medida que cresce a importância da informática. Se essa percepção estiver correta, decorrem implicações relevantes sobre a divisão internacional do trabalho. Em primeiro lugar, os atores asiáticos posicionam-se como participantes relevantes do sistema, indicando que, conforme apontara Sturgeon, a realocação da manufatura “carrega” conhecimento científico necessário ao processo produtivo, especialmente em setores tecnologicamente dinâmicos. O conhecimento é necessário para acompanhar as mudanças produtivas, implicando a inserção mais próxima do produtor asiático em um ecossistema cujo centro está em outras partes. Isso pode explicar a presença forte de empresas asiáticas de eletrônicos na publicação científica a respeito, por exemplo, de protocolos de internet – uma tecnologia cujo conhecimento já está disseminado, mas que não se pode afirmar que seja madura. Em segundo lugar, o mesmo fenômeno explica a presença forte de empresas estadunidenses na produção científica a respeito de tecnologias mais novas (transmissão de redes sem fio e transmissão de dados a curta distância). Pode-se inclusive aventar a possibilidade de os EUA retomarem a hegemonia perdida, em tecnologias móveis, nas primeiras rodadas de concorrência em telefonia celular.

A Europa foi, durante os anos 1990, líder em tecnologia móvel e assumiu a liderança em padrões de telefonia, suplantando inclusive empresas do Vale do Silício. No entanto, a cumulatividade de empresas dessa última região serviu para o aproveitamento das novas oportunidades desencadeadas pelo advento da Internet Móvel. Por isso, não se deve desprezar outros desdobramentos, relacionados à co-evolução de tecnologias e instituições que tratamos, e que tem a ver com o fato de o mercado estadunidense para esses aparelhos ser maior do que o europeu e a atual liderança mundial da estadunidense Verizon na implementação da tecnologia LTE. Também não se deve ignorar, como

²⁴ A frase impressa recentemente pela Apple em seus aparelhos é emblemática: “Designed by Apple in California. Assembled in China”.

comentado acima, a emergência dos atores asiáticos como um desdobramento importante.

Quanto ao Brasil, trata-se de uma boa surpresa identificar Universidades que fazem pesquisas nessa área. Contudo, a literatura sobre sistemas setoriais e nacionais de inovação aponta que essa participação tem peso tanto maior quanto mais os outros atores do sistema participem dos processos inovativos. Não é o caso do Brasil, que não possui fabricantes relevantes senão as internacionais, ainda que seja possível pensar em inovações incrementais e melhorias que tais empresas possam estabelecer em parcerias com institutos tecnológicos e Universidades brasileiras.

O caso da Nokia ilustra como a posição de liderança pode ser contestada. A empresa vem percebendo lucros menores e perda de mercado em *smartphones*, a ponto de seu principal executivo, Stephen Elop (recém contratado, não por acaso, da Microsoft), ter indicado a necessidade de reinvenção da empresa (Lawton e Raice, 2011). Seu diagnóstico é o que em grande parte identificamos neste artigo: os consumidores estão escolhendo aparelhos móveis baseados em software e não hardware, que indica uma mudança de batalha do campo de dispositivos para uma guerra de ecossistemas. Também recentemente (*The Economist*, 2011a) a empresa anunciou que usaria o Windows Phone, sistema operacional da Microsoft, e mudanças radicais associadas à instalação de uma estrutura operacional nova e nova equipe de administradores não-finlandeses. Ilustra também o problema descrito por Teece e Pisano (1994). Apesar de acumular um grande estoque de ativos tecnológicos (como mostram alguns dos resultados apresentados neste estudo), a Nokia, por um lado, não foi capaz de dar-lhes um caráter dinâmico e distintivo, ou seja, torná-los uma fonte permanente de vantagens competitivas. Além disso, ela não conseguiu reunir as capacitações necessárias para adaptar, integrar e reconfigurar as suas qualificações organizacionais, recursos e competências funcionais internas e externas a um ambiente em que o ritmo exigido de acumulação de conhecimento é acelerado e a natureza da competição futura e dos mercados é de difícil determinação. Nesse sentido, são necessárias mudanças não apenas no âmbito da corporação, mas principalmente, para este estudo, em todos os elos inter-organizacionais, pois as inovações na arquitetura dos ecossistemas requerem novas “rotinas” para integrar (principalmente o conhecimento externo) e coordenar o novo conhecimento científico (por exemplo, priorizando a ciência da computação ao invés da engenharia, ou software e não hardware). Por outro lado, esses recursos e qualificações acumuladas (Penrose, 1959), insuficientes nesta fase da luta competitiva, podem ser a base decisiva das vantagens da próxima rodada da concorrência entre tecnologias (Stopford, 1995). Nessa perspectiva, é necessário examinar os próximos

passos das estratégias individuais.

No plano sistêmico, o estudo aponta a importância das relações entre empresas, institutos de pesquisa e órgãos governamentais nacionais e internacionais, como um importante determinante da dinâmica competitiva do setor de telefonia móvel. Primeiro, como vimos, pelo papel destes órgãos e instituições profissionais no desenvolvimento de conhecimento científico e técnico necessário para a fixação de padrões. Segundo, o papel das políticas industriais nacionais (notadamente no caso dos países asiáticos), estimulando a concorrência e a pesquisa, principalmente nas etapas iniciais do desenvolvimento tecnológico. Além disso, estabelecidos os parâmetros básicos da concorrência, a proteção patentária torna-se um mecanismo importante de apropriabilidade das inovações. Com isso, fabricantes e fornecedores de serviços podem atuar como mecanismos de transmissão dos padrões técnicos estabelecidos por tais instituições.

Quanto ao método empregado (análise bibliométrica), podemos apontar sumariamente que: (i) as empresas apóiam-se em conhecimento básico (ausente nos laboratórios corporativos) oriundos de Universidades e instituições profissionais (como o IEEE), tornando-os agentes importantes da introdução de padrões e soluções; (ii) as pesquisas em novas tecnologias parecem ser pouco dispersas (em termos de idiomas e países das publicações científicas), mas aparecem países em desenvolvimento (e o Brasil marginalmente, com duas Universidades em duas tecnologias); (iii) a China tem presença forte e constante na publicação referente a todas as tecnologias aqui analisadas e os EUA, com o sistema nacional de inovação mais completo, parece estar recuperando a hegemonia neste setor. Isso nos leva a acreditar que a análise bibliométrica mostrou-se um instrumento adequado e potente para indicar algumas características de tecnologias emergentes (ainda que a identificação de tais tecnologias dependa de pesquisa antecedente).

Por fim, do ponto de vista teórico, este trabalho ilustra a tese de Dosi (1988). Em mercados em que a dinâmica tecnológica é acelerada, a estrutura (número e tamanho das empresas, por exemplo), a dimensão (faturamento total em termos comparativos) e as fronteiras (número de produtos) podem ser profundamente alterados ao longo do tempo. As barreiras à entrada são profundamente instáveis, com novos atores ingressando no mercado e antigos sendo eliminados ou subjugados, e a competição pode ser tornar mais acirrada, mesmo quando o número de competidores diminui. Nessa situação, competição pode caminhar lado a lado com concentração, assim como “capacitações dinâmicas” podem dar origem a uma configuração de mercado mais próxima ao monopólio, quase certamente temporário.

2. A Conformação do Novo Sistema Setorial de Inovação das Comunicações Móveis

2.1. Introdução

A indústria de comunicações móveis é considerada atualmente sinônimo mundial de inovação tecnológica, sobretudo por conta da convergência da indústria com outras já inovadoras, como as da computação, internet e eletrônica de consumo. Esta convergência desencadeou outras mudanças previstas pela teoria econômica, principalmente pela abordagem evolucionista. Isto porque teorias evolucionistas são explicitamente microfundadas, no sentido de que devem envolver, ou pelo menos serem coerentes, com a história sobre o que os agentes fazem e porque o fazem.

Para os evolucionistas, tais agentes possuem compreensão imperfeita do ambiente em que vivem e, mais ainda, do que virá a ser o futuro. Com isso, a “racionalidade limitada” em sentido amplo é assumida como pressuposto por essa abordagem. Compreensão imperfeita, dependência da trajetória (*path-dependence*) e aprendizado implicam em heterogeneidade persistente entre os agentes, mesmo diante de informações e oportunidades nocionais idênticas. Os agentes serão sempre capazes de descobrir novas tecnologias, novos padrões de comportamento, novas configurações organizacionais. Implicam também o aparecimento contínuo de várias formas de novidade no sistema econômico. Em outras palavras, nesta abordagem a visão é de que ao mesmo tempo (imperfeito) que há a possibilidade de adaptação e descoberta de geração de variedades, interações coletivas dentro e fora dos mercados atuam como um mecanismo de seleção produzindo o crescimento (e, possivelmente, o desaparecimento) de diferentes atores que são portadores de diversas tecnologias, rotinas, estratégias, etc. (Dosi, 1997).

A explicação do atual sistema setorial de inovação de comunicações móveis não poderia prescindir de uma teoria que levasse em conta esta visão. Basta ver quem são, senão os principais agentes deste sistema, os mais populares: Apple e Google, empresas que pertenciam a outras indústrias que se integraram à das telecomunicações, conformando a convergência referida. Dosi (1997) destaca quatro objetos de análise encontrados dentro da “caixa preta” da mudança tecnológica. Em primeiro lugar, estão as mudanças nas oportunidades inovadoras (as fontes da mudança tecnológica pertencem a este domínio); em segundo lugar, os incentivos para explorar essas oportunidades; em terceiro, as capacidades dos agentes em ter êxito no que tentam fazer, que são condicionadas pelas

suas percepções de oportunidades e incentivos; por fim, os arranjos organizacionais e mecanismos através dos quais os avanços tecnológicos são procurados e implementados. Esses quatro objetos de análise são elementos fundamentais para entender o que conformou o novo sistema setorial de inovação das comunicações móveis que, como procuraremos evidenciar, mudou substancialmente.

Freeman (1994) aponta que o quadro emergente de numerosos estudos de inovação nas empresas é o da aprendizagem interativa contínua. As empresas podem aprender tanto a partir de sua própria experiência (*design*, desenvolvimento, produção e *marketing*) quanto a partir de uma ampla variedade de fontes externas seja no país de origem e/ou no exterior (através de clientes e com organizações – Universidades, laboratórios públicos e privados, etc). Assim, a complementaridade entre as fontes internas e externas da empresa é o requisito geral para a percepção de oportunidades inovadoras. Decorre disso uma variedade de processos de aprendizagem que vão desde pesquisa institucionalizada formalmente através de laboratórios de P&D, como tipos de aprendizagens mais informais através do *learning-by-interacting* com clientes e fornecedores (Lundvall, 1992).

Nesse sentido, quando olhamos as firmas deste setor veremos que, a despeito do produto do novo sistema setorial ser o mesmo para todas, elas possuem bases de conhecimento e formas de aprendizagem distintas. Além disso, o abandono de determinadas rotinas por algumas e a manutenção de uma mesma rotina por parte de outras é o que têm explicado o dinamismo concorrencial da Samsung neste mercado. Enquanto Nokia, Motorola e Apple, por exemplo, entraram firme em um mercado novo que se iniciava, relegando muitas competências em manufatura a países asiáticos, as empresas desses países se valeram da ampliação de suas bases de conhecimento através desta atividade que, aliada a uma forte política industrial, são capazes de concorrer neste mercado.

O objetivo deste capítulo é identificar as mudanças no sistema setorial de inovação das comunicações móveis a fim de caracterizá-lo em sua morfologia atual. Mostramos, além disso, como a manufatura assume importância fundamental e é fonte de (des)vantagem para as firmas. Para isso, o trabalho se dividirá em seis seções, além desta. Na seção 2.2, discutiremos o conceito de sistema setorial de inovação com base na abordagem teórica neo-schumperiana. Na seção 2.3, descrevemos a acumulação de conhecimento compreendida do processamento de dados digitais à Internet Móvel, duas mudanças disruptivas que ajudam entender as mudanças do sistema setorial ao longo do tempo. Na seção 2.4, discutimos a trajetória da manufatura na indústria eletrônica,

identificando dois padrões distintos, que possuem implicações importantes neste novo sistema. Na seção 2.5, mostramos como a manufatura assume importância fundamental e é fonte de (des)vantagem para as firmas, com implicações relevantes, inclusive, a estrutura industrial dos países e como essa vantagem deve ser complementada com as parcerias de fornecedores de plataformas que também têm adquirido competências em manufatura. Na seção 2.6, discutimos o impacto destas considerações na concorrência e destacamos os aspectos colaborativos do setor, com considerações sobre o papel das operadoras neste novo sistema setorial. Na seção 2.7, tecemos as considerações finais.

2.2. O sistema setorial de inovação

A busca de inovação pelas empresas como o fato fundamental do desenvolvimento econômico foi amplamente estudada nas contribuições seminais de Schumpeter (1934, 1942). Malerba e Orsenigo (1997), baseados em Schumpeter, descrevem dois padrões de atividades inovadoras. O primeiro, chamado de Schumpeter Mark I, teria sido proposto no livro *A Teoria do Desenvolvimento Econômico* (1934). Este padrão de atividade inovativa é caracterizado pela “destruição criadora” com a facilidade de entrada de novas tecnologias, através do destacado papel dos empresários e por novas atividades inovadoras. Os novos empresários seriam capazes de fundar uma empresa com novas ideias e inovações, lançando novos empreendimentos (produtos, processos) que desafiam as empresas estabelecidas causando uma mudança disruptiva nas formas de organização da produção e distribuição, diluindo as quase-rendas associadas às inovações anteriores. O segundo padrão é chamado de Schumpeter Mark II, que teria sido proposto em *Capitalismo, Socialismo e Democracia* (1942). Neste trabalho, Schumpeter enfatiza a relevância das grandes empresas com seus laboratórios internos de P&D industrial para a inovação tecnológica. Este padrão é caracterizado pela “acumulação criativa” com a prevalência de barreiras à entrada de novos inovadores. Com o estoque acumulado de conhecimento em áreas tecnológicas específicas, suas competências em P&D, produção e distribuição e seus recursos financeiros, as grandes empresas criam barreiras relevantes à entrada de novos empresários e empresas de pequeno porte.

Estes padrões de inovação também podem ser rotulados de “alargamento” (*widening*) e “aprofundamento” (*deepening*), respectivamente. Um padrão de “alargamento” de atividades inovadoras está relacionado a uma base inovadora que está em

constante crescimento, com a entrada de novos agentes e com a erosão das vantagens competitivas e tecnológicas das empresas estabelecidas. Um padrão de “aprofundamento” da inovação, por sua vez, está relacionado ao domínio de algumas empresas que são continuamente inovadoras, através da acumulação ao longo do tempo de capacidades tecnológicas e de inovação (Malerba e Orsenigo, 1995).

Klepper (1997) mostrou que durante a evolução da indústria podem ocorrer alterações nos referidos padrões schumpeterianos de inovações. O padrão Schumpeter Mark I de atividades inovadoras pode se transformar em Schumpeter Mark II durante a trajetória de uma indústria. No início da história, quando a tecnologia está mudando muito rapidamente, a incerteza é muito alta e as barreiras à entrada são muito baixas. Assim, as novas empresas (*start-ups*, e seus empresários) são os grandes inovadores e são os elementos-chave da dinâmica industrial. Quando a indústria se desenvolve e amadurece e, eventualmente, a mudança tecnológica segue trajetórias bem definidas, as economias de escala, as curvas de aprendizagem e as barreiras ao acesso a recursos financeiros tornam-se importantes no processo competitivo. Assim, as grandes empresas se valem do poder de monopólio para a vanguarda do processo de inovação. Por outro lado, na presença de grandes discontinuidades tecnológicas e de mercado, o padrão Schumpeter Mark II pode ser substituído pelo Schumpeter Mark I. Neste caso, uma organização estável caracterizada por agentes com poder monopolista é deslocada por novas empresas que estão usando uma nova tecnologia ou criando uma nova demanda.

Sendo assim, a base de conhecimento das atividades inovativas pode mudar de duas maneiras diferentes: uma evolução para um projeto dominante ou por uma mudança drástica. No primeiro caso, um crescimento da concentração e do surgimento de grandes empresas em posição dominante terá lugar (Utterback, 1994). No segundo caso, novos tipos de competências são necessários para a inovação, uma vez que esta turbulência industrial facilita a entrada de novas empresas afetando o volume de negócios da liderança industrial. Por fim, mudanças na demanda, usuários e aplicações representam outra modificação importante no contexto em que as empresas operam e podem favorecer a entrada de novas empresas ao invés do sucesso das já estabelecidas (Malerba, 2002).

Uma tentativa de enquadrar estes processos em um esquema analítico setorial é a contribuição do “sistema setorial de inovação e produção” (Malerba, 2002). Ele é definido como um conjunto de produtos novos e estabelecidos para usos específicos e o conjunto de agentes de mercado e realização de interações não-mercantis para a criação, produção e venda desses produtos. Um sistema setorial possui uma base de conhecimentos,

tecnologias, insumos e demandas existente, emergente e potencial. Os agentes que compõem o sistema setorial são organizações e indivíduos (por exemplo, consumidores, empresários, cientistas). As organizações podem ser empresas (usuários, por exemplo, os produtores e fornecedores de insumos) e as organizações não-empresa (por exemplo, Universidades, instituições financeiras, agências governamentais, sindicatos, ou associações técnicas), incluindo as sub-unidades das organizações de maior porte (por exemplo departamentos de P&D ou departamentos de produção) e grupos de organizações (por exemplo, associações da indústria). Os agentes são caracterizados por processos de aprendizagem, competências, crenças, objetivos, estruturas organizacionais e comportamentos. Eles interagem com os processos de comunicação, intercâmbio, cooperação, competição e comando, e suas interações são moldadas por instituições (regras, normas e convenções).

Tabela 1
Evolução dos Sistemas Setoriais do Setor de Comunicações Móveis

| Mudança disruptiva | Processamento de dados digitais | | Internet Móvel | |
|--------------------------------|---|--|---|---|
| Início aproximado | 1981 (Padrão Analógico 1G) | 1990 (introdução dos serviços digitais) | 1997 (introdução da internet móvel WAP) | 2007 (lançamento do <i>iPhone</i>) |
| Principais Agentes | Operadoras de rede de telefonia | Operadoras de rede de telefonia | Fabricantes que ofereçam serviços | Fabricantes com competências em manufatura |
| Produto | Terminais móveis analógicos | Terminais móveis digitais | Smartphones | Tablets e Smartphones |
| Campo de conhecimento | Engenharia | Ciência da Computação | Ciência da Computação | Ciência da Computação |
| Tecnologia Básica | Comutação por circuito | Comutação por pacotes | Internet Móvel | Redes sem fio de curto e longo alcance |
| Demanda | Principalmente corporativa e residencial | Corporativa e usuários finais | Principalmente usuários finais | Corporativa e usuários finais |
| Mecanismos de Interação | Operadoras e fabricantes integrados | Operadoras e fabricantes integrados na Ásia; parcerias entre fabricantes na Europa e EUA | Operadoras prestadoras de serviço de apoios aos terminais celulares; parceria entre empresas desenvolvedora de SO e fabricantes; externalização da manufatura para Ásia | Parcerias com empresas de TI para desenvolver SO; parceria com desenvolvedores de aplicativos (consumidores carregados de conhecimento) |
| Competição e Seleção | Padrões de telefonia | Hardware | Marca, <i>design</i> , e operacionalização com as redes de telefonia existentes | Hardware, <i>design</i> e alguma independência dos aparelhos às redes de telefonia tradicionais |
| Instituições | Agências Reguladoras minorando incertezas no desenvolvimento de produto e Universidades e Institutos de Pesquisa participando da pesquisa por novas tecnologias | | | |

Fonte: Elaboração própria.

Sinteticamente, os sistemas setoriais são constituídos por produtos; agentes; conhecimento e processos de aprendizagem; tecnologias básicas, os insumos, a demanda e os encadeamentos relacionados e complementares; mecanismos de interações; processos de competição e seleção; instituições (Malerba, 2002). Esta abordagem se mostra um esquema analítico importante para entender as alterações ocorridas na estrutura de mercado do setor de telefonia móvel, que passou por um caso típico de mudança de padrões inovativos, alterando, ao longo do tempo, as configurações dos agentes no setor. Destarte, a hipótese principal que norteia esse trabalho é que o setor passou por duas grandes mudanças, a saber, a decorrente da transformação estrutural da indústria engendrada pela revolução da microeletrônica nos anos 1980 que proporcionou o advento do “processamento de dados digitais” nas redes de telecomunicações e o surgimento da internet móvel (conforme ilustrado na tabela 1).

2.3. Do processamento de dados digitais à internet móvel

A configuração atual do setor de telefonia móvel teve início principalmente a partir de dois desenvolvimentos tecnológicos. O primeiro diz respeito à digitalização das redes de telecomunicações a partir da década de 1970, que permitiu a transmissão de dados em forma digital binária, que por sua vez foi consequência do paradigma da microeletrônica (Dosi, 1984). O segundo é a internet baseada no protocolo TCP/IP, padronizando as regras de empacotamento, transmissão e recepção de dados através da internet (Fransman, 2002). A internet é considerada a tecnologia de maior impulso à convergência das TICs desde os anos 1990. Ao contrário do seu predecessor tecnológico, o ISDN baseado em telecomunicações e por comutação por circuitos, as novas tecnologias de internet são baseadas em comutação por pacotes (Palmberg e Martikainen, 2006).

As tecnologias dos sistemas móveis podem ser classificadas em primeira geração (1G), sistema analógico, de segunda geração (2G) e terceira geração, sistemas digitais. Cada “G” necessitou de um desenvolvimento na regulação, a fim de minorar as incertezas decorrentes das transições tecnológicas e interações chaves e uma trajetória tecnológica definida. As principais tecnologias móveis estabelecidas na primeira geração foram a Advanced Mobile Phone System (AMPS) e a Nordic Mobile Telephone (NMT), ambas estabelecidas pela influência de fabricantes, prestadores de serviços e reguladores. Porém,

uma nova tecnologia foi demandada pelos usuários, uma vez que esses padrões bem-sucedidos de primeira geração não eram capazes de oferecer uma boa qualidade de voz, tampouco acomodar uma base ampla de assinantes. Assim, os operadores buscavam ampliar o mercado e oferecer um produto de maior valor para seus clientes (Gerum *et al.*, 2004).

Para a criação de uma nova tecnologia que atendesse às exigências dos operadores de rede foram necessárias as capacitações de empresas que possuíam cumulatividade no fornecimento de equipamentos de tecnologia de redes, bem como de semicondutores. Foi esta última, considerada uma tecnologia de propósito geral (Corrocher *et al.*, 2007), que criou as oportunidades para o desenvolvimento de uma nova tecnologia de acesso que contava com transmissão digital de sinais. A estação de rádio base de redes sem fio se tornou tecnologicamente mais complexa, exigindo competências técnicas em novos campos tecnológicos como semicondutores, hardware de computador e, especialmente, software. O padrão desenvolvido de segunda geração foi o Global System for Mobile Communications (GSM) que se deu no âmbito do European Telecommunications Standards Institute (ETSI) na Europa, principalmente por esforços das empresas escandinavas Ericsson e Nokia que se esforçaram para unificar o padrão do continente a fim de enfrentar a concorrência dos outros principais polos das telecomunicações no período, EUA, Japão e Coreia – evidenciando que cada país possuía um sistema setorial distinto com diferentes implicações em termos de competitividade e inovação. Os escandinavos foram importantes na criação do ETSI, em janeiro de 1988, que teve como decisão-chave o uso do cartão SIM que continha a informação de assinantes (Gruber, 2005; Funk, 2009b) que teve importante implicação na padronização do *roaming* global das telecomunicações.

Alcatel, Ericsson, Motorola, Nokia e Siemens, possuidoras de patentes importantes em um novo mercado que exigia novas capacitações, emergiram como os principais fornecedores de equipamentos para o padrão GSM em meados da década de 1990. Estas empresas se tornaram cada vez mais multi-tecnológicas (Patel e Pavitt, 1997), para atender às exigências mais complexas do novo mercado de telefonia móvel, não só nos mercados de equipamentos, mas também no de terminais. Em um movimento de barrar a entrada dos asiáticos, especialmente os japoneses, essas empresas adotaram os acordos de licenciamento cruzado a fim de reforçar as condições de apropriabilidade em ambos os mercados, dando a liderança de mercado de equipamentos e de dispositivos aos principais fornecedores de equipamento. O desenvolvimento do padrão digital também diminuiu o

papel dos operadores de rede, direcionando a P&D para os fabricantes (Fransman, 2002). A estes coube a operacionalização das redes e a comercialização de serviços de telecomunicações móveis. Ademais, a trajetória tecnológica estabelecida pelo padrão GSM, tendo a comunicação de voz como força motriz, estabeleceu um novo padrão nos terminais, com a dominância do design e miniaturização dos aparelhos, que permitiu reduções de custo e melhorias na qualidade do produto ao longo da década de 1990. Estas mudanças mostraram como a introdução de uma tecnologia mudou a conformação do sistema setorial de inovação do setor, reconfigurando o papel dos agentes (Gerum *et al.*, 2004).

Ao final da década de 1990, o sucesso da internet em telefonia fixa começou a sinalizar a transformação pela qual passariam os serviços de comunicações móveis em alguns anos. Além disso, outra grande inovação era a possibilidade de transmissão de dados simples em terminais, através do serviço de mensagens curtas (SMS). A indústria de telefonia móvel começava a perceber uma nova oportunidade de mercado em serviços móveis de dados multimídia, conformando uma visão sobre a “internet móvel”. Esta levou a dois desenvolvimentos que se inter-relacionaram (Gerum *et al.*, 2004): i) os serviços multimídia requeriam acesso à banda larga, e isso não era possível com as redes GSM, mas estava presente nas redes sem fio em desenvolvimento. Neste ínterim foi criado um padrão de terceira geração, mesmo que não fosse possível prever os serviços que seriam oferecidos por meio dessa nova tecnologia; ii) os operadores de rede e fornecedores de equipamentos procuraram possibilidades de acesso à Internet e serviços de dados multimídia através das redes existentes, ganhando experiência em um negócio que iria tornar-se central futuramente, acumulando, mais uma vez, capacitações e se preparando para a convergência tecnológica²⁵. A consequência é que uma série de novos produtos, serviços, aplicações, mercados, políticas e regulações acabaram por se difundir, o que ensejou novos modelos de negócios, alterando uma vez mais a conformação do sistema setorial da indústria (Plamberg e Martikainen, 2006).

Em uma espécie de síntese do que tratamos até aqui, Curran e Leker (2010) destacam dois importantes condutores tecnológicos da convergência tecnológica, i) a digitalização – que permitiu a livre transferência de informações (imagens, sons ou texto)

²⁵ A convergência pode ser descrita como “pelo menos dois itens perceptíveis em vias de união ou uniformidade, ou a fusão de tecnologias distintas, dispositivos ou indústrias em um todo unificado” (Curran e Leker, 2010, pp. 257-258). Os autores prosseguem ampliando o conceito como a adição de novas funcionalidades para diferentes produtos dentro de uma base tecnológica existente, bem como o uso de uma tecnologia de uma área existente da indústria em uma área considerada nova.

através de mecanismos de transmissão – e a miniaturização – que garantiu a aplicabilidade de circuitos integrados em uma ampla gama de equipamentos cada vez menor e ii) a desregulamentação dos mercados de telecomunicações. Nos EUA, eles destacam o Telecommunications Act de 1996 estabelecido pelo FCC, como a primeira revisão significativa das leis de telecomunicações do país desde o Communications Act of 1934. A legislação de 1996 incluiu a Internet na radiodifusão e atribuição de espectro, aumentando significativamente a concorrência no setor. Na Europa, a Comissão Directive 90/388/ECC concernente à concorrência nos mercados de serviços de telecomunicações, introduzida em 1990, foi importante nesse mesmo sentido, porém foi a série de diretivas de 12 anos depois (2002/77/CE) que almejava um quadro regulamentar que incorporasse todos os serviços de comunicações eletrônicas e/ou redes ocupadas com o envio de sinais por rádio, fio óptico ou eletromagnético ou outros meios (fixo, sem fio, televisão por cabo, por satélite, etc.).

A complementaridade de produtos, que até então eram desenvolvidos de maneira autônoma, significou a entrada de agentes que não tinham importância até então por conta da exploração de novas oportunidades tecnológicas e o sucesso das inovações. No passado, os serviços de internet e de comunicações móveis tinham trajetórias distintas, sendo que isso só mudou a partir de novas tecnologias de acesso e protocolos de comunicação, cujo surgimento permitiu a possibilidade de acesso à internet através de telefones celulares. Em meados da década de 1990, Ericsson e Nokia começaram a desenvolver pesquisas a fim de desenvolver tais protocolos a fim de permitir o acesso sem fio a serviços de internet. Encontrou-se um número considerável de soluções de dados móveis, mas que acabou se revelando de baixa velocidade e de baixa capacidade de transmissão de dados. Mais tarde, a partir da união entre Motorola e a *start-up* Unwired Planet, foi criado um protocolo de comunicação sem fio baseado na linguagem de programação XML, que deu ensejo a aliança estratégica Wireless Application Protocol (WAP) Forum, em torno do padrão aberto que possuía o mesmo nome. Aparelhos habilitados com essa tecnologia começaram a chegar ao mercado em 1999, o que caracteriza um “impulso pela tecnologia” (*technology push*), uma vez que não foi desenvolvido com serviços específicos ou segmentos de clientes em vista. Esse padrão acabou por se revelar fracassado, uma vez que a baixa largura de banda das redes GSM e a demora no carregamento tornava a experiência de acesso a serviços de dados lenta e cara – o padrão WAP prometeu um serviço que não poderia entregar (Fransman, 2005). As empresas operadoras de rede desempenharam um papel muito limitado no desenvolvimento deste protocolo, o que difere da experiência japonesa.

A operadora japonesa NTT DoCoMo beneficiou-se das capacidades acumuladas na indústria de computadores pessoais (PCs) e as competências no acesso à internet que serviu de suporte à introdução da internet móvel. Ao contrário dos europeus, a empresa criou uma estratégia para enfrentar os desafios da convergência na indústria e beneficiar-se da complementaridade dos produtos, caracterizando um “atração da demanda” (*demand-pull*), para a exploração das oportunidades tecnológicas. A operadora, ao contrário do movimento que se iniciou nos anos 1990 – do deslocamento da P&D para os fabricantes –, continuou sua rotina de desenvolvimento de capacidades internas, o que permitiu à empresa ter um papel ativo no processo de inovação que se iniciava na indústria de telecomunicações. Seu sucesso comercial se baseou em três pilares: conteúdo i-mode, de fácil manipulação e acesso, baseado na tecnologia de segunda geração japonesa, de transmissão por comutação de pacotes de rede PDC-P; uma base de usuários crescendo rapidamente, sobretudo por conta da explosão de conteúdo gerado pelo usuário em tempo real (e.g. redes sociais, como o Facebook, Twitter, etc.); e o baixo valor das transações para os usuários (Funk, 2001). As operadoras europeias só puderam se valer desse recurso no início de 2000, com a introdução de comutação de pacotes *General Packet Radio Service* (GPRS), que alargava a banda, necessária à transmissão sem fio e mensagens multimídia. Assim, de um lado as operadoras japonesas contribuíam para expansão das capacidades dos fornecedores de equipamentos no país, como Fujitsu, NEC e Sony. No entanto, tecnologias de acesso concorrentes para a transmissão de dados sem fio surgiram, como substituto parcial para os padrões de terceira geração móveis, como o UMTS, que foram desenvolvidas no âmbito da indústria de redes de computadores e que abalaram novamente as estruturas de mercado do setor de telecomunicações (Gerum *et al.*, 2004).

O Wi-Fi (*Wireless Fidelity* ou *Wireless Local Area Network*, W-LAN), que é uma tecnologia alternativa de acesso à Internet Móvel e possibilita a transmissão de dados em redes públicas, surgiu através da integração da indústria de redes de computadores e da indústria de comunicações móveis (Fransman, 2002). A tecnologia Ethernet, que teve origem no setor de informática, foi integrada ao espectro e tecnologia de rádio das comunicações móveis, criando um mercado novo de equipamentos sem fio para redes domésticas. Fornecedores de rede de computadores (Intersil, 3COM, Aironet, mais tarde adquirida pela Cisco) e da indústria de comunicações móveis (Lucent e Nokia) foram pioneiros em trazer ao mercado equipamentos com base em padrões da internet sem fio (IEEE 802.11a e 802.11b). Essas empresas formaram a *Wireless Ethernet Compatibility Alliance* (WECA) para promover o crescimento do padrão 802.11b como um padrão aberto

e assegurar a compatibilidade entre produtos de diferentes fornecedores, dando clara demonstração do papel das normatizações e regulação nesse mercado – qual seja, o de minorar incertezas inerentes ao processo de desenvolvimento tecnológico (Rosenberg, 1982).

Um dos primeiros produtos comerciais baseados em Wi-Fi foi introduzido pela Apple, o AirPort, uma espécie de modem que oferecia uma conexão sem fio à internet para computadores portáteis. O uso dessas redes tornou-se amplo, através de locais públicos, restaurantes e cafés, que ofereciam este serviço a seus clientes. *Start-ups* e prestadores de serviços de internet começaram a construir redes Wi-Fi, oferecendo o serviço de instalação e manutenção dos *hotspots*. A partir de 2004, telefones inteligentes começaram a ser habilitados a usar esta tecnologia de acesso, transformando o sistema de inovação da telefonia móvel, mais uma vez, ao abrir uma série de oportunidades tecnológicas. Uma nova ideia de terminal foi concebida e tomou forma no *Personal Digital Assistant* (PDA), que é o precursor dos *smartphones* modernos (West e Mace, 2010). Este aparelho revelou-se o principal produto do sistema setorial das comunicações móveis, uma vez que concentra uma série de recursos e serviços que foram possíveis através da integração e complementaridade das redes de telefonia móvel com a indústria de computadores.

Um aspecto importante a se destacar é que além das capacitações tecnológicas acumuladas nesta indústria através dos desenvolvimentos aqui referidos, do marketing e da seleção pelo mercado, a manufatura adquire importância estratégica fundamental e, como tal, o papel da eletrônica é reforçado. A quantidade de possibilidades de funções impôs à indústria de comunicações móveis um *trade-off* tecnológico resolvível apenas no âmbito da manufatura. A capacidade de processamento e a duração da bateria; o design, peso e tamanho da tela; a integração dos sistemas operacionais ao terminal; propiciaram o surgimento de uma nova rotina aos fabricantes dos atuais aparelhos móveis. Esta rotina não fora a mesma entre os diferentes sistemas setoriais nacionais existentes nas comunicações móveis. A partir da organização da indústria eletrônica, podemos identificar dois padrões, um estadunidense e um asiático, que possuem implicações fundamentais na concorrência nos dias atuais, protagonizados pela estadunidense Apple e pela asiática Samsung.

2.4. Trajetórias da manufatura

Em abril de 1996, a Apple anunciara que estava vendendo sua divisão de computadores pessoais (PC) em Fountain, Colorado para uma empresa pouco conhecida

até então, chamada SCI Systems (prestadora de serviços de manufatura de eletrônicos para a indústria). Segundo especialistas da indústria à época, o estranho sobre este acordo é que ele não era decorrente da demanda fraca, mas justamente da incapacidade de atender à demanda por parte da Apple. Para Sturgeon (1997), esta estratégia de reestruturação é um exemplo útil para entender a mudança organizacional pela qual passava a indústria de eletrônicos naquele momento. Pois, a Apple continuaria a fabricar produtos na sua planta, via subcontratação da SCI por três anos, diminuiria custos e concentraria seus recursos em marketing e design do produto. A empresa contratada, no entanto, não tinha a capacidade interna de desenvolvimento de produtos, embora possuísse maior capacidade de produção pelo fato de ser fabricante para mais de 20 empresas mundiais, incluindo HP e IBM. No entanto, essa estratégia de “externalização da manufatura”, empreendida pela Apple, era um movimento muito bem encaminhado pelas empresas estadunidenses desde meados dos anos 1980 e particularmente nos anos 1990 entre empresas já consolidadas, bem como entre as do Vale do Silício. Em síntese, Sturgeon (1997) apresentava a tese de que a capacidade de produção estava se movendo para “fora de casa”, dando às empresas estadunidenses novas formas de exercer seu poder de mercado, sem os custos fixos da produção, baseado no desenvolvimento de aspectos internos aos aparelhos eletrônicos.

No final da década de 1990, esta tendência começou a se espalhar também para a maioria das empresas europeias de telefônica móvel, como Ericsson, Nokia e Alcatel. Em 1997, a Ericsson inicialmente terceirizou a produção para a Solectron, Flextronics e SCI e, mais tarde, vendeu suas principais instalações de produção em Karlskorna, Suécia, para a Flextronics, e sua fábrica no Brasil para a Solectron. Algumas empresas japonesas também testaram essa ideia, sendo que em dezembro de 2000 a NEC anunciou a venda de suas instalações de produção de celulares na Inglaterra e México para a Solectron, mantendo instalações no Japão e na China. Em outubro de 2000, a Sony anunciou que estava vendendo suas instalações em Miyagi, Japão e em Kaohsiung, Taiwan, à Solectron. A fim de racionalizar a gestão dos relacionamentos de terceirização, as empresas de marcas eletrônicas exigiram que seus fornecedores-chaves tivessem uma “pegada global”. Como resultado, estas empresas se internacionalizaram amplamente, operando em nível global, como a Solectron que inicialmente era concentrada em um único local, o Vale do Silício, e cresceu em pouco mais de 10 anos para 50 instalações em todo o globo (Sturgeon, 2002).

O modelo de negócios que se consolidava então era o da “externalização da manufatura”. A Apple, importante agente do sistema de inovação das comunicações móveis, desenhava sua estratégia nesse sentido. Dedrick *et al.* (2010) mostram a evolução

do modelo de negócio iPod pela Apple. Para eles, este produto não é apenas uma inovação de hardware, mas é também um sistema integrado que engloba uma família de produtos que é estreitamente integrada com o software iTunes e a loja virtual iTunes Store, um ecossistema iPod em etapas. O que é interessante para o assunto que tratamos aqui é a diversidade de países e, por consequência, bases tecnológicas distintas, pela qual o produto é montado. O disco rígido é fornecido pela Toshiba (Japão); o processador, pela Broadcom (EUA); a bateria, por uma firma japonesa desconhecida; a memória, pela sul-coreana Samsung (cf. Dedrick *et al.*, 2010). A montagem final dos produtos é feita por empresas contratadas, como a taiwanesa Foxconn. A empresa com competências históricas em diferenciação de produto através do *design* adotou uma estratégia diferente para a fabricação do iPhone. Ela operou como um fornecedor verticalmente integrado de software de sistema operacional e hardware e encorajou terceiros a ofertar aplicativos (West e Mace, 2010) oferecendo um sistema mais integrado e fechado contando, além disso, com serviços online, embora ainda se utilize de empresas contratadas para montar seus produtos.

Algo que em parte decorreu desta “externalização da manufatura”, foi a inclusão dos países asiáticos nas redes globais de produção e de inovação por meio de manufatura, comercialização e desenvolvimento tecnológico (Ernst, 2006). Por conta disso, as empresas asiáticas têm sido capazes de explorar os mercados mais importantes, como o dos EUA, compensando o tamanho de seus mercados domésticos. Essa participação, aliás, permitiu o acesso à tecnologia de ponta e o conhecimento de novas abordagens de melhores práticas de gestão, além de criar novas oportunidades, pressões e incentivos para os fornecedores da rede asiática atualizarem suas capacidades tecnológicas e os níveis de qualificação dos trabalhadores. Para isso, políticas de apoio foram empreendidas pelos governos asiáticos, gerando uma das histórias de sucesso mais impressionantes de desenvolvimento econômico do mundo (Ernst, 2006). A Ásia percebeu a necessidade de atualizar sua indústria eletrônica agregando mais valor, incorporando etapas da produção, oferecendo serviços e fabricando produtos mais exigentes, a fim de reduzir sua vulnerabilidade a partir da crise financeira de 1997 e da eletrônica em 2000. Esta percepção se revelou a partir da estratégia da diversificação tecnológica, sobre a qual as empresas asiáticas construíram seus pontos fortes na fabricação, no desenvolvimento de processos e no desenvolvimento de protótipos de produtos, além de alavancarem sua experiência na prestação de serviços intensivos em conhecimento e desenvolvimento de recursos humanos (Ernst, 2006).

Esses esforços implicaram investimentos para melhorar a infra-estrutura para a

comunicação de banda larga e apoio a programas de P&D em áreas de alta prioridade. Assim, Coreia do Sul, Cingapura, Hong Kong e Taiwan, juntamente com os países nórdicos da Europa, lideraram durante algum tempo o acesso à banda larga. Além disso, houve um amplo aumento nos gastos domésticos de P&D dos países exportadores de eletrônicos, resultando em um aumento substancial na produção científica e no número de patentes asiáticas. Surgiram novos clusters de inovação para tecnologia de banda larga e aplicativos na Coreia do Sul e em Cingapura, bem como para comunicações móveis e dispositivos digitais de consumo na Coreia do Sul, Taiwan e China. Especificamente nas telecomunicações, os quatro principais agentes do sistema setorial, Samsung, SK Telecom, KT e LG, se envolveram em esforços para se tornarem plataformas principais e desenvolvedores de conteúdo para sistemas complexos de tecnologia, especialmente em comunicações móveis, acumulando capacitações em laboratórios de pesquisa públicos, como o Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI) e os Chaebol R&D Labs. Neles foram desenvolvidas tecnologias como o TDX (sistema de comutação) e os sistemas de comunicação baseados no padrão CDMA da estadunidense Qualcomm (Ernst, 2006). Esse movimento pode ser descrito mediante a tabela 2, abaixo.

A Coreia do Sul, aliás, foi líder no lançamento de telefones celulares multimídia. Enquanto os telefones celulares com telas coloridas, CSTN ou TFT LCD representavam apenas 24% da fabricação global em 2002, estes produtos respondiam por mais de 50% do mercado sul-coreano. Em 2003, quando os aparelhos com módulos de câmera só representavam 15,2% do total produzido mundial, as vendas destes representavam também mais de 50% do mercado da Coreia do Sul. Além disso, os fabricantes sul-coreanos investiram pesado na promoção de serviços de MP3 *player* nos telefones celulares, os quais representavam 85% do total de novos modelos produzidos na Coreia em 2005, enquanto possuía uma quota de mercado de apenas 15% em âmbito global (Hu e Hsu, 2008). Por algum tempo, a Samsung, fabricante sul-coreana, fabricou painéis de LCD para vários produtos da Apple, no entanto, parece que as recentes disputas por propriedade intelectual estremeceram a relação e, a partir de 2013, a estadunidense buscará firmar contratos de produção com outras empresas, como a LG e a Sharp, também asiáticas (Lloyd, 2012). Aliás, em um passado recente, a empresa também contava com a estrutura da manufatura sul-coreana para a produção de outros aparelhos de hardware e só passou a desenvolver seus próprios processadores recentemente, porém ainda depende de chips de memória RAM e NAND de outros fabricantes (Lloyd, 2012). Por isso, a estratégia de *catch up* das empresas sul coreanas se mostra importante para o entendimento do mercado

de telefonia móvel.

As fabricantes deste país começaram a produzir aparelhos celulares somente em 1983, mais tarde do que Nokia (1968) e Motorola (1973) e no início do paradigma tecnológico da microeletrônica, ou seja, na fase de abertura de novas oportunidades ao setor. Apesar do seu início relativamente tardio, as empresas do país faziam parte de uma ampla estratégia de *catching up* nacional, promovido pelo Estado sul-coreano, estabelecendo uma infra-estrutura de pesquisa que suportou diversos institutos de pesquisa corporativa, inclusive os de comunicações móveis. Nesse sentido, deve-se notar a importância da cooperação tecnológica nesta experiência. Exemplos de cooperação na indústria de comunicações móveis destacadas por Hu e Hsu (2008) são: com a Microsoft, Palm e Symbian para desenvolver sistemas operacionais de telefones celulares; com a Mitsubishi para desenvolver uma solução modular de câmera; com a Infineon para desenvolver chipsets para *smartphones*; com a Datang e a Phillips para o padrão TD-SCDMA; com a Intel para redes sem-fio; e com a Lucent para o padrão HSDPA.

Tabela 2
Evolução da distribuição das patentes em “mobile communication” (2002-2012) por países e regiões

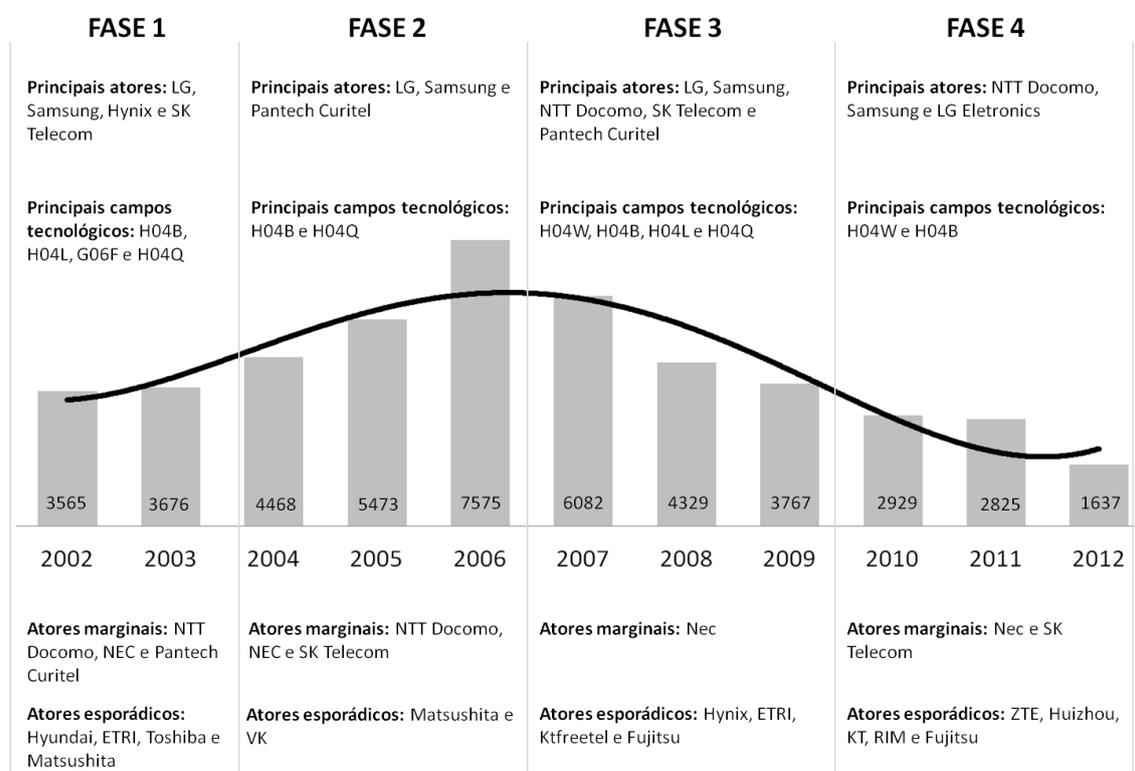
| | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| PCT | 8,19% | 8,76% | 8,71% | 9,56% | 7,34% | 11,36% | 15,78% | 18,90% | 21,61% | 28,53% | 45,20% |
| EPO | 10,10% | 8,35% | 10,61% | 10,14% | 8,81% | 11,67% | 17,42% | 15,72% | 18,95% | 17,66% | 30,79% |
| Coréia do Sul | 50,88% | 55,50% | 57,09% | 62,53% | 70,85% | 60,87% | 46,82% | 41,23% | 30,80% | 33,52% | 23,03% |
| Cingapura | 0,45% | 0,08% | 0,18% | 0,24% | 0,04% | 0,03% | 0,09% | 0,64% | 1,06% | 0,71% | 0,73% |
| Israel | 0,11% | 0,11% | 0,07% | 0,05% | 0,18% | 0,18% | 0,28% | 0,19% | 0,10% | 0,11% | 0,24% |
| México | 0,31% | 0,27% | 0,31% | 0,49% | 0,30% | 0,26% | 1,43% | 1,49% | 1,95% | 1,17% | 0,00% |
| Japão | 28,75% | 24,76% | 21,91% | 16,04% | 11,84% | 14,44% | 16,29% | 19,03% | 22,23% | 18,30% | - |
| Rússia | 1,01% | 1,96% | 1,03% | 0,88% | 0,49% | 1,10% | 1,69% | 2,52% | 3,11% | - | - |
| Espanha | 0,08% | - | - | - | 0,05% | - | - | - | - | - | - |
| África do Sul | 0,08% | 0,22% | 0,09% | 0,07% | 0,09% | 0,08% | 0,21% | 0,27% | 0,20% | - | - |
| Brasil | 0,03% | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Total | 3565 | 3676 | 4468 | 5473 | 7575 | 6082 | 4329 | 3767 | 2929 | 2825 | 1637 |

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da World Intellectual Property Organization (WIPO) (acesso em dezembro/2012).

A Coreia é, então, ator fundamental nesse sistema setorial. Isto se deve, em grande parte, à participação das suas empresas no patenteamento em “comunicação móvel”. Na tabela 2, vemos que há uma queda nesta atividade por parte da Coreia que coaduna com a queda das suas principais empresas. No entanto, como se verá mais a frente, esta queda não está relacionada com perda de relevância, mas sim com o fato de que está havendo uma maturidade do paradigma tecnológico consubstanciado na classificação H04B, como se

verá mais à frente. A classificação H04W que, talvez não coincidentemente, aparece com mais evidência no ano de 2007, ano do lançamento do *smartphone* da Apple, começa a crescer e ela trata das “redes de comunicações sem fio”. (Figura 1). Isso corrobora nossa hipótese de crescente independência entre o sistema setorial de comunicações móveis e as redes tradicionais de telecomunicações. Além disso, aparecem empresas como ZTE e Huizhou, duas empresas chinesas, evidenciando as janelas de oportunidade abertas pela fase de surgimento e maturação de paradigmas tecnológicos.

Figura 1
Evolução do número de patentes em “mobile communication” (2002-2012), atores e principais campos tecnológicos



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da WIPO (acesso em dezembro/2012).

Nota: Para todos os períodos, os principais atores foram estabelecidos como os que possuíam mais de 5% de participação em algum dos anos do período. Atores marginais são os que possuem participação menor a esse percentual e possuem três aparições ou mais no período. Atores esporádicos são os que aparecem uma ou duas vezes no período. Para a classificação das patentes, ver Anexo.

Inicialmente, ficam claros dois padrões distintos de interação de competências e capacitações entre organizações dentro do sistema setorial de comunicações móveis em cada região. Se por um lado, a estratégia das empresas ocidentais foi pautada amplamente pela externalização da manufatura, por outro lado, as empresas sul-coreanas, numa clara estratégia de *catching up*, pautaram-se por cooperações e, o que se revelou de suma

importância para este setor nos dias atuais, o fizeram sem abdicar da manufatura como componente estratégico fundamental.

2.5. Características do novo sistema setorial de comunicações móveis

Uma tentativa de caracterizar o sistema setorial de telefonia móvel pode ser concebida juntando aos elementos que destacamos aqui, a interpretação de Fransman (2010, cap. 2) quanto ao novo ambiente das TICs. Usando uma metáfora biológica, interpretou essa configuração como um ecossistema. Segundo o autor, as TICs são compostas por quatro grupos fundamentais: i) fabricantes de equipamentos (elementos de rede, *switches*, aparelhos móveis, etc.); ii) operadores de rede (concessionárias de telefonia fixa, móvel, TV a cabo, etc.); iii) provedores de conteúdo e aplicações (portais de notícias, redes sociais, *e-commerce*) e; iv) consumidores. Há uma série de interações que ocorrem entre os atores destes grupos que podem ser sintetizados em fluxos financeiros oriundos de transações mercantis de compra e venda; fluxo de bens materiais ou intangíveis; fluxo bilateral de informações com conseqüente incorporação no plano de negócios (Licks, 2012) e; através das relações de aprendizado e cooperação que têm como implicação o surgimento e melhoramento dos produtos concernentes, bem como a organização dos negócios e da própria estrutura produtiva.

Especificamente, o produto principal do novo sistema setorial é o telefone celular inteligente, convencionalmente chamado de *smartphone*. É fruto de mudanças significativas no mercado, sobretudo a ampla convergência de telecomunicações móveis, computação, eletrônica de consumo e indústria da internet. Por conta disso, outro produto também emergiu, o *tablet*, que visa contestar a atual estrutura da indústria de PC tradicional, abolindo, dentre outras alterações, os convencionais periféricos, como mouse e teclado, com telas sensíveis ao toque, além de oferecer conectividade à internet e às outras redes sem fio existentes, com uma diversa gama de aplicativos e funcionalidades. No entanto, não parece que, no curto prazo, estes aparelhos venham a serem substitutos dos terminais móveis atuais, senão como uma espécie de segundo dispositivo. Estes produtos, por conta das suas características, estão contestando as formas organização do setor, tal como concebido por Fransman (2010). Isto porque, suas funcionalidades que os aproximam dos PCs (Personal Computers) e independência em relação às redes tradicionais de telefonia, têm colocado desafios às operadoras, abrindo oportunidades à

participação dos provedores de conteúdo e aplicações e consolidado algumas vantagens dos fabricantes. Além de que parece estar revertendo algumas questões quanto ao que até então parecia ser uma tendência, qual seja, a preponderância das atividades de software ante a engenharia no setor de telecomunicações.

A vantagem de pioneirismo neste novo sistema setorial é da estadunidense Apple com o lançamento, em 2007, do iPhone. A empresa possuía um grande “inventário de competências” (Levinthal e March, 1993), que havia sido notório desde o Apple II, em 1977, no qual a empresa usou as habilidades que possuía em software para diferenciar seus PCs dos produtos rivais. Na década de 1980, a empresa revolucionou esta indústria com a interface gráfica do Macintosh e, na década de 1990, primeiro com seus laptops PowerBook e mais tarde com o seu iMac e linhas de produtos iPod, fez do *design* uma de suas principais fontes de diferenciação de produto. Os anos no mercado de computação e a sua capacidade de absorção (Cohen e Levinthal, 1990) permitiram à empresa prever o potencial de mercado, visualizar os avanços tecnológicos e explorar as oportunidades tecnológicas que se abriam²⁶.

As características de arcabouço Schumpeter Mark I pareciam evidentes quando Steve Jobs, lançou o iPhone. O produto se caracterizava, obviamente, por ser diferente dos tradicionais telefones celulares. Além de possuir um *design* inovador, a despeito da ideia de colaboração no processo inovativo, o produto estava sob a responsabilidade de Jonathan Ive, um *designer* talentoso que criou diversos produtos da empresa (Richmond, 2013). Possuía uma grande tela sensível ao toque para visualização de vídeo e, para Internet, um navegador baseado em padrões de computadores pessoais, em vez dos comuns navegadores restritos ao celular. Possuía uma interface de usuário personalizada com visão panorâmica e zoom intuitivo projetado especificamente para o *touchscreen* e não possuía teclado físico. Diferentemente da maioria dos outros *smartphones*, prescindia da compra de um plano de serviços de dados móveis, oferecendo de maneira integrada produto e serviço. A empresa ancorou receitas nos serviços iTunes e de vídeo que já havia desenvolvido para os seus produtos líderes de mercado, como os players de música iPod. Assim, o iPhone, ancorado na tendência de *design* de sistemas integrados desenvolvidos para computadores pessoais, foi concebido como um componente (West e Mace, 2010). Jobs evidenciou os

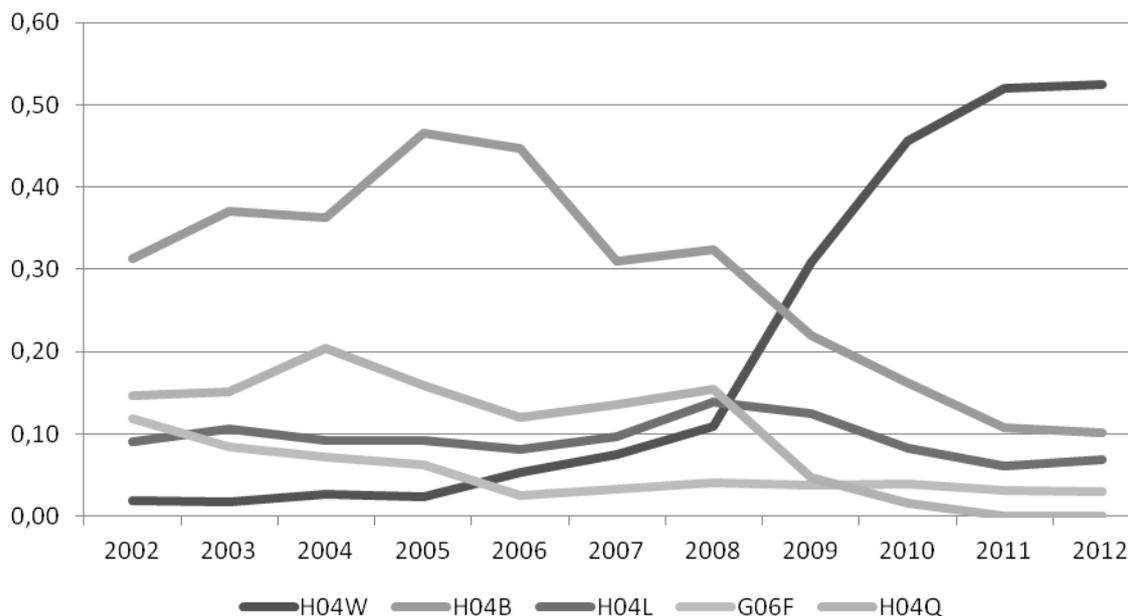
²⁶ Cohen e Levinthal (1990) argumentam que, se as empresas não têm conhecimento detalhado de um determinado conjunto de tecnologias em algum período inicial, elas não vão estar cientes da importância das novas oportunidades tecnológicas em áreas afins. Embora essas oportunidades sejam reconhecidas, a falta de conhecimento suficiente prejudica a capacidade da empresa para capitalizar os novos desenvolvimentos para gerar inovações. Sendo assim, adicionar novos conhecimentos ao repertório da empresa é importante para a sua continuidade e para mitigação o problema de *lock-in*.

aspectos do novo sistema setorial das comunicações móveis em uma entrevista (Block, 2007) quando ressaltou os gastos exorbitantes que foram necessários para a construção das redes 3G (ver Ansari e Garud, 2009). Até o lançamento do iPhone, não havia clara ideia sobre o que se poderia fazer com elas, explicando então o direcionamento da sua criação ao uso das redes de internet sem-fio gratuitas.

A empresa lançava então, uma plataforma integrada que unia hardware e software, telefonia e serviços, perturbando o ambiente concorrencial. Na figura 2, mostramos as principais patentes ao longo dos anos em “*mobile communication*”. Próprio de um sistema setorial caracterizado por uma dinâmica inovativa intensa, vemos que as classificações ganham e perdem posições ao longo dos anos. No entanto, podemos ver duas tendências nas patentes dessa indústria. A primeira está relacionada a três patentes que, a partir de 2008, portanto, um ano após o lançamento dos *smartphones*, começam a entrar em queda. A H04B que diz respeito à “transmissão de sinais portadores de informação”; a H04L, “transmissão de informação digital” e a G06F, “processamento de dados digitais”. A segunda tendência é que a classificação H04W assume importância fundamental e, como dito anteriormente, diz respeito às “redes de comunicações sem fio”, cuja tendência foi antecipada por Steve Jobs. Podemos dizer que, os conhecimentos relacionados às três patentes anteriores começam a entrar em estágio de consolidação vis-à-vis a tendência à busca por conhecimentos novos a serem incorporados no sistema setorial de comunicações móveis. A manufatura volta a ter papel importante, uma vez que a necessidade agora é saber “como fazer” o aparelho que representa os conhecimentos incorporados na nova tendência.

Diante disso, a resposta mais imediata em hardware veio de fabricantes asiáticos que já haviam começado o desenvolvimento de um telefone *touchscreen*, em especial os dois maiores fabricantes asiáticos, Samsung e LG, que, assim como a Apple, já possuíam competências acumuladas de outra indústria, a de eletrônicos. A resposta mais direta da Nokia veio em agosto de 2007, quando anunciou seu site de distribuição de conteúdo próprio que tentava concorrer e superar o iTunes Store, usando seu controle sobre a interface do aparelho para atrair clientes para o site. O portal Ovi (“porta”, em finlandês) da Nokia foi planejado para incluir música licenciada, jogos e conteúdo gerado pelo usuário. Mas quando foi realmente lançada em 2009, a loja Ovi não foi bem recebida por muitos clientes, que criticaram a sua interface com o usuário. Esse seria apenas um dos problemas que a Nokia – até então líder do mercado – enfrentaria na concorrência que começava a se configurar.

Figura 2
Distribuição das patentes mais relevantes ao longo dos anos (2002-2012) – “mobile communication”



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da WIPO (acesso em dezembro/2012).

Nota: Adotou-se como “mais relevantes” classificações que apareceu com mais de 10% em pelo menos um ano dos onze analisados.

A Nokia é uma beneficiária histórica do desenvolvimento das telecomunicações, por sua participação ativa como agente de mudança no sistema setorial de telecomunicações e das capacitações decorrentes. Em 1980, envolveu-se no desenvolvimento do sistema analógico NMT e na decisão da UE, na década de 1990, de tornar a tecnologia GSM obrigatória na Europa. Em 1991, figurava como a maior fabricante de telefonia móvel da Europa e a segunda maior do mundo. Ultrapassaria, em 1998, sua principal concorrente até então, a estadunidense Motorola. Relata-se que o sucesso da Nokia se deu por conta dos projetos inovadores de seus telefones, sua marca forte e marketing. Uma das mostras da sua agressividade na concorrência é que durante os doze meses entre julho de 1997 e julho de 1998, a Nokia lançou 30 novos modelos de telefones celulares (He *et al.*, 2006), numa clara “estratégia ofensiva” de inovação (Freeman e Soete, 1997).

Durante a década de 2000, a finlandesa dominou o setor de telefonia móvel com a vantagem de possuir um hardware superior. Na esteira das fusões e aquisições (F&As) como estratégia de terceirização de tecnologia (Gantumur e Stephan, 2012), a empresa incorporou competências em música, vídeo/imagem, serviços de localização e em acesso à

internet. Duas aquisições se destacaram: a Navteq, empresa especializada em serviços de navegação GPS que foi incorporada como um segmento da empresa e a Symbian, empresa desenvolvedora de sistemas operacionais para dispositivos móveis. Com essa última aquisição, a empresa passou a fornecer, durante o período, o software também para outras fabricantes de *smartphones* como a Sony-Ericsson e Samsung (ambas abandonaram a plataforma). A sul-coreana o preteriu (deixando de dar suporte a desenvolvedores) pelo sistema Android, fabricado pela Google – sua plataforma própria, Bada, inicialmente não teve sucesso; a Sony-Ericsson optou pelo Windows Phone 7 da Microsoft. O sistema operacional da Nokia foi considerado pelos analistas o seu calcanhar de Aquiles. Este fato fez com que, recentemente, o novo executivo da Nokia (anteriormente na Microsoft), demitisse, de uma vez, 560 desenvolvedores de software com a alegação de comprovada incompetência. O sistema operacional Symbian foi um fenômeno de crítica negativa pelos usuários, dentre elas, a de que ele não dispõe de duas características importantes: ser extremamente customizável e atraente. Em novembro de 2010, a fabricante anunciou que iria retomar investimentos ainda neste sistema operacional. Como resposta às críticas, a empresa havia se dedicado a desenvolver o sistema MeeGo para usá-lo no lugar do Symbian, porém não parece ter alcançado o sucesso desejado, tendo que apelar para a parceria com a estadunidense Microsoft, incorporando seu Windows Phone 8 em seus *smartphones* recentes.

O sistema operacional não foi o principal problema enfrentado pela estadunidense Motorola, mas sim a “estratégia defensiva” (Freeman e Soete, 1997) que a empresa adotou ao longo de sua trajetória. A empresa foi pioneira na tecnologia analógica e dominou a primeira geração de tecnologia móvel, na qual era fornecedora de equipamentos de redes, além de possuir competências em semicondutores e satélites. No entanto, esta competência tão requerida nesse período, fez com que ela não antecipasse a mudança para a telefonia digital, baseada em comutação por pacotes. Isto fez com que ela perdesse grande parcela de mercado para Nokia nas gerações tecnológicas seguintes (He *et al.*, 2006). Embora a empresa tenha se reestruturado para o novo milênio e em alguma medida recuperado uma boa parcela do mercado no começo dos anos 2000, um novo ciclo ruim se iniciou a partir de 2006, época desde a qual a empresa vem amargando resultados ruins em vendas. Quer dizer, a empresa já entrava em desvantagem no novo sistema setorial. Segundo analistas, essa série de resultados ruins deveu-se à iniciativa da empresa de elevar sua participação em mercados emergentes, tendo que vender celulares a preços menores que os concorrentes. Além disso, a empresa incorreu em erros estratégicos com fornecedores de

software que culminaram numa redução da participação relativa da empresa no mercado de telefones móveis. A divisão de terminais móveis da empresa sucumbiu aos diversos erros estratégicos da empresa, o que culminou na sua aquisição em 2011 pela estadunidense Google, participante efetiva desse novo sistema setorial, por meio da plataforma gratuita Android.

A aquisição da Motorola pela Google mostra algo já previsto na literatura neoschumpeteriana²⁷. Fundamentalmente, a empresa passa a possuir aquilo que nos parece fundamental no novo sistema setorial das comunicações móveis, a manufatura. A diversificação tecnológica pode ser benéfica por uma série de razões (Granstrand *et al.*, 1997; e Patel e Pavitt, 1997). Por exemplo, a Google poderá aproveitar a relevância das tecnologias (antigas) da Motorola, combinando-as com as pertinentes e necessárias oportunidades tecnológicas emergentes das redes sem fio de curto alcance, algo em que a empresa possui alguma capacitação (ver Near Field Communication no capítulo 1). Assim, a diversidade tecnológica poderá influenciar a capacidade da Google em combinar e recombinar seu estoque de conhecimento existente com novos componentes que resultem em novos avanços, que podem ser aparelhos modernos, mas também o próprio avanço da plataforma Android, além de se beneficiar de uma base tecnológica internacional e da rede de conhecimentos em inovação que a Motorola possui (Unctad, 2005).

A Samsung Electronics foi fundada em 1969 e sua principal característica competitiva era a capacidade de produção e vantagens de baixo custo. A empresa é extremamente diversificada, tendo negócios em semicondutores, comunicações móveis e eletrônicos de consumo, isto é, se olharmos a convergência por qual passou o setor de telefonia móvel e quais os elementos que o configuram, a Samsung só não possui atividades relacionadas à Tecnologia de Informação (TI)²⁸. Ela começou a desenvolver celulares em 1983 e, por volta de 1994, fixou a estratégia de combinar preços baixos com elevado gasto em publicidade. Isto incluía anúncios na TV com atores famosos e enviando executivos para visitar distribuidores por toda a Coreia do Sul a fim de persuadi-los a mudar de Motorola (então líder de mercado sul-coreano com cerca de 52% das vendas) para Samsung. Mais tarde a estratégia passa a ser a divulgação global da marca,

²⁷ Mais especificamente, revela a estratégia de diversificação tecnológica dessa empresa que pode ser definida como a diversidade no sistema de conhecimento e nos princípios subjacentes à natureza dos produtos e seus métodos de produção. Está relacionada com a expansão de uma corporação, de sua competência tecnológica em uma gama mais ampla de áreas técnicas e disciplinas (Granstrand e Oskarsson, 1994) embora tal expansão não tenha necessariamente de ser associada com a diversificação de produto. O produto é o mesmo, no entanto, suas competências se ampliaram.

²⁸ Aqui entendida como o conjunto de atividades que compreendem software, sistema operacional e internet.

patrocinando eventos como as Olimpíadas de 1996 e 2000, e inserindo sua marca em filmes populares como *Matrix*. No entanto, a Samsung só passou a figurar entre as líderes em telefonia móvel a partir de 2000, durante a transição da primeira para a segunda geração de telefonia móvel (1G para 2G), época em que começavam a se enfatizadas as características multimídia, que coadunavam com suas principais vantagens tecnológicas em eletrônica: painéis de LCD, a tecnologia de televisão e tecnologia de processamento de vídeo. Ela foi precursora, em 1999, ao lançar o primeiro telefone móvel do mundo que incorporava um aparelho de televisão e, em 2000, lançou o primeiro telefone móvel do mundo com capacidades embutidas de videoconferência. A busca continuada nessa trajetória tecnológica colocou-a na posição de grande competidor global quando se iniciava o novo sistema setorial de comunicações móveis. Enquanto os esforços de Nokia e Motorola estavam sujeito às incertezas tecnológicas (Rosenberg, 1982), pois elas entravam fundamentalmente em uma área tecnológica nova, a empresa se valia de vantagens em inovação de produto, devido à sua natureza diversificada e, ainda mais, da sua competência específica em tecnologias da eletrônica – para ser a atual e principal concorrente da estadunidense Apple nos dias atuais.

As mudanças dos atores relevantes e dos produtos geram desafios a serem resolvidos pelas empresas. Embora a competição atual, a nosso juízo, esteja amplamente baseada em *design*, a manufatura é essencial e o próprio balizamento da competição pelo *design* coloca desafios que devem ser resolvidos pelos fabricantes. Por exemplo, recentemente, a Foxconn, face ao anúncio do iPhone 5 pela Apple, anunciou que este era o dispositivo mais difícil que a empresa já havia montado, ele demandaria tempo para ser aprendido e, com isso, viria o aumento da produtividade. Além disso, os contratos de manufatura implicam a solução de outros problemas: a Foxconn declarou que o tipo de material usado no revestimento dos terminais torna-o mais vulnerável a arranhões, prejudicando a produtividade (i.e., reduzindo a qualidade); problemas trabalhistas, que têm gerado preocupações quanto ao atendimento da demanda, por parte da Apple, dos novos *smartphones* (Luk, 2012). Isso ilustra como os problemas típicos da manufatura são relevantes para o desempenho das empresas, como iremos analisar a seguir.

2.5.1 Os trade-offs atuais e as plataformas

Até aqui, vimos que as atividades inovativas neste setor estão relacionadas ao paradigma tecnológico existente²⁹, sendo fortemente seletivas, focalizadas e cumulativas na aquisição de capacitações para a solução de problemas (Dosi, 1988). A trajetória tecnológica (Nelson e Winter, 2006) que se inicia a partir da conformação do novo sistema setorial das comunicações móveis implicou em uma série de *trade-offs* técnicos e econômicos com os quais as fabricantes se defrontam atualmente. Na tabela 1, podemos ilustrá-los a partir das características do produto.

O mercado de telefonia móvel nos dias atuais não leva em consideração somente a capacidade tecnológica das empresas. Se assim o fosse, vimos anteriormente que a Nokia possuiria vantagem destacada na sua posição atual. O mercado tem como agente principal de validação das inovações a demanda, principalmente de usuários finais, mas com crescente importância dos usuários corporativos que procuram avaliar, além das características físicas, a capacidade (e praticidade) destes telefones de se integrarem às redes de telefonia e, mais ainda, às redes de médio e curto alcance, seja de internet sem-fio ou de compartilhamento entre aparelhos. Além disso, a componente marca é fundamental; não fosse isso, poderíamos explicar pouco do sucesso da estadunidense Apple nos dias atuais, que além da sua ideia inovadora inicial, personificada na figura do empresário inovador aos moldes de Schumpeter Mark I, reunia competências específicas para se valer da nova trajetória tecnológica iniciada por fabricantes asiáticos.

Os *trade-offs* da indústria de comunicações móveis atuais têm a ver com o aumento das capacitações adquiridas ao longo do tempo como podemos ver na tabela 3. Deparando-se com um *smartphone*, percebemos que suas características não estão longe das de um computador pessoal portátil. Por conta disso, muitas características das patentes abaixo se relacionam à computação. Sendo assim, alguns problemas presentes naquela indústria pertencem à fabricação deste produto. Por exemplo, a tendência à miniaturização. Embora a nova característica do produto da Apple (destacada na tabela 3) tenha sido o aumento de seu comprimento, vemos que ele é menor do que todos os outros. Nesse quesito, as empresas devem conseguir resolver o problema de, por um lado, deixar o aparelho portátil,

²⁹ Entendemos por paradigmas tecnológicos específicos ao setor de telecomunicações, as redes de telefonia móvel 1G, 2G, 3G e 4G e a Internet Móvel (cf. Neris Jr et al, 2012). Cada paradigma foi fruto de uma mudança disruptiva oriunda de outro setor, como o “processamento de dados digitais” na 2G que só foi possível por conta do paradigma de microeletrônica. Por questões de espaço, não discutiremos os detalhes destas mudanças aqui.

leve e pequeno, por outro, não deixar que este tamanho limite a aplicabilidade de suas funções como assistir um vídeo ou filme, por exemplo. Isto nos leva a outra característica, a tela. O que faz uma tela do *smartphone* é uma combinação de fatores como materiais de tela físicas, tecnologias de tela (LCD versus OLED), *layouts* de pixel, brilho, precisão de cores, taxa de contraste, refletância, tamanho de tela e resolução de pixel (Dolcourt, 2012a). Evidentemente, características a serem tratadas no âmbito da manufatura.

Tabela 3
Características dos *smartphones* de fabricantes selecionados

| | Apple (EUA) | Samsung (COR) | Motorola (EUA) | Nokia (FIN) |
|--|--|--|--|--|
| Smartphone (modelo) | iPhone 5S | Galaxy S III | Droid Razr Maxx HD | Lumia 920 |
| Hardware | 4" (1136x640 px) | 4,8" (1280x720 px) | 4,7" (1280x720 px) | 4,5" (1280x768 px) |
| | 112g | 133g | 157g | 185g |
| | 123.8 x 58.6 x 7,6mm | 133.6 x 70.6 x 8.6mm | 131.9 x 67.9 x 9,3mm | 130 x 70.8 x 10.7mm |
| | Bateria 1434mAh (480 min.) | Bateria 2100mAh (660 min.) | Bateria 3300mAh (1260 min.) | Bateria 2000mAh (600 min.) |
| | Chipset Apple A6 | Chipset Samsung Exynos 4412 | Chipset Qualcomm MSM8960 | Chipset Qualcomm MSM8960 Snapdragon S4 |
| Câmera | 8mp, 1.2mp | 8mp, 1.9mp | 8mp, 1.3mp | 8.7mp, 1.3mp |
| Sistema Operacional | iOS 6 (Próprio) | Android 4.0.4 Ice Cream Sandwich (Google) | Android 4.0.4 Ice Cream Sandwich (Google) | Windows Phone 8 (Microsoft) |
| Campo tecnológico (das patentes, 2007-2011) | Engenharia; Ciência da Computação; Comunicação | Engenharia; Comunicação; Ciência da Computação | Engenharia, Comunicação, Ciência da Computação | Engenharia, Comunicação, Ciência da Computação |

Fonte: Elaboração própria com base em informações colhidas em fontes especializadas e no “campo tecnológico” na ISI Web of Knowledge (Derwent World Patent Index®)

Na tabela 4, podemos observar as patentes dos fabricantes e, no que diz respeito à tela (G02F e G03G), a sul-coreana Samsung leva ampla vantagem. A Samsung, aliás, anunciou para janeiro de 2013 telas flexíveis de *smartphones*, oriundas de pesquisas realizadas pela Samsung Display (*spin off* da Samsung Electronics) (Dolcourt, 2012b). Analisando as patentes na tabela 2 fica notória a supremacia da Samsung em qualquer classificação que se leve em conta. Mais do que isso, é interessante não só sua vantagem

numérica, mas também do ponto de vista da diversificação, suas patentes são bem distribuídas, sendo que somente uma possui mais do que 15% das patentes totais. Trata-se de um conhecimento elementar para todas as atividades eletrônicas que a empresa possui (H01 – Elementos elétricos básicos). É útil observar as patentes relacionadas à tela, que vimos discutindo, a Samsung possui entre suas principais competências³⁰, patentes relacionadas a “Dispositivos ou disposições ópticas” e “Eletrofotografia”. Campos relacionados à fala e voz e à comunicação elétrica ou rádio navegação possuem importância apenas marginal, só aparecendo entre as principais patentes para a Motorola e a Nokia – esta última possui uma divisão de negócios relacionada a serviços de navegação. Outras patentes relacionadas à computação e “transferência de dados entre computadores digitais”, não por acaso, são de propriedade da Apple.

Tabela 4
Principais patentes acumuladas (2002-2012) de fabricantes de *smartphones* selecionados

| | Motorola | % | Nokia | % | Apple | % | Samsung | % | Total | % |
|--|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|----------------|--------------|----------------|--------------|
| H01 . Elementos elétricos básicos | 640 | 12,2 | - | - | 82 | 6,1 | 28.782 | 26,1 | 29.504 | 23,1 |
| H04B . Transmissão de sinais portadores de informações | 1.064 | 20,2 | 1.339 | 12,2 | 35 | 2,6 | 13.499 | 12,2 | 15.937 | 12,5 |
| H04N . Comunicação de imagens | 180 | 3,4 | 661 | 6,0 | 93 | 7,0 | 13.775 | 12,5 | 14.709 | 11,5 |
| G06F . Processamento elétrico de dados (informações) digitais | 732 | 13,9 | 2.048 | 18,7 | 817 | 61,2 | 10.634 | 9,6 | 14.231 | 11,1 |
| G11 . Armazenamento de informações | - | - | - | - | - | - | 13.888 | 12,6 | 13.888 | 10,9 |
| H04L . Transmissão de informação digital | 942 | 17,9 | 3.574 | 32,6 | 98 | 7,3 | 7.094 | 6,4 | 11.708 | 9,2 |
| G02F . Dispositivos ou disposições ópticas | - | - | - | - | - | - | 11.356 | 10,3 | 11.356 | 8,9 |
| G03G . Eletrografia; Eletrofotografia; Magnetografia | - | - | - | - | - | - | 4.535 | 4,1 | 4.535 | 3,5 |
| H04M . Comunicação Telefônica | 370 | 7,0 | 665 | 6,1 | 57 | 4,3 | 2.204 | 2,0 | 3.296 | 2,6 |
| H04W . Redes de comunicação sem fio | 412 | 7,8 | 1.265 | 11,5 | 71 | 5,3 | 1.584 | 1,4 | 3.332 | 2,6 |
| B41J . Máquinas de escrever; Mecanismo de impressão seletiva | - | - | - | - | - | - | 2.944 | 2,7 | 2.944 | 2,3 |
| Outras H04 . Técnica de comunicação elétrica | 777 | 14,8 | 641 | 5,8 | - | - | - | - | 1.418 | 1,1 |
| G10L . Análise, reconhecimento e processamento de fala e voz; Codificação ou decodificação de fala ou áudio | 150 | 2,8 | 334 | 3,0 | - | - | - | - | 484 | 0,4 |
| Outras G06 . Cômputo; Cálculo [relacionado à computação] | - | - | 252 | 2,3 | 30 | 2,2 | - | - | 282 | 0,2 |
| G01S . Radiogoniômetros; Radio Navegação | - | - | 192 | 1,8 | - | - | - | - | 192 | 0,2 |
| G09G . Disposições para transferência de dados entre computadores digitais e dispositivos de visualização | - | - | - | - | 53 | 4,0 | - | - | 53 | 0,0 |
| Total | 5.267 | 100,0 | 10.971 | 100,0 | 1.336 | 100,0 | 110.295 | 100,0 | 127.869 | 100,0 |

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da WIPO (acesso em dezembro/2012).

Nota: Para a elaboração da tabela foram utilizadas as dez principais classificações (IPC) das empresas selecionadas. Os campos H04M e H04W da Samsung foram preenchidos, uma vez que não figuravam entre os dez primeiros da empresa. No entanto, a ocorrência desses campos nas três outras empresas mostrou-nos a importância das classificações referidas. As linhas hachuradas mostram as patentes que as quatro empresas possuem em comum.

³⁰ A relação entre competência específica da indústria sistemas tecnológicos convergentes pode ser vista em Fai e Von Tunzelmann (2001).

A resolução dos *trade-offs* passa pelas competências tecnológicas das empresas, pelas capacitações que as empresas possuem. Procuramos analisar este aspecto na tabela 2, através dos dados de patentes acumuladas no período de 2002 a 2012 pelas quatro fabricantes de *smartphones* que destacamos ao longo do texto. Há dois blocos de implicações resultantes dos dados contidos nas tabelas 3 e 4. Um diz respeito às evidências que colhemos quanto à conformação do sistema setorial de comunicações móveis e sua base de conhecimento expandida; o outro diz respeito à competição entre as empresas. Em primeiro lugar, podemos observar a prevalência da Física (G) e Eletricidade (H) como classificações principais das patentes³¹. Podemos observar, entre as patentes comuns das empresas, o aparecimento de “Transmissão de sinais portadores de informação”; “Comunicação de imagens”; “Processamento elétrico de dados digitais” e “Transmissão de informação digital” como aspectos importantes levados em conta para este setor, que diz respeito sinteticamente ao tráfego e assimilação de dados digitais (informações) em diferentes formatos de mídia.

A comunicação é também importante, como é visto na importância conferida às patentes em “Comunicação Telefônica” e “Redes de Comunicação sem Fio”. Estas patentes podem sintetizar o que entendemos pelas competências gerais do atual sistema setorial de comunicações móveis e coaduna com nossa discussão. Schmoch (2008) em um relatório para a World Intellectual Property Organization (WIPO) define a área Engenharia Elétrica em oito categorias³². Se usarmos a definição estabelecida pelo autor para analisarmos as seis principais áreas onde as empresas patenteiam, veremos quão diversificada é a base tecnológica das fabricantes de telefonia móvel selecionadas. G06F corresponde ao campo de tecnologia de computação, H04B, H04M correspondem ao campo de telecomunicações, H04L refere-se à comunicação digital, H04N pode corresponder tanto à tecnologia audiovisual quanto a telecomunicações e, por fim, H04W não entra na classificação referida, pois a atualização das classificações que a compreende é do ano de 2009. Ela entraria neste ano dentro da classificação H04Q que, neste caso, está compreendida em telecomunicações. Isto é mais do que uma mera adição, é um indicativo de mudança do sistema setorial, como temos visto até aqui.

³¹ À exceção da Samsung que, por sua característica multi-campo, possui entre suas patentes principais a classificação B41J, que diz respeito ao segmento de impressão.

³² Maquinário elétrico, aparatos e energia; tecnologia audiovisual; telecomunicações; comunicação digital; processo de comunicação básica; tecnologia de computação; métodos em TI para gerenciamento; e semicondutores.

No que concerne às plataformas³³, o papel das parcerias com as empresas de TI tem sido fundamental na manutenção das posições das empresas, conforme vimos na seção anterior. Concorrem, essencialmente, dois padrões, o que oferece uma plataforma gratuita e geral e o que oferece uma paga e restrita. O primeiro é caracterizado pela Google, com o Android e, em menor medida, pela Microsoft com o Windows Phone, e o segundo pelo iOS da Apple. Segundo dados da consultoria Gartner, os consumidores estariam ativando cerca de 1,3 milhões de dispositivos Android por dia. Uma mudança significativa entre os *players* de plataforma, que há vinte anos assistia uma disputa entre Microsoft e Apple. As alterações nos parâmetros de concorrência no setor implicaram mudanças significativas nas rotinas destas empresas fornecedoras de plataformas, que inicialmente eram restritas ao campo da computação.

Isto pode ser visto aquisição da divisão de telefonia móvel da Motorola pela Google. Uma das primeiras ações da Google foi a reestruturação da empresa: cerca de vinte por cento dos funcionários foram demitidos e um terço de seus 94 escritórios espalhados pelo mundo foram fechados (Miller, 2012). A Google anunciou um projeto de cortes de aproximadamente US\$ 340 milhões para o terceiro semestre de 2012 para o pagamento de indenizações e outras taxas (Davies, 2012). Segundo a empresa, os cortes têm o intuito de reinventar a Motorola, reforçar o Android e expandir seus negócios para além de busca e software, para a fabricação de hardware. Além disso, a empresa comprou a Motorola por conta das suas mais de 17 mil patentes (Reed, 2012), o que poderá ajudá-la, uma vez que essas patentes possuem mapas, conteúdos a respeito da integração do software com o hardware e da harmonização de ambos. Isto nos parece uma pista do que será a conformação do setor, incorporando elementos organizacionais da eletrônica e gerando e incorporando ideias bem-sucedidas das TICs, sendo o Google o principal modelo³⁴.

Este movimento da estadunidense em direção ao mercado de telefonia móvel engendrou novas ações estratégicas por parte da Samsung, anunciadas no final de 2012: a primeira diz respeito à construção de um centro de P&D no Vale do Silício de 1,1 milhão de metros quadrados com a intenção de incubar e adquirir novas tecnologias de empresas em fase inicial (Hillen, 2012); a segunda, para reduzir sua dependência da plataforma

³³ O sentido de plataformas que temos usado até aqui pode ser identificado como sinônimo de sistema operacional, no entanto, plataforma tem uma conotação teórica bem estabelecida. Ver, por exemplo, Gawer e Cusumano (2012).

³⁴ Cabe ressaltar que a empresa possui já uma marca de smartphone lançadas quase que anualmente, o Nexus que já foi fabricada pela HTC (Taiwan) e Samsung e, em 2012, foi fabricado pela LG – todas empresas asiáticas (Geller, 2012)

Google, a empresa anunciou que iniciará em 2013 a venda de seus aparelhos com a plataforma Tizen, fruto da associação Tizen (entre Intel, Samsung, NTT DoCoMo e Vodafone) criada em 2011 para desenvolver software *open-source* (Lee, 2013).

Outra empresa importante das TICs que não tem o mesmo sucesso que a Google é a Microsoft. Foi com a justificativa de aumentar a oferta de comunicação em vídeo e voz em tempo real que a Microsoft comprou a empresa de telefonia pela web Skype (*The Economist*, 2011). Contudo, alguns analistas explicam essa aquisição como uma forma de alcançar a Google e Apple no que diz respeito à inovação. A empresa sofreu de alguns problemas ao longo das suas trajetórias que são pedagógicos para o mercado atual. Ela estimulou a competição predatória (por lucro), fazendo com que os engenheiros da própria empresa competissem entre si e não com outras empresas; se deixou levar pela vantagem inebriante de ser pioneira, buscando lucros ao invés de ideias e fomento a capacidades internas; não preparou um *e-reader* que prescindisse do teclado físico – fez o Office pensando no teclado tradicional, não no *touchscreen*, o que se revelou uma estratégia equivocada, uma vez que a patente em torno da qual ocorre a principal disputa entre as líderes refere-se à sensibilidade ao toque dos aparelhos; a não antecipação de tendências (MSN *versus* Facebook) (*Vanity Fair*, 2012). É eloquente o fato de que, apesar de tudo isso, o principal executivo da Nokia veio da Microsoft e a empresa finlandesa anunciou parceria para seu sistema operacional com a fabricante do Windows. Essa parceria para o aparelho Lumia, por exemplo, não é vista com muito entusiasmo pelos analistas, em comparação com as parcerias do sistema Android (Chen, 2012). Aliás, a Nokia anunciou um prejuízo operacional total de cerca de 754 milhões de dólares para o terceiro trimestre de 2012, que devem ser recuperados com demissões e racionalização – e num momento de baixa venda dos aparelhos Lumia: apenas 2,9 milhões de aparelhos em comparação com quatro e dois milhões nos dois trimestres anteriores (Souppouris, 2012).

2.6. Concorrência e interações

As implicações, no campo da concorrência, das competências acumuladas das fabricantes e as parcerias no campo das plataformas podem ser ilustradas pela tabela 5. Nela, estão contidas as vendas de dispositivos móveis totais por fabricante e por sistema operacional e as parcelas de mercado resultantes. Coadunando com a discussão precedente, podemos destacar algumas tendências principais na tabela. O crescimento das vendas da

Samsung, que sai de 19,5% de participação de mercado em 2009 e vai para 21,7% em 2012 e o da Apple que sai de 2,1% em 2009 e chega a 6,8% em 2012 *vis-à-vis* a queda de Nokia e a manutenção da queda que já havíamos apontado da Motorola. Saem de 36,4% e 4,8% e vão à 19,7% e 2,1%, respectivamente. Além disso, é notória a queda da LG Electronics, RIM e da Sony Ericsson *vis-à-vis* a crescente participação de empresas da China (ZTE, Huawei, TCL Communication) e Taiwan (HTC)³⁵. Estas empresas trazem uma pressão adicional sobre os preços e, com isso, agravam ainda mais as posições dos fabricantes em queda.

Tabela 5
Unidades vendidas (mil) por empresa e sistema operacional e parcela de mercado (%) dos dispositivos móveis

| Empresas | País | 2009 | | 2010 | | 2011 | | 2012 | |
|--------------------|----------------|-----------|-------|-----------|-------|----------|-------|-----------|-------|
| | | Unidades | % | Unidades | % | Unidades | % | Unidades | % |
| Samsung | Coréia do Sul | 235772 | 19,5 | 281065,8 | 17,6 | 313904,2 | 17,7 | 274956,5 | 21,7 |
| Nokia | Finlândia | 440881,6 | 36,4 | 461318,2 | 28,9 | 422478,3 | 23,8 | 248883,2 | 19,7 |
| Apple | Estados Unidos | 24889,7 | 2,1 | 46598,3 | 2,9 | 89263,2 | 5,0 | 85605,8 | 6,8 |
| ZTE | China | 16026,1 | 1,3 | 29686 | 1,9 | 56881,8 | 3,2 | 52029,9 | 4,1 |
| LG Electronics | Coréia do Sul | 121972,1 | 10,1 | 114154,6 | 7,1 | 86370,9 | 4,9 | 43034,2 | 3,4 |
| Huawei | China | 13490,6 | 1,1 | 23814,7 | 1,5 | 40663,4 | 2,3 | 33609,2 | 2,7 |
| Research In Motion | Canadá | 34346,6 | 2,8 | 49651,6 | 3,1 | 51541,9 | 2,9 | 26877,3 | 2,1 |
| Motorola | Estados Unidos | 58475,2 | 4,8 | 38553,7 | 2,4 | 40269 | 2,3 | 26094,1 | 2,1 |
| HTC | Taiwan | 10811,9 | 0,9 | 24688,4 | 1,5 | 43266,9 | 2,4 | 25433,2 | 2,0 |
| TCL Communication | China | - | - | - | - | - | - | 18682,4 | 1,5 |
| Sony Ericsson | Reino Unido | 54956,6 | 4,5 | 41819,2 | 2,6 | 32597,5 | 1,8 | 7898,4 | 0,6 |
| Outros | | 199617,2 | 16,5 | 485452 | 30,4 | 597326,9 | 33,7 | 422741,1 | 33,4 |
| Total | | 1211239,6 | 100,0 | 1596802,5 | 100,0 | 1774564 | 100,0 | 1265845,3 | 100,0 |

| Sistema Operacional | 2009 | | 2010 | | 2011 | | 2012 | |
|---------------------------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|
| | Unidades | % | Unidades | % | Unidades | % | Unidades | % |
| Android (Google) | 6798,4 | 3,9 | 67225 | 22,7 | 219522,5 | 46,5 | 302076,7 | 64,7 |
| iOS (Apple) | 24889,8 | 14,4 | 46598,3 | 15,7 | 89263,3 | 18,9 | 85605,8 | 18,3 |
| Research In Motion | 34346,6 | 19,9 | 47451,6 | 16,0 | 51541,9 | 10,9 | 26877,3 | 5,8 |
| Symbian (Nokia) | 80878,6 | 46,9 | 111577,7 | 37,6 | 88410,2 | 18,7 | 25943,3 | 5,6 |
| Bada (Samsung) | - | - | - | - | 9507,8 | 2,0 | 13105,7 | 2,8 |
| Windows Phone (Microsoft) | 15027,6 | 8,7 | 12378,2 | 4,2 | 8766,8 | 1,9 | 10857,7 | 2,3 |
| Linux | 8126,5 | 4,7 | - | - | - | - | - | - |
| Outros | 2305,6 | 1,3 | 11417,4 | 3,9 | 4730,2 | 1,0 | 2789,9 | 0,6 |
| Total | 172373,1 | 100,0 | 296648,2 | 100,0 | 471742,7 | 100,0 | 467256,4 | 100,0 |

Fonte: Elaborado a partir de dados da Gartner.

Quanto ao sistema operacional, que impacta diretamente na concorrência entre os *smartphones*, podemos ver a prevalência da plataforma Android sobre as demais e como ela saiu de um patamar de 3,9% em 2009 e passou para quase dois terços do mercado em

³⁵ Para detalhes do *catching up* empreendido pela China nas telecomunicações, ver o capítulo 3. Do ponto de vista histórico, pode se dizer que a China faz hoje o que os países asiáticos que se desenvolveram anteriormente, criando uma estrutura regionalizada de integração produtiva, o que contribui para a diminuição dos custos e consequentes implicações na estrutura de preços do setor.

2012, *vis-à-vis* a queda acentuada do Symbian, plataforma da Nokia, que foi recentemente preterido pela plataforma da Microsoft. Do ponto de vista de dispositivos móveis, a Apple só comercializa *smartphones*. Isto pode ser observado no volume igual de aparelhos móveis vendidos por fabricantes que é semelhante ao número de sistemas operacionais vendidos (Apple e iOS). O Linux é uma plataforma gratuita que aparece em 2009 e desaparece em anos seguintes, uma vez que o Android foi desenvolvido com base em suas características. Por fim, vemos o sistema operacional Bada da Samsung figurando no mercado novamente, mostrando a estratégia da Samsung de reduzir sua dependência do Android - a empresa anunciou a fusão entre essa plataforma com o Tizen OS, citado anteriormente, que é baseado em linguagem HTML-5, a fim de reduzir sua dependência da Google.

A Apple, como vimos, foi a pioneira no mercado com o iPhone e logrou uma posição de liderança de vendas por muito tempo até o terceiro trimestre de 2012, quando, segundo a Gartner, a Samsung a ultrapassou com o Galaxy S3. Há de se ressaltar que o lançamento da Apple, o iPhone 5 foi feito recentemente – sendo temerária uma afirmação taxativa a partir desse dado. No entanto, analistas apontam uma “queda sutil” por conta de uma possível “desaceleração criativa” da Apple para os próximos anos, uma vez que a empresa coleciona alguns erros; a saber, (i) a prevalência de interesses corporativos ante a melhor experiência para o usuário – isso foi mostrado ao substituir o Google Maps por um aplicativo inferior; (ii) o foco em lucro ao invés de atendimento ao cliente; (iii) o lançamento de produtos com melhorias apenas incrementais, como foi o caso do iPhone 5 ; e (iv) sua filosofia organizacional. Ao contrário da Google (com uma organização aberta e colaborativa), a Apple possui muitas camadas de gestão, as decisões são tomadas no topo e rigidamente aplicadas, herança do tempo de Steve Jobs, que controlava tudo diretamente (Crow, 2012). Adicionamos, ainda, as questões de manufatura aqui, que já tratamos anteriormente: a Samsung empreende um modelo superior, de fomento as capacitações internas e estratégias tecnológicas de longo prazo, condizentes com o previsto no arcabouço neo-schumperiano.

Quanto às patentes, recentemente o processo judicial entre Apple e Samsung teve ampla repercussão midiática. A Apple acusa a Samsung não só de copiar seu iPhone, mas também de copiar um recurso específico conhecido como “*rubber-banding*”, um recurso de hardware que fundamental em sua interface gráfica. Por outro lado, a Samsung acusa a Apple de violar dois de seus “padrões essenciais” de patentes que dizem respeito ao caminho pelo qual os telefones celulares se comunicam, bem como três outras patentes

acerca da interação celular-música-imagens. A Samsung, aliás, ressalta que o iPhone deve muito à Sony e a modelos anteriores da LG Electronics. Inclusive, a Gradiante entrou nessa disputa judicial, sob a alegação de que usou o nome “iphone” no Brasil primeiramente, e lançou sua nova linha de *smartphones* fabricados no Brasil. Situação semelhante foi enfrentada pela Apple na China, quando uma empresa local patenteou o nome iPad (*O Estado de São Paulo*, 2012).

Segundo a *The Economist* (2012), quem mais pode perder com este processo é a Apple, colocando em jogo sua reputação como fornecedor dos dispositivos móveis mais desejados. Nos meses de maio a julho de 2012 a Apple viu sua parcela de mercado de *smartphones* cair de 23% para menos de 17%. No mesmo período, a participação da Samsung aumentou de 29% para mais de 32%. A entrega de modelos Android mais rápidos e mais finos, por parte de Motorola e Samsung, levou ao lançamento do iPhone 5 pela Apple com um perfil mais fino e tela um pouco maior. Nesse sentido, a estadunidense é quem teria mais a perder em uma briga como essa. Pois, em caso de derrota da Samsung, ela teria que desembolsar US\$ 2,5 bilhões, por outro lado, se a sul-coreana ganhar o processo implicaria um *royalty* da Samsung de US\$ 14 por cada iPhone já feito (*The Economist*, 2012).

A Apple não possuía (e ainda não possui) muitas patentes, como se vê na tabela 2. Só recentemente, a partir de 2006, adotou a rotina de patentear devido a um processo em que teve que pagar US\$ 100 milhões à Creative Technology (Cingapura) por conta de esta empresa ter um dispositivo de reprodução de música portátil semelhante ao iPod. Steve Jobs ordenou então que nada saísse da empresa sem patente. Os engenheiros da Apple foram convidados então a participar de reuniões mensais de “divulgação de invenções” com advogados que passaram a considerar quaisquer modificações como uma possível patente. Para tudo se pedia patente, mesmo que esta não fosse patenteável, pois um pedido negado indicaria que outra empresa não poderia pedi-lo também. Na última década, o número de pedidos de patentes apresentadas pela Apple aumentou quase dez vezes. Não só a empresa faz isso, como há uma série de processos de patentes por parte de outras empresas do setor em curso em vários tribunais da Europa e dos EUA. Uma crítica a esse movimento é que ele está sufocando a cultura de *start-ups*, tradicionalmente importantes para o crescimento do emprego e da inovação tecnológica. Além disso, tem gerado certa banalização do patenteamento – como a patente recente da Apple relativo ao iPad sobre “cantos arredondados” (Foresman, 2012) – e, o que não é algo interessante para o setor, está fazendo com que as empresas gastem mais em processos referentes a registro e

proteção de patentes do que com P&D (Duhigg e Lohr, 2012). Isto mostra o papel preponderante das patentes, não apenas como meio de identificar competências, mas também como mecanismo de concorrência, seja “travando” uma determinada tecnologia ou, de fato se beneficiando dos lucros de monopólio de determinada tecnologia³⁶.

2.6.1 O papel das operadoras de rede

As operadoras desempenharam um papel fundamental como agentes inovadores no setor de telecomunicações por um grande período. Não por acaso, a primeira patente relacionada ao setor tem origem emblemática na AT&T, por meio do seu laboratório conhecido mundialmente, os Laboratórios Bell. As operadoras de rede eram detentoras e provedoras de tecnologia, bem como monopolistas de serviços de telecomunicações em seus próprios mercados nacionais, sendo que as empresas de equipamentos que intentassem se desenvolver minimamente, deveriam cooperar e trabalhar “em par” com estas empresas. Isto se dava, pois, em geral, as primeiras eram públicas e responsáveis pela expansão das redes, que demandavam equipamentos fabricados pelas últimas. Havia certa coerência no modelo de organização do setor que Fransman (2002, 2010) atualizou posteriormente, no qual estavam os dois agentes com a concentração das atividades de P&D nas operadoras. Com as privatizações e desregulamentações dos mercados ocorrida em meados da década de 1980 esta estrutura foi contestada e o lócus da inovação começou a mudar da operadora para a estrutura oligopolizada dos fabricantes. Uma clara divisão da pesquisa e inovação no setor. No entanto, isto não diminuiu o papel das operadoras que, no que diz respeito à evolução dos padrões de telefonia do setor, participou ativamente das conformações dos padrões de telefonia (1G, 2G, 3G, etc).

A definição dos padrões possui um papel importante no sistema setorial das comunicações móveis, pois eles detêm o poder coordenar o mercado de telecomunicações. Com isso, as diferenças nos modos de organização entre os países acarretavam em diferentes formas de organizações entre os mercados. Por exemplo, na Europa se adotava uma postura mais concorrencial em relação ao espectro das redes, enquanto que na Ásia, os

³⁶ Cabe lembrar que o patenteamento neste setor tem mais a ver com algoritmos, que por suas características, são mais fáceis de serem replicados. Como exemplo, podem-se construir algoritmos diferentes para uma mesma finalidade. Daí que a “grande” briga entre a Samsung e Apple, no que se refere a patentes, seja fundamentalmente em *design*.

Estados Nacionais os distribuíam a agentes que adotasse uma postura mais colaborativa. Estas diferentes formas de organização podem ser vista em duas tecnologias no setor.

Primeiramente o cartão SIM – que continha informações dos assinantes, implicando que a troca de qualquer provedor de serviços GSM requeria apenas a troca destes cartões. As características deste desenvolvimento mostra como as operadoras de alguma forma submeteram-se aos desígnios das fabricantes. Seria natural que cada região tivesse desenvolvido uma tecnologia específica para esse fim, no entanto, uma vez que os grandes fornecedores atuavam em escala global (o desenvolvimento do SIM se dá exatamente no momento de maior expansão internacional dos oligopólios de telecomunicações), isto se tornaria inviável. O segundo exemplo foi o desenvolvimento do serviço de fototelefoneia no Japão, o i-mode, a partir das definições de padrões de Internet Móvel feita pela NTT DoCoMo. Os prestadores de serviços coreanos, como o SK Telecom e a LG, e os japoneses deveriam fornecer telefones aptos à personalização dos seus serviços. Isto implica que, diferentemente da Europa, a região manteve um papel ativo das operadoras que viriam a ter implicações em desenvolvimentos tecnológicos posteriores. A China, mais recentemente, fez o mesmo com o padrão TD-SCDMA. Neste aspecto, o padrão é um regulador do sistema setorial, sendo que a autonomia em desenvolvê-lo mostra o esforço que o país tem feito em desenvolver este setor recentemente. A Coreia do Sul e o Japão, aliás, possuem grande preponderância no sistema setorial – destaque para o papel da NTT DoCoMo. Isto se deve, em grande parte, à participação das suas empresas no patenteamento em “comunicação móvel” como pode ser visto na figura 1. Algo que corrobora esta identificação de padrões de organizações diferentes pode ser visto em *Visions* de Martin Fransman (1999, cap. 3) que confronta o caso das três principais operadoras do período, AT&T (EUA), British Telecom (Inglaterra) e NTT (Japão). Sinteticamente, Fransman (1999) sumariza as opções estratégicas de cada operadora a fim de enfrentar as mudanças da época que compreendiam o amadurecimento dos serviços de telefonia, a importância de nos novos serviços de telecomunicações e a rápida globalização do setor. Sinteticamente, A BT usou o mercado para adquirir equipamentos de telecomunicações, a AT&T optou por integração vertical e a NTT optou por um desenvolvimento cooperativo com sua família de fornecedores de elementos de redes locais (NEC, Fujitsu, Hitachi e Oki). Em particular, as parcerias com a NTT legaram certo protagonismo no sistema setorial de comunicações móveis aos fornecedores de elementos de redes locais que, como pode ser observado na figura 2, se mantêm nos dias atuais.

Na região do Vale do Silício, algumas operadoras possuem papel importante no sistema setorial, como é o caso da Verizon que fornece bases para testes de produtos em novas de tecnologia de rede (como a 4G). No entanto, há outros aspectos a serem considerados. O primeiro deles é que os principais responsáveis pelo aumento do tráfego de dados nas redes de telecomunicações já não parecem serem mais as operadoras com seus serviços, senão os provedores de conteúdo e aplicações que não dispõem qualquer valor com a expansão das mesmas. No Mobile World Congress (MWC), Franco Bernabè presidente da Telecom Italia bradou contra empresas como Google e outras, pedindo alterações nas regulamentações, uma vez que as operadoras são sujeitas pesadamente a elas e estas empresas, além de não arcarem com custos de expansão, possuem total liberdade de ação (Madureira, 2013). Sintomático o fato de que Google e Facebook haviam participado no passado desse congresso, no entanto ficaram de fora na atual edição.

Um desenvolvimento tecnológico, já tratado aqui, são as redes sem-fio. Obviamente, no início, não era possível perceber que isto seria um elemento de perturbação às posições das operadoras, porque os atores da camada IV do modelo de Fransman ainda não tinham desenvolvido aplicativos para telefones móveis de ligação via internet e, obviamente, por se tratar de redes de curto e médio alcance, não implicariam na não necessidade da expansão das redes. É verdade que já existia o Skype, mas este software não parece ter deslumbrado essa possibilidade logo de início, até por conta de que as plataformas utilizadas pelos smartphones talvez ainda não estivessem suficientemente consolidadas ao ponto de permitir plena utilização pelos criadores de aplicativos. Ou mesmo por conta do aprendizado requerido, uma vez que muitos softwares deveriam se adaptar as configurações de um aparelho menor e com uma plataforma substancialmente diferente dos sistemas operacionais mais convencionais dos PCs, como o Windows³⁷. O desenvolvimento de aplicativos como o WhatsApp, Vibber e outros têm tomado o espaço de negócios das operadoras, como no caso do Short Message Service (SMS) – estes aplicativos permitem a troca de mensagens pelos telefones celulares, mediante uma conexão pela internet sem-fio. As recentes parcerias das operadoras mostram como estas estão atentas a este movimento, como o caso da AT&T e da British Telecom. A primeira anunciou uma parceria com o Barclays para a instalação de Wi-Fi gratuito em agências bancárias no Reino Unido e a segunda anunciou um acordo de *roaming* com BSkyB que

³⁷ A Microsoft comprou recentemente o Skype ao passo que também fornece plataformas para os fabricantes. O Facebook anunciou que irá realizar chamadas via aplicativos do iOS através da tecnologia VoIP (Voz por IP). Dois movimentos em torno de aplicativos e tecnologias de comunicação por voz que prescindam das redes tradicionais, a nosso juízo, mostram um cenário novo o qual as operadoras deverão se adequar.

permitirá a conexão a seus hotspots aos clientes da operadora. Isto desencadeou a sensação de uma “corrida pela apropriação do espaço [do espectro]” (Thomas, 2013).

Em face desse cenário de mudança de modelo de negócios, o papel das operadoras no sistema setorial de inovação continua evidenciado em recentes associações no desenvolvimento de plataformas. Como é o caso da Plataforma Tizen que é um projeto do consórcio entre Intel, Samsung, NTT DoCoMo e Vodafone. No entanto, é difícil saber até que ponto as operadoras são protagonistas neste tipo de desenvolvimento, senão pelo fato de serem as “operadoras das redes”, além do fato de que, como vimos, operadoras asiáticas nos parecem claramente diferentes em seus papéis em relação às europeias e estadunidenses. Se nossa análise estiver correta em apontar tal tendência, EUA e Europa estão sendo esvaziadas do seu poder de transformação na indústria de telecomunicações em dois sentidos. Por um lado, o fato de ter transferido sua manufatura para países asiáticos, abrindo mão das cadeias de produção que hoje em dia os deixam dependentes (em termos de fornecimento de periféricos) de sua principal e diversificada concorrência asiática (Samsung) e que altera as estruturas de preços no setor (China) (Garelli, 2013). De outro lado, o modelo de organização e de negócios das operadoras que até então eram protagonistas chaves no sistema setorial têm sido contestado pelas próprias mudanças no setor e o esvaziamento do conteúdo tecnológico por parte delas pode estar se revelando algo prejudicial ao desenvolvimento do setor nestas regiões. Diferentemente do papel e modo de organização destas empresas na Ásia, seja como agente importante do setor de inovação, seja como elemento coordenador de um processo de mudança. Basta ver que a China tem propiciado às suas fabricantes, via o conhecimento adquirido das operadoras controladas pelo Estado, trabalhar em diferentes padrões de telefonia – o que as ajuda nas vendas casadas em associação com as operadoras de outros países onde essas empresas são fornecedoras (Moreira, 2013).

2.7. Considerações finais

As principais mudanças disruptivas no setor de telefonia móvel mudaram substancialmente a conformação do sistema setorial existente. Os processamentos digitais, decorrentes das transformações advindas do paradigma tecnológico da microeletrônica, foram fundamentais no aumento da transmissão de dados por meio das redes de telefonia existentes. Isto habilitou os desenvolvimentos subsequentes da indústria, no que diz

respeito aos padrões de telefonia móvel. A Internet, logo após seu sucesso na telefonia fixa, invadiu os terminais móveis. Ela propiciou o surgimento de novos segmentos de serviços que incluíam dados multimídia, possibilitando novos produtos, serviços e modelos de negócios das operadoras. As redes sem fio, que é uma tecnologia alternativa a Internet Móvel, possibilita a transmissão de dados que independe das redes de telefonia tradicionais, ensejando um novo mercado quando da descoberta de sua aplicação comercial.

Estas mudanças tiveram implicações na estrutura industrial das fabricantes de equipamentos do setor tal qual como ele era concebido. Mas não é possível entender esta mudança, sem compreender os modelos de organização da indústria e seus movimentos. Podemos ver que o modo de organizar a indústria se revelou de diferentes maneiras nas empresas dos EUA e Europa em relação às asiáticas. Enquanto as primeiras focaram sua produção em aspectos “mais nobres” da cadeia produtiva do setor, externalizando parte de sua produção para países asiáticos (Dedrick *et al*, 2010; Ernst, 2006; Sturgeon, 1997, 2002), Japão e Coreia do Sul conformaram uma indústria competitiva de telecomunicações, a partir de seus fabricantes em constante cooperação com as operadoras e fundamentalmente sendo direcionadas pelo Estado, através de políticas industriais. Isto é de fundamental importância para entender a preponderância de fabricantes destes países nos dias atuais.

Estes dois movimentos que podemos sintetizar, arbitrariamente, de tecnológico e produtivo mudaram substancialmente o setor de telefonia móvel no que diz respeito aos seus *trade-offs*, formas de aprendizado, tecnologias específicas e mecanismos de interação. Podemos sintetizar as mudanças e apontar algumas tendências futuras em dois aspectos principais, a luz do sistema setorial e da abordagem de ecossistemas das TICs de Martin Fransman: i) organização produtiva do sistema de telefonia móvel e as implicações na concorrência do setor e; ii) as tecnologias e as interações entre os diferentes agentes do sistema setorial.

No que diz respeito à primeira mudança e tendência, aventamos a hipótese de que a manufatura é uma competência fundamental neste setor. Especificamente, o controle das cadeias de produção é essencial para a competição entre empresas do setor e possuem, além disso, implicações macroeconômicas relevantes. Basta ver a necessidade de exportação que se faz presente nos EUA nos dias atuais, a fim de minorar os efeitos da crise financeira deflagrada em 2008. Aliás, faz parte dos projetos da Apple trazer para os EUA algumas partes da sua cadeia produtiva, diante do diagnóstico de que tem sofrido

pressões da manufatura asiática³⁸. Por sua vez, as empresas asiáticas se destacam de duas maneiras, por um lado estão as representantes da Coreia do Sul que competem em tecnologia com as principais fabricantes do mundo, acumulando capacitações essenciais para esse mercado como se pode ver neste trabalho, que são frutos também de uma coordenada política industrial e tecnológica estabelecida pelo país. Por parte das empresas chinesas, que foram vistas como “tomando mercado” de tradicionais fabricantes europeias, são frutos também de políticas específicas e da necessidade de exportações vis-à-vis as importações locais para produção de produtos de telecomunicações. Elas têm imprimido uma pressão baixista nos preços dos aparelhos celulares e smartphones, sendo responsáveis também pela concentração do mercado, uma vez que tem eliminado de vez, por exemplo, algumas fabricantes europeias que já colecionavam erros em suas estratégias e que, somados a crise da Zona do Euro, com essas pressões, têm sido cada vez mais marginalizadas dentro deste sistema setorial.

Outro movimento dentro dos agentes das TICs que tem mostrado a importância da manufatura são os provedores de conteúdo e aplicações (Fransman, 2002; 2010) buscando ter atividades manufatureiras, como é o caso da Google comprando a fábrica da Motorola e recentemente o Dropbox (serviço de armazenamento de arquivos através da *cloud computing*) revelando essa intenção. No entanto, é preciso salientar que esta tendência nada tem a ver com uma tomada de liderança no setor, a princípio. Além disso, uma vez que a organização da produção se assemelha cada vez mais com a produção de computadores, é necessário ressaltar a importância de outros agentes como a Qualcomm, que fabrica o *chipset* da Motorola e da Nokia, como indicativo de que uma modularização destas atividades poderia levar este mercado à outra configuração, abrindo brechas para novos entrantes. O caso da Nokia é um caso exemplar de que a liderança em hardware não é capaz de gerar uma liderança de longo prazo, uma vez que se deve atentar para o caráter cooperativo deste setor, em especial, com os desenvolvedores de plataformas. Isto nos leva a segunda mudança. Quanto à Apple é fundamental ressaltar que ela possui uma característica fundamental que é balizadora desta estrutura industrial das comunicações móveis, qual seja a inovação em *design*. A empresa é extremamente inovadora neste aspecto e, de algum modo, tem balizado os desenvolvimentos futuros de seus concorrentes. Sumarizando, são necessárias competências de *design* e a própria competência em

³⁸ Custos de energia, por exemplo, tem sido um dos atrativos na volta da manufatura para o país (ver Hagerty, 2013).

manufatura, no sentido de fabricar e fazer com que os sistemas dos aparelhos se interoperem com as redes principais e com outras redes.

Procuramos evidenciar o caráter cooperativo que o setor possui, principalmente entre os provedores de conteúdo que, por vezes, são desenvolvedores de plataformas no qual ancoram os fabricantes. Neste sentido, assumiram importância fundamental na telefonia móvel, empresas como Microsoft e Google com seus sistemas operacionais. Isto é fruto dos desenvolvimentos tecnológicos consubstanciados em “padrões de telefonia” que fazem com que os sistemas devam se interoperar, daí que não é qualquer desenvolvedor de conteúdo ou aplicações que podem desenvolver uma plataforma capaz de dar suporte a aplicativos essenciais nos dias atuais. Frutos recentes destes desenvolvimentos tecnológicos têm sido aplicativos que não necessariamente, precisam de redes tradicionais para operar e que, a despeito disso, oferecem serviços de voz e mensagens com a simples conexão a um hotspot Wi-Fi. Este crescente protagonismo de desenvolvedores de plataformas e de conteúdos e aplicações têm chamado a atenção dos fabricantes que estão alertas sobre a possibilidade de internalizar estas atividades, uma vez que o atual principal fornecedor de plataforma, o Google, tem direcionado seus esforços também às atividades de manufatura. Este movimento de entrada de “colaboradores” no mercado dos fabricantes tem evidenciado uma brecha interessante para possíveis entrantes no mercado, valendo-se das vantagens de padronização e, possivelmente, comoditização e inovando em aspectos como o *design* ou mesmo com serviços mais atrativos.

A questão dos serviços nos remete às operadoras, que tem possuído papel de agente inovativo marginal no setor desde a contestação das estruturas de organização em pares (operadoras de rede e fabricantes). Nos dias atuais, com as novas formas de comunicação difundidas em aplicativos que prescindem das redes de telefonia, estas empresas estão enfrentando também uma queda significativa nos seus volumes de negócio. Um verdadeiro dilema tem se instaurado, as operadoras de rede devem expandir suas redes e ampliar seu espectro ao mesmo tempo em que não são as principais beneficiárias desta ampliação, senão os provedores de conteúdo e aplicações que são os principais responsáveis pelo aumento do tráfego nas redes. No entanto, mais uma vez, uma exceção entre os modos de organização das operadoras europeias e estadunidenses, são, novamente, as asiáticas que, desde a contestação da estrutura anterior, mantiveram suas operadoras inventivas e com papel fundamental na pesquisa do setor nacional, como vimos no caso da NTT DoCoMo. Embora isso, as operadoras que possuem maior destaque em termos de inovação do setor, como é o caso da Verizon, tem participado do desenvolvimento de novas plataformas.

Sumarizando este ponto, podemos dizer que, i) a cooperação tem sido fundamental no desenvolvimento de tecnologias, sendo necessária a interação entre dois ou mais agentes no sistema setorial, no entanto, atribuições diferentes existem entre estes atores, conformando uma divisão de tarefas que se alimenta através de *feedbacks* contínuos (ver os casos das tecnologias 802.11n e a NFC no capítulo 1); ii) as redes de telefonia estão ficando cada vez mais prescindíveis no que diz respeito às atividades relacionadas à comunicação, o que tem implicado em uma clara diminuição do poder das operadoras no sistema setorial de comunicações em contraposição ao crescimento do poder dos provedores de conteúdo e aplicação. Ademais, buscamos mostrar que estas mudanças têm implicado em pedidos de mudanças de regulações e atribuições do espectro, remetendo às instituições que neste setor possuem um caráter ubíquo.

Anexo – Classificação das Patentes Analisadas

| | | | |
|------------------|--|--------------|--|
| G – FÍSICA | G02F - DISPOSITIVOS OU DISPOSIÇÕES, NOS QUAIS O FUNCIONAMENTO ÓPTICO É MODIFICADO PELA VARIÇÃO DAS PROPRIEDADES ÓPTICAS DO MEIO QUE CONSTITUI ESTES DISPOSITIVOS | G02F-001/13 | Baseado em cristais líquidos, por ex., células individuais de apresentação a cristais líquidos |
| | G06F - PROCESSAMENTO ELÉTRICO DE DADOS DIGITAIS | G06F-003/048 | Técnicas de interação para interfaces gráficas de usuário (GUI), por ex., interação com janelas, ícones e menus |
| | | G06F-015/16 | Combinações de dois ou mais computadores digitais tendo cada qual pelo menos uma unidade aritmética, uma unidade de programa e um registro, por ex., para processamento simultâneo de vários programas |
| H - ELETRICIDADE | H04B - TRANSMISSÃO | H04B-001/40 | Circuitos |
| | | H04B-007/00 | Sistemas de radiotransmissão, i.e., utilizando um campo de radiação |
| | | H04B-007/26 | Sistemas de propagação por espalhamento dos quais pelo menos um é móvel |
| | H04Q - SELEÇÃO (H04W - REDES DE COMUNICAÇÃO SEM FIO) | H04Q-007/20 | H04W 84/02 - Redes pré-organizadas hierarquicamente, por ex., redes de busca, redes celulares, WLAN [Redes Locais Sem Fio] ou WLL [Acesso Remoto Sem Fio] |
| | | H04Q-007/38 | H04W 80/00 - Protocolos de redes sem fio ou adaptações de protocolos para operação sem fio, por ex., WAP [Wireless Application Protocol - Protocolo de Aplicação Sem Fio] |
| | H04W - REDES DE COMUNICAÇÃO SEM FIO | H04W-036/00 | Handoff ou disposições de reSeleção |
| | | H04W-088/00 | Dispositivos especialmente adaptados para redes de comunicação sem fio, por ex., terminais, estações base ou dispositivos de ponto de acesso |

Fonte: Elaboração com base na Classificação Internacional de Patentes (IPC), versão 2011.01, disponível no site do INPI.

3. Elementos para uma política de *catching up* setorial: lições a partir do setor de telecomunicações do Brasil e China

3.1. Introdução

O rápido crescimento das economias asiáticas tem despertado a atenção de muitos pesquisadores (Hobday, 1995; Kim, 1997; Lee e Lim, 2001; Amsdem, 2009). Do ponto de vista da tecnologia, os países em desenvolvimento tentaram alcançar (*catch up*) os países avançados, assimilando e adaptando tecnologias obsoletas dos países avançados. Pérez (1988) compara este processo como uma questão de velocidade relativa em uma corrida ao longo de uma faixa na qual a tecnologia é entendida como um processo unidirecional cumulativo. Lee e Lim (2001) observa que o processo não se limita a seguir o caminho do desenvolvimento tecnológico dos países avançados, que há a possibilidade de pular etapas ou até mesmo a criação de um caminho individual.

Os casos de convergência ou saltos tecnológicos têm sido diversos, dependendo de indústrias e países. Breschi *et al.* (2000) argumentam que a forma específica em que as atividades inovativas de um setor tecnológico são organizadas pode ser explicada pelo resultado de diferentes regimes tecnológicos oriundos da natureza da tecnologia envolvida. Em particular, a convergência tecnológica do setor de telecomunicações incorporando eletrônica e software em sua base de conhecimento, permite dizer que sua trajetória tecnológica envolve a lógica modular, em associação com o desenvolvimento de plataformas, como um vetor importante da transformação tecnológica (Borras e Zysman, 1997; Gawer e Cusumano, 2002; Gawer e Henderson, 2007).

A partir da segmentação das capacitações compreendidas nas tarefas viabilizadas pela modularização, potencializou-se a capacidade de experimentação em cada módulo, bem como a internacionalização da produção em direção aos países em desenvolvimento, sobretudo asiáticos (Sturgeon, 1997, 2002; Ernst, 2002, 2006). A emergência da plataforma pode afetar a dinâmica industrial i) através das mudanças da posição de liderança na indústria, ii) na mudança estrutural da indústria; iii) na natureza da competição; iv) na natureza da inovação industrial; v) nas oportunidades estratégicas que são geradas pelo novo paradigma de produção (Gawer e Cusumano, 2002). Com o incentivo da incorporação de novas firmas e geração de externalidades de rede, transbordando os benefícios das atividades de produção e inovação para todo o sistema econômico, a possibilidade de associação a um ecossistema que compreende uma

plataforma tornam as atividades de um setor, que teve sua base produtiva ampliada incorporando atividades da indústria eletrônica e software, interessantes a um projeto de *catching up* nacional, como foi empreendido pela Coréia do Sul e, mais recentemente, pela China.

Estes benefícios não são capturados por intermédio de um único agente, senão por um sistema de inovação, no qual o estabelecimento de parcerias inovativas torna-se um elemento estratégico não apenas para a criação de assimetrias competitivas individuais, mas também para a competição do sistema frente a outros sistemas que desempenham funções similares. Uma vez que as atividades compreendidas pela produção e inovação neste setor são carregadas de imbricações entre ciência e tecnologia, torna-se necessário um sistema de educação relevante para absorver os conhecimentos que transbordam a partir destas atividades. Isto nos leva à importância do conhecimento técnico, produzido pelas Universidades e Centros de Pesquisa, bem como do capital humano qualificado para a produção e inovação.

Há uma extensa literatura que discute a interação complexa e multifacetada entre ciência e tecnologia (Rosenberg, 1976; Pavitt, 1991, Freeman, 1995, Klevorick *et al.*, 1995; Narin *et al.*, 1997), que segundo Albuquerque (2001) estão sintetizados em Nelson e Rosenberg (1993) quando estes autores salientam seu papel tanto como seguidora dos processos econômicos quanto como orientadora. Albuquerque (2001) ressalta cinco grandes contribuições da ciência para a inovação tecnológica: i) fonte de oportunidades tecnológicas; ii) fonte de pesquisadores treinados; iii) através do desenvolvimento de técnicas de pesquisas melhoradas; iv) através do desenvolvimento de instrumentos e; v) como fonte de conhecimento tácito e público. Por conta disso, essa ciência encontra-se em Universidades e centros de pesquisa, bem como em suas interações com a indústria (Cohen *et al.*, 2002; Mowery e Sampat, 2005; Póvoa, 2008).

O objetivo deste trabalho é identificar alguns elementos que caracterizam o processo de *catching up* no sistema setorial de telecomunicações através da comparação entre a sua trajetória na China e no Brasil. Através de um marco schumpeteriano, procuramos mostrar como a relação entre os agentes, coordenada pelo Estado que induziu as atividades produtivas e inovativas nacionais e o conhecimento – através da ênfase dada na formação de um corpo técnico qualificado – criaram instituições que possibilitaram o crescimento do setor na China. Por outro lado, as mudanças institucionais no mercado de telecomunicações brasileiro a partir do processo de reestruturação e privatização do setor, bem como a pouca ênfase no conhecimento por parte do Estado brasileiro, legou

instituições e agentes pouco capazes de fazer uma mudança estrutural no setor e na economia. Para isso, o trabalho está dividido em quatro seções, além dessa introdução. Na seção 3.2 caracterizamos o sistema setorial de telecomunicações através de um marco teórico neochumpeteriano e a abordagem dessa teoria para o processo de *catching up*. Comparamos alguns indicadores deste processo no setor de telefonia móvel, dando especial ênfase ao papel da ciência e da Universidade. Na seção 3.3 analisamos em detalhes o desenvolvimento do sistema setorial de telecomunicações na China. Na seção 3.4 fazemos um breve histórico do setor de telecomunicações brasileiro e suas mudanças recentes, além de um diagnóstico da estrutura recente do setor e as principais políticas empreendidas para fomentar a produção e a inovação nacional. A seção 3.5 apresenta algumas reflexões finais a partir do marco teórico, dos dados e da comparação realizada.

3.2. O sistema setorial das telecomunicações e o processo de *catching up*

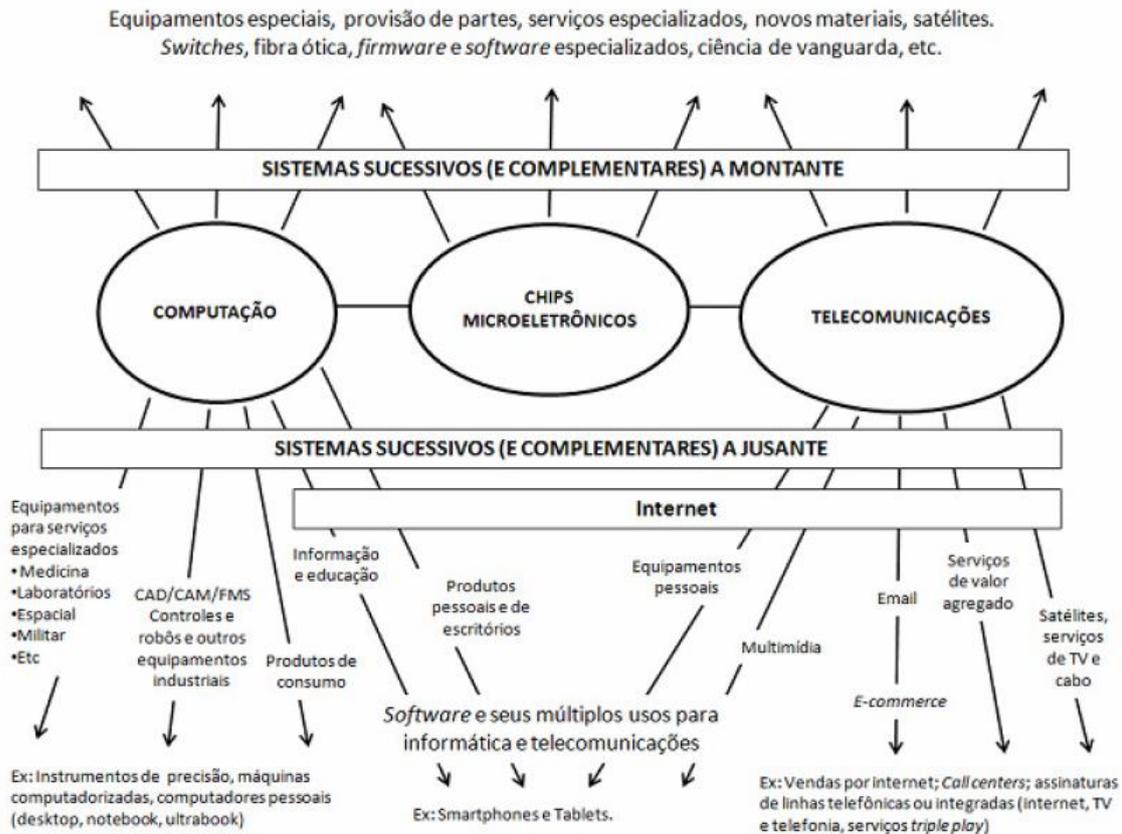
Um setor é um conjunto de atividades unificadas por alguns grupos de produtos relacionados para uma demanda determinada ou potencial que partilham um mesmo conhecimento básico. Em um setor, as empresas possuem muito em comum, embora sejam heterogêneas. Sendo a inovação possuidora de características sistêmicas, o passo lógico é avançar a compreensão de que sistemas setoriais de inovação possuem uma base de conhecimento, tecnologias, insumos e uma demanda (potencial ou existente) comuns. Há nestes sistemas um conjunto de agentes que interagem entre si através de relações de mercado e externas a ele para a criação, desenvolvimento e difusão de novos produtos do setor. Os agentes são indivíduos e organizações em vários níveis de agregação que possuem processos de aprendizagem, competências, estrutura organizacional, crenças, objetivos e comportamentos específicos. A interação se dá via processos de comunicação, intercâmbio, cooperação, competição e comando e é moldada por instituições. O sistema setorial sofre processos de mudança e transformações através da co-evolução de seus vários elementos (Malerba, 2005).

Algumas implicações relevantes decorrem do quadro teórico do sistema setorial de inovação. Primeiro, o conceito de sistema setorial dá um significado específico para o termo “estrutura” de um setor. Aqui, estrutura diz respeito aos laços e relações entre os agentes, conhecimentos, produtos e tecnologias. Essa importância das relações remete à ideia de redes, compreendidas na vasta gama de interações formais e informais entre as

empresas e as organizações. Em ambientes incertos e mutáveis, essas redes não surgem porque os agentes são semelhantes, mas porque eles são diferentes. Assim, as redes permitem o acesso, a integração e a complementaridade de conhecimentos, capacidades e especializações. Portanto, em um sistema setorial de inovação o termo estrutura também se refere a “redes”. Segundo, o foco sobre os atores e redes implica também que, numa perspectiva dinâmica, um sistema setorial é um resultado coletivo da interação e co-evolução de seus vários elementos. Este processo envolve tecnologia, demanda, base de conhecimento, processos de aprendizagem, empresas, organizações e instituições. Terceiro, o foco na dinâmica implica também na transformação dos atuais sistemas setoriais e no surgimento de novos sistemas setoriais. O surgimento de novos grupos que se estendem por vários setores (como internet, software e telecomunicações) é um tema particularmente interessante. Isto porque esta transformação significa a integração e fusão de conhecimentos e tecnologias previamente separados, bem como novas e dinâmicas relações entre os diferentes tipos de usuários e consumidores, empresas com diferentes especializações e competências, organizações e instituições (todas em setores anteriormente separados) (Malerba, 2005).

Alguns produtos do setor de telefonia móvel (*smartphones* e *tablets*) carregam uma série de transformações pelos quais o setor passou e que foram frutos das interações dinâmicas entre os agentes tanto na esfera do surgimento de novas tecnologias de redes, que se conformaram paradigmas do setor, como nas transformações produtivas e tecnológicas das empresas e a relação destas com as organizações não empresariais. Trata-se de um setor que teve sua base de conhecimento expandida e uma sucessão de paradigmas, com suas consequentes trajetórias tecnológicas (Dosi, 1988; Nelson e Winter; 1982), trouxe oportunidades ao desenvolvimento industrial e tecnológico, que só poderiam ser aproveitadas por meio de estratégias de *catching up* dos países que se dedicaram à produção e pesquisa no conjunto de produtos do setor, como se verá adiante. Este conjunto de produtos tem uma representação esquemática interessante em Pérez (2001), representadas na figura 1, quando a autora trata de elucidar a revolução produzida pelo advento das tecnologias de informação e comunicação (TICs).

Figura 1
Convergência tecnológica no setor de telefonia móvel



Fonte: Adaptação do esquema de Pérez (2001).

Estas estratégias de *catching up* não são triviais. Malerba e Nelson (2011), ressaltam que o desenvolvimento econômico compreende esforços deliberados, no sentido de que as práticas econômicas e tecnológicas das nações líderes são quase sempre usadas como modelos. Uma vez que se olha para o desenvolvimento econômico setorial, se reconhece que cada país faz as coisas de uma maneira diferente, como resultado de um processo nacional de aprendizagem. Sendo assim, o processo de *catching up* não significa clonagem. Em geral, este processo diverge de certas práticas nos países que serviram como modelos e essa divergência reflete o fato de que a cópia exata é quase impossível e que as modificações são necessárias para adequar a prática às circunstâncias locais. Os aspectos organizacional, gerencial e institucional das práticas de produção, muitas vezes são os mais difíceis de replicar, além da necessidade de adaptação às condições nacionais, às normas e aos valores. O processo de desenvolvimento envolve, então, a inovação no sentido de Schumpeter: como uma ruptura com as formas tradicionais de fazer as coisas. No processo de *catching up*, as práticas trazidas certamente não são novas para o mundo, mas sim para o país, e trazê-las envolve um risco considerável que requer tentativa e erro para aprender a

ser eficaz (Katz, 1984; Amsden, 1989; Bell e Pavitt, 1993; Hobday, 1995; Kim, 1997).

O *catching up* é, então, um processo que ocorre em setores da economia. Em qualquer setor, aprendizado e capacidades (*capabilities*) por parte das firmas são de importância central. Grande parte da aprendizagem das empresas em países em desenvolvimento envolve aprender o que as empresas na fronteira estão fazendo. No processo de *catching up*, tipos diferentes de capacidades precisam ser adquiridos. Enquanto aspectos importantes destas atividades são de fato estruturados ou incorporados em máquinas ou outros artefatos físicos, eles podem envolver também os modos de organização, coordenação e atividades de gestão. Estas últimas capacidades muitas vezes são muito mais difíceis de desenvolver do que os conhecimentos de engenharia.

Assim, várias capacidades são necessárias para o *catching up*: capacidade de acesso a ativos complementares (que frequentemente estão em empresas que já produzem determinado produto, daí a importância da interação), capacidade de absorção (que depende da codificação da tecnologia por parte do país, o que torna importante um sistema educacional qualificado) e a capacidade de inovação (como consequência de uma desenvolvida infra-estrutura científica e tecnológica). Todos esses recursos são necessários para adotar, adaptar e modificar tecnologias desenvolvidas em outros lugares, introduzir modificações e inovações incrementais e, eventualmente, para gerar produtos e processos totalmente novos (Malerba e Nelson, 2011).

Estas mudanças ocorrem através de três blocos principais do sistema setorial de comunicações móveis (Malerba, 2005): i) os *atores e redes*; caracterizados pelas ligações verticais com fornecedores e usuários como fontes de aprendizado, inovação e produção, os centros de pesquisa e Universidades públicas, fundamentais para a pesquisa pública e a formação de capital humano, as organizações financeiras como fontes de apoio à inovação, difusão de tecnologia e produção, os governos e as políticas públicas que desempenham um papel importante no processo de *catching up* específico a setores; ii) o conhecimento e a tecnologia, que envolve um domínio de várias áreas científicas e tecnológicas na base das atividades inovativas em um setor; e iii) as instituições, que são moldadas pela cognição, ações e interações dos atores, incluindo leis, normas, rotinas e hábitos comuns estabelecidos. Cabe ressaltar de que as instituições de um setor que é inovador e tem um crescimento elevado, podem ser replicadas em outros setores, ampliando seu na estrutura produtiva.

Esta matriz teórica tem afinidades com a dinâmica setorial das telecomunicações. Com o advento da internet móvel, a inovação no setor de telecomunicações passa a ser

fruto da interação e complementação entre bases tecnológicas distintas no interior do complexo das TICs. Essa configuração se deve a um aspecto das TICs: segundo Corrocher *et al.* (2007), são tecnologias de uso geral (transversais) que têm como característica, além da difusão do uso e o potencial inerente de melhoria, elevado dinamismo para aplicações em diferentes soluções. Para os autores, a indústria possui uma base de conhecimento diversificada, mas o grau dessa diversificação difere muito entre os aplicativos. Fransman (2007, pp. 96-104), usando uma metáfora biológica, interpretou essa configuração como um ecossistema. Segundo o autor, as TICs são compostas por grupos fundamentais de agentes divididos em camadas e a inovação é decorrente das relações simbióticas entre elas. Nessas relações, as soluções fornecidas devem ser constantemente melhoradas, modernizadas e atualizadas, implicando em geração e acumulação de conhecimento e, ao mesmo tempo, em inovação não desprezível.

Assim, se o *catching up* é um processo de aprendizagem, como sugerem Malerba e (2011), o setor de telefonia móvel não pode ser analisado de forma estática. É um setor que mudou ao longo do tempo, com vários atores, conhecimento e instituições conectados. Segue-se que a sua mudança ao longo do tempo resultou em processos co-evolutivos específicos ao setor (Nelson, 1994; Metcalfe, 1998; Ansari e Garud, 2009). Pode-se observar que durante o ciclo de vida e evolução de um setor, a mudança pode ocorrer nos regimes tecnológicos e de aprendizagem e nos padrões de inovações. A base de conhecimento das atividades inovadoras pode mudar como consequência de uma mudança drástica ou da evolução em direção a um projeto dominante. Assim ocorreu no caso dos padrões de telefonia (1G, 2G, 3G e 4G). Mudanças na demanda, usuários e aplicações representam outra alteração importante para o contexto em que as empresas operam e podem favorecer a entrada de novas empresas, em vez de o sucesso das já estabelecidas (Christensen e Rosenbloom, 1996). Como exemplo, a Nokia e a Motorola, empresas que figuravam entre as líderes mundiais do setor de teleequipamentos, e com grande parte da sua receita ancorada na venda de aparelhos móveis, não forneciam telefones com aplicativos personalizados em grandes volumes até 2004 (Bohlin *et al.*, 2004, p. 112), ou seja, não acompanharam as mudanças no setor. Em outras palavras, não foi suficiente oferecer uma nova tecnologia mal-definida e mal-adaptada aos problemas que elas se propunham a resolver, que não agregava soluções técnicas superiores que lhes permitisse vencer a competição com as antigas e mais baratas tecnologias. Essa tecnologia precisa ser chancelada pelo mercado e, para isso, precisa ser diferente, incorporar novas funções, ser “amigável”, etc. Essa visão dinâmica do sistema setorial implica também que os limites

dos sistemas setoriais em termos de conhecimento, atores e instituições podem evoluir ao longo do tempo, com novos tipos de atores que entram e novas ligações verticais e horizontais e interdependências formadas entre as indústrias e tecnologias.

No setor de telecomunicações global, observa-se que os atores e as consequentes redes mudaram substancialmente ao longo dos anos. Na década de 1980, os atores e redes eram as operadoras em parceria com as empresas fabricantes. Com a privatização e o advento da convergência digital, os atores passaram a atuar separadamente na busca por inovações e melhorias. O conhecimento em telecomunicações evoluiu através da ampliação da base tecnológica do setor. Após a revolução da microeletrônica, a engenharia passou a ter peso fundamental nas chamadas tecnologias digitais (em contraposição às tecnologias analógicas). Com o advento da internet móvel e, sobretudo, a convergência digital, a ciência da computação passou a ter maior importância (ver o capítulo 1). Assim, podemos supor que a evolução tecnológica por parte dos fabricantes seria a capacidade de passar da fabricação de equipamentos de redes (p. ex: comutadores, multiplexadores, estações rádio-bases), passando por aparelhos de telecomunicações (terminais telefônicos, comutação de voz e dados, condutores de partes e peças, roteadores digitais) até a fabricação dos dispositivos móveis atuais (*smartphones* e *tablets*). O que nos permite dizer que a evolução no setor vai no sentido da atividade de “comunicação móvel”.

As instituições tiveram papel fundamental no desenvolvimento do setor através da padronização e normatização, garantindo a interoperabilidade entre os diferentes sistemas de telecomunicações, minorando a incerteza dos processos inovativos e, de alguma forma, induzindo inovações importantes no setor. Sobre essa questão, Ernst (2011) aponta que as iniciativas de políticas sobre standardização e o desenvolvimento recente de projetos de padronização nas TICs (incluindo o TD-SCDMA chinês, que discutiremos a seguir), indica que a indústria e governo chinês estão aprendendo com seus erros e estão caminhando em direção a uma abordagem mais pragmática e flexível com relação à globalização³⁹.

Embora o texto trate de lições para o Brasil através do desenvolvimento do sistema setorial de telecomunicações chinês, é necessária a compreensão de que setores e a natureza dos processos de desenvolvimento econômico são diferentes, o que implica que a simples imitação de uma trajetória não parece adequada. Não obstante, Malerba e Nelson (2011) encontraram semelhanças no estudo de seis setores que se desenvolveram em alguns países em desenvolvimento, a saber, i) as *empresas de aprendizagem*: forneceram a

³⁹ Miranda e Mello (2012) discutem de maneira ampla a influência dos processos de padronização e normalização no comércio e inovação no setor de telecomunicações.

capacidade de absorver o conhecimento e tecnologia estrangeiras e de adaptá-las à demanda e às necessidades locais, auxiliaram na geração de novos conhecimentos, na criação de novos produtos e tecnologias e na exportação; ii) o *acesso ao know-how estrangeiro*: o esforço ativo para aprender sobre o know-how possuído por empresas em países da fronteira tecnológica foi uma importante contribuição ao processo de aprendizagem das empresas nacionais; iii) o *capital humano qualificado*: foi particularmente relevante em setores altamente dependentes de mão de obra qualificada, para o empreendedorismo e a criação de novas empresas. Relacionado a isso, a mobilidade internacional de trabalhadores qualificados dos países avançados criou um fluxo internacional de especialização. O emprego de técnicos altamente treinados foi muitas vezes uma condição essencial para ter acesso e domínio de tecnologia estrangeira, e muitas vezes o processo envolveu um fluxo transnacional de pessoal treinado. Nas fases iniciais do *catching up* de um país, uma parte significativa da formação de alto nível recebida pelo corpo técnico nacional foi fornecida em Universidades nos Estados Unidos e Europa e a experiência de trabalho foi adquirida nas empresas em países da fronteira e; iv) a *política ativa do governo*: estimulou-se a aprendizagem e formação de capacidade por empresas nacionais. Esses governos intervieram diretamente em uma variedade de áreas, incluindo programas de P&D, organizações públicas de pesquisa, apoio à pesquisa universitária e de formação e nos contratos públicos.

As empresas de aprendizagem, o acesso ao conhecimento estrangeiro, o capital humano qualificado e a política ativa do governo trabalham de forma sistêmica e complementar. Nos países bem-sucedidos, as capacidades e a formação de empresas foram apoiadas por um sistema educacional que desenvolveu uma força de trabalho qualificada e por um governo que lançou políticas de apoio à aprendizagem, pesquisa e aquisição de conhecimento estrangeiro (através de alianças, abertura para investimentos estrangeiros diretos, ou licenciamento).

3.2.1. Uma comparação de indicadores de *catching up* no setor de telefonia móvel

A fim de identificar como um país em desenvolvimento “passou à frente” no setor de telefonia móvel para tirar implicações ao Brasil, pesquisamos o setor na China. Como se verá depois, a tabela 1 mostra como a China “saltou” em termos de publicação científica no setor de telefonia móvel, o que coaduna com o recente desenvolvimento setorial do país, que tem sido objeto de inspiração para outros setores dentro da economia chinesa. A

China só foi capaz de alcançar esse sucesso por meio de ações empreendidas pelo país, mas sua transformação é condizente com as mudanças do sistema setorial de comunicações móveis recentes.

Na tabela 1 mostramos alguns indicadores econômicos do processo de *catching up* no setor de telecomunicações. Valor adicionado, salários e empregados podem nos dar uma boa medida sobre o “tamanho” do mercado e sua evolução no tempo. São analisados os dados de cinco países: os EUA, pela sua predominância tecnológica; a Suécia, como representante europeia, uma vez que a Ericsson sempre foi um agente importante no sistema setorial; a Coreia do Sul, que estava em um estágio avançado do *catching up* quando da expansão da base de conhecimento do setor e logrou êxito neste novo cenário; além deles, China e Brasil, como termos de comparação. É possível notar o gigantismo chinês em termos de pessoal ocupado no setor (quase cinco milhões de pessoas ocupadas na produção do setor em 2007). Uma *proxy* de sua preocupação em termos da qualificação deste pessoal pode ser obtida avaliando o crescimento do número de empregados que aumentou 2,13 vezes, e o volume de salários, que aumentou 3,66 vezes no período.

Tabela 1
Valor Adicionado, Salários e Empregados no setor de telecomunicações em países selecionados

| | | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | Variação |
|---------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|----------|
| EUA | VA (US\$ bi) | 129,33 | 146,49 | 163,47 | 117,68 | 101,5 | 100,53 | 105,85 | 111,77 | 110,11 | n.d. | -14,90% |
| | Salários (US\$ bi) | 34,52 | 36,71 | 41,36 | 39,18 | 28,83 | 26,6 | 25,03 | 25,08 | 25,72 | n.d. | -25,50% |
| | Empregados (mil) | 830 | 800 | 799 | 837 | 639 | n.d. | 467 | 446 | 442 | n.d. | -46,70% |
| Suécia | VA (US\$ bi) | 3,56 | 3,81 | 2,79 | -0,17 | 0,34 | 1,17 | 4,55 | 4,69 | 5,13 | n.d. | 44,30% |
| | Salários (US\$ bi) | 1,56 | 1,61 | 1,57 | 1,46 | 1,32 | 1,48 | 1,47 | 1,53 | 1,57 | n.d. | 0,40% |
| | Empregados (mil) | 46 | 48 | 46 | 53 | 43 | 32 | 27 | 27 | 27 | n.d. | -41,20% |
| Coreia do Sul | VA (US\$ bi) | 18,56 | 27,32 | 32,96 | 25,22 | 32,14 | 37,91 | 55,38 | 62,72 | 70,09 | n.d. | 277,60% |
| | Salários (US\$ bi) | 2,54 | 3,44 | 4,93 | 4,37 | 5,32 | 6,01 | 7,88 | 10,36 | 12,02 | n.d. | 374,00% |
| | Empregados (mil) | 220 | 235 | 278 | 270 | 285 | 301 | 346 | 373 | 385 | n.d. | 75,20% |
| China | VA (US\$ bi) | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 32,01 | 44,33 | 51,87 | 60,24 | 77,27 | 141,40% |
| | Salários (US\$ bi) | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 5,37 | 7,86 | 9,76 | 13,61 | 19,68 | 266,30% |
| | Empregados (mil) | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 2321 | 3279 | 3721 | 4252 | 4944 | 113,00% |
| Brasil | VA (US\$ bi) | 4,19 | 3,12 | 4,4 | 3,69 | 3,07 | 2,41 | 3,82 | 4,37 | 5,2 | 5,44 | 29,90% |
| | Salários (US\$ bi) | 1,04 | 0,66 | 0,77 | 0,79 | 0,56 | 0,48 | 0,65 | 0,89 | 1,07 | 1,16 | 12,10% |
| | Empregados (mil) | 69 | 69 | 77 | 72 | 71 | 65 | 84 | 81 | 84 | 85 | 23,70% |

Fonte: Elaboração a partir de dados da UNIDO.

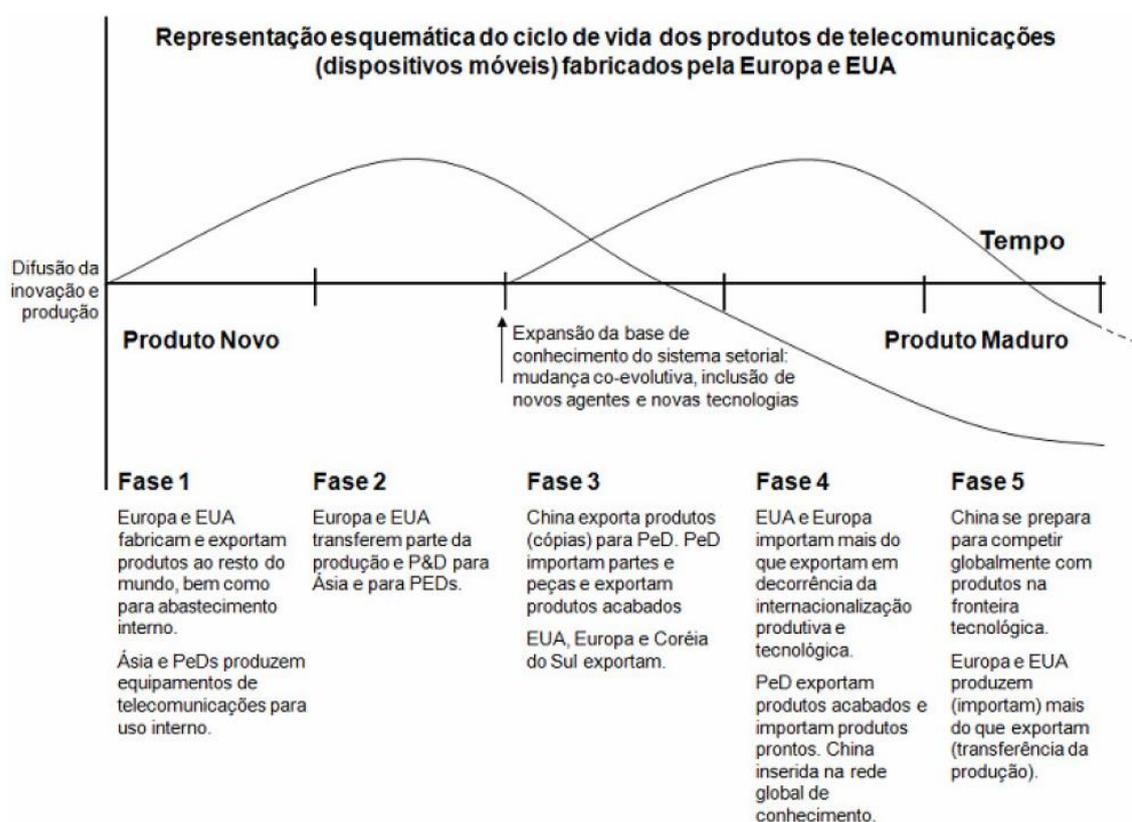
Nota: O setor de telecomunicações está representado com a classificação ISIC Ver. 3, na categoria 32 - Rádio, televisão e equipamentos de comunicações. A variação corresponde ao primeiro e ao último ano disponíveis.

O decréscimo dos EUA no que diz respeito ao valor adicionado pode ser

explicado em parte pela externalização da manufatura de suas empresas, mas também pela perda de dinamismo frente aos países asiáticos. O país decresce de US\$ 129,33 bilhões em 1998 para US\$ 110,11 bilhões. Mesmo assim supera em qualquer período os demais países mostrando a importância do setor no país. O decréscimo de pessoal e suas redes de conhecimento espalhadas pelo mundo explicam a queda da massa de salários do setor no país, de US\$ 34,52 bilhões para US\$ 25,72 bilhões, novamente, sendo o país com o maior indicador entre todos os outros. Da mesma maneira, pode ser tratada a Suécia, com a ressalva de que o valor adicionado do país sofreu oscilações consideráveis, fato que corrobora a perda de dinamismo do setor de telefonia móvel europeu, após a ampliação da base de conhecimento. É necessário ressaltar que são oscilações que permitem colocar a Europa como um sistema de menor dinamismo se comparado aos EUA e à Coreia do Sul, porém não menos relevante. Basta ver a praticamente inalterada massa de salários da Suécia ao passo que o número de empregados diminui, variam 0,40% e -41,20%, uma proporção salário/empregado agregada alta, se comparada aos outros países da amostra. Os outros países são representados pela Coreia do Sul e China e Brasil. A Coreia perseguiu uma estratégia de *catching up* anterior aos outros dois países e este processo é notório em dois aspectos. O primeiro na evolução do valor agregado e o segundo no mais que proporcional aumento da massa de salários, aumentando ao longo do tempo sua relação salário/emprego. Na China é possível observar o mesmo fenômeno (evolução mais que proporcional dos salários vis-à-vis à massa de salários). No entanto, é necessário atentar que a relação salário/emprego é a menor dos países envolvidos que possivelmente estão relacionadas à escala de produção e o conseqüente número maior de empregados e à já conhecida baixa remuneração dada a trabalhadores chineses de qualquer indústria. No entanto, as evidências que mostraremos nas seções a seguir mostram o esforço chinês na perseguição de melhores indicadores de ciência e tecnologia. Quanto ao Brasil, é nítida a queda pós-privatização da Telebrás nos indicadores de salários. Nos dois anos iniciais analisados, os empregados se mantêm, 69 mil empregados, porém a já mais baixa massa de salários entre os países analisados cai abruptamente (de US\$ 1,04 bilhões em 1998 para US\$ 0,66 bilhões em 1999). A relação salário-emprego chega a um menor nível no ano de 2003 quando os salários caem para US\$ 0,48 bilhões e o número de empregados é de 65 mil. Além disso, o crescimento do valor adicionado é menor, se comparada aos países que perseguiram e ainda perseguem seus processos de *catching up* e menor do que a Suécia, país já consolidado no setor, quando o esforço de crescimento deveria ser maior se se pretende acompanhar o dinamismo tecnológico do setor.

Pérez (2001) apresenta a descrição do ciclo de vida do produto e da difusão internacional da tecnologia. Adaptamos o esquema da autora (figura 1) a fim de descrever este processo no caso dos dispositivos móveis do setor de telecomunicações. A primeira curva diz respeito aos telefones tradicionais; a segunda é fruto da expansão da base de conhecimento do sistema setorial, da mudança coevolutiva que buscamos compreender no capítulo 1, que tem como produto principal os *smartphones* e *tablets*. Na figura 1, podemos ver inicialmente os principais atores do sistema de telecomunicações históricos – Europa e EUA – fabricando e exportando produtos ao resto do mundo, com os países asiáticos e os países em desenvolvimento (PED) produzindo equipamentos para uso interno. No segundo momento, os países migram partes da produção e pesquisa e desenvolvimento (P&D) para países asiáticos e em desenvolvimento, com diferença de “mandatos” e diferentes formas de recebimento de investimentos estrangeiros oriundos destas duas regiões.

Figura 2
Ciclo de vida dos produtos de telecomunicações (dispositivos móveis)



Fonte: Adaptado a partir de Perez (2001).

Pérez (2001) salienta que a difusão está associada às mudanças nas características das tecnologias em evolução que são mais intensivas em mão-de-obra mais cara. A

segunda curva procura mostrar o momento em que as tecnologias concernentes ao dispositivo móvel pareciam entrar em estágio de maturação, com os telefones celulares com suas funções básicas incorporando recursos multimídia, sendo atualizadas pela base de conhecimento ampliada. Isto se deu, sobretudo, por conta da convergência tecnológica das TICs, quando novos atores que já possuíam alguma cumulatividade em outros setores como os da eletrônica e de computadores passam a fabricar e exportar os novos produtos (*smartphones* e *tablets*), como é o caso das sul-coreanas LG e Samsung (ver o capítulo 1). A China, que possuía uma trajetória de “produção imitativa” passa a exportar produtos similares para o resto do mundo. Os PEDs, como o Brasil, por não aproveitarem as oportunidades desencadeadas pelo início do paradigma anterior das telecomunicações, não se valeram dos mesmos desdobramentos. Nas fases finais, é possível ver a preponderância da China e certa marginalização dos PEDs na rede global de conhecimento. Em consonância com Pérez (2001), a China parece continuar o processo de *catching up*, na fase em que o paradigma está amadurecendo, tentando ser competitiva tecnologicamente com as empresas dos outros países, sem ter deixado de aproveitar as vantagens concernentes à fase inicial dos dois paradigmas, como se verá adiante.

3.2.2. O papel da ciência e das Universidades

Segundo Mazzoleni e Nelson (2007), os estudos sobre os casos bem sucedidos de *catch up* têm apresentado três características comuns. Em primeiro lugar, todos os casos de sucesso de acumulação de capacidades tecnológicas se utilizaram amplamente dos fluxos transfronteiriços de pessoas. Mais recentemente, o progresso da indústria de eletrônicos coreanos e taiwaneses foi fundamentalmente ajudado por mecanismos semelhantes de transferência de conhecimento e o mesmo é verdade em uma série de outras indústrias para a China e Índia. As empresas privadas tornaram-se um canal cada vez mais importante, mas é de se destacar que, ao longo do último quarto de século, uma parte importante do fluxo transnacional de pessoas no processo de *catching up* envolveu o estudo em Universidades no exterior nas áreas de engenharia e ciência aplicada. Este não foi apenas um mecanismo central para a formação de novos professores para Universidades nacionais emergentes, mas também para as empresas nacionais a fim de obterem acesso ao conhecimento avançado e habilidades nos campos relevantes da ciência e da engenharia. A segunda característica de sucesso das experiências de *catch up* dos séculos XIX e XX foi o apoio ativo do governo no desenvolvimento industrial, envolvendo várias formas de

proteção e de subsídios diretos e indiretos. Por fim, a terceira característica é que os países envolvidos operaram com regimes de direitos de propriedade intelectual que não restringiram a capacidade de suas empresas de utilizar tecnologias desenvolvidas nos países avançados.

Tabela 2
Indicadores da infra-estrutura de CT&I da China e do Brasil

| | Brasil | China |
|---|---------------|--------------|
| População (milhões de habitantes em 2011) | 192,4 | 1.336,70 |
| PIB (2009 - bi US\$ ppp) | 1.958,80 | 9.135,30 |
| Gastos Totais em P&D (bi US\$ ppc) (2009) | 23,5 | 155,3 |
| Gastos Totais em P&D/PIB (GERD) (2009) | 1,2 | 1,7 |
| Gasto Governamental em P&D (bi US\$ ppc) (2009) | 12,1 | 41,1 |
| Gastos das Empresas em P&D (bi US\$ ppc) (2009) | 11,4 | 114,2 |
| Pessoal em atividade em P&D (mil) (2008) | 128 | 1.965 |
| Concluintes de Ensino Superior em 2009 | 826.928 | 5.311.023 |
| Ciências e Engenharia | 119.718 | 2.184.465 |
| PhDs concluídos (2004) | 8.109 | 23.446 |
| PhDs concluídos (2009) | 11.368 | 48.658 |
| Ciências e Engenharia | 3.672 | 26.956 |
| Papers (Thomson/ISI) - 1981 | 1.949 | 1.204 |
| Papers (Thomson/ISI) - 2009 | 32.100 | 118.108 |
| Patentes (USPTO) - 1980 | 53 | 7 |
| Patentes (USPTO) - 2009 | 464 | 6.879 |

Fonte: Elaborado a partir de Pacheco (2011).

Assim, Mazzoleni e Nelson (2007) defendem que o desenvolvimento de uma infra-estrutura de pesquisa pública deve ser um objetivo central de uma política de desenvolvimento, apelando para uma apreciação cuidadosa de seu papel no contexto do sistema nacional de inovação de um país em desenvolvimento. Na tabela 2, podemos observar alguns dados da infra-estrutura tecnológica e científica da China e do Brasil. Como podemos notar, trata-se de uma comparação entre países muito distintos, desde a população até o nível e taxa de crescimento do PIB. No entanto, é possível ressaltar algumas características das proporções das atividades destes países. A China tem um gasto em P&D substancialmente (73,5%) puxado pelas empresas, em parte, por conta destas empresas serem estatais. Outra proporcionalidade importante é o volume de concluintes do ensino superior e os doutoramentos nas áreas de ciências e engenharia: enquanto no Brasil estes números representam 14,5% e 32,3%, respectivamente, na China esses valores são

41,1% e 55,4%, respectivamente – um esforço cujos resultados podem ser vistos nos indicadores de produção científica e de patentes atuais – que no ano inicial de comparação eram menores do que os do Brasil.

O desenvolvimento chinês se deu sobre um regime político que não pode ser replicado em um país democrático. Além disso, os países em desenvolvimento enfrentam hoje limites na sua capacidade de restringir o acesso de empresas estrangeiras para ao mercado doméstico e para proteger ou subsidiar as empresas nacionais, como a China fez. Diante disso, Mazzoleni e Nelson (2007) propõem que sejam feitas políticas mais sutis que se destinam a fomentar o desenvolvimento industrial nacional, que devem se concentrar no apoio ao desenvolvimento de infra-estruturas setoriais, treinamento e sistemas de pesquisa. Na medida em que as empresas em economias avançadas optarem por continuar a fazer valer os seus direitos de propriedade intelectual em países em desenvolvimento, empresas e governos terão de desenvolver estratégias para o acesso a tecnologias em termos razoavelmente diferentes da imitação direta. Enquanto o espaço para políticas de governo tem sido restrito, vários aspectos do processo de globalização criaram novos tipos de oportunidades para as empresas dos países em desenvolvimento, como por exemplo, alianças e parcerias tecnológicas internacionais.

As comunidades científicas e técnicas em diferentes países tem assumido importância cada vez mais relevante uma vez que são mais conectadas agora do que costumavam ser no passado. Esta integração aconteceu ao mesmo tempo em que houve um grande aumento do poder de muitos campos de aplicações orientados à ciência, campos estes dedicados a alcançar a compreensão dos princípios que regem as atividades práticas. Incluem-se aqui campos mais antigos como engenharia química e elétrica, e os campos modernos, como ciência da computação, biotecnologia e imunologia. Nos últimos anos, estes campos da ciência têm-se tornado cada vez mais abertos para aqueles que têm formação e conexões para entrar nas redes de conhecimento relevantes. Uma sólida base científica reduz significativamente a importância da aprendizagem operacional no exterior, ou a tutela de especialistas industriais estrangeiros. O treinamento formal avançado em um campo não é suficiente para o domínio de tecnologias específicas, muitas vezes fornecendo apenas uma base substancial para o “aprender fazendo”. Além disso, ter uma base nacional de bons cientistas fornece o fundamento para inserir-se nas redes internacionais onde as novas tecnologias estão sendo geridas. Uma evidência desta constatação é o fato de que a China e outros países asiáticos aparecem recorrentemente nas novas tecnologias móveis analisadas no capítulo 1, sendo que o campo científico destas tecnologias era ora

engenharia, ora ciência da computação, além da preponderância das Universidades observadas nestas redes de conhecimento científico.

O papel das Universidades é tratado também em Fagerberg e Godinho (2005), ao analisarem estratégias recentes de *catching up*. Dados de 1999 colhidos pelos autores mostram que, enquanto nos EUA um em cada seis estudantes de pós-graduação estava matriculados em ciências naturais ou engenharias, na Coréia do Sul este número equivalia a um terço e em Cingapura dois terços. Estes países não têm só dado grande ênfase no ensino superior em geral, mas nas áreas do conhecimento de particular relevância para o *catching up* tecnológico. Segundo os autores, para o crescimento de longo prazo importa não somente a expansão, mas a forma de gerir a educação, uma vez que a expansão do ensino é insuficiente se não há expansão das oportunidades de emprego para a mão-de-obra qualificada. O que caracterizou o crescimento dos países asiáticos que empreenderam esta política de expansão dos ensinos superior e técnico foi a concomitante expansão das oportunidades de emprego para engenheiros e cientistas. Assim, as políticas industrial, tecnológica e de educação foram complementares e não substitutas. Além disso, a capacidade de gerir essas políticas de modo contínuo e coordenado explica boa parte do sucesso econômico destes países. Para os autores, a tentativa de uma política de crescimento, com base em indústrias estratégicas, sem expandir a oferta de educação ou sem fornecer incentivos suficientes para a modernização tecnológica está fadada ao fracasso, como ficou provado na experiência de alguns países da América Latina.

Di Maio (2009) coloca a educação e as políticas de formação de habilidades como complemento natural às políticas de inovação empreendidas pelos países em desenvolvimento que buscam o seu *catch up*. Estes países precisam acessar e adquirir tecnologias desenvolvidas nos países avançados e uma condição necessária é um sistema de educação que ofereça às empresas mão-de-obra com as competências necessárias. Os autores relatam diferenças entre os países asiáticos e os da América Latina. Na educação básica, o Brasil reduziu substancialmente o analfabetismo – passou de 51% de população analfabeta em 1950 para 19% em 1990. Este mesmo esforço na Coréia do Sul foi de 78% para 4% e, na Tailândia, de 48% para 7% em 1985, o que um maior esforço por parte dos asiáticos. Do ponto de vista do ensino superior, corroborando os dados anteriores, o Brasil possuía 5% da população frequentando Universidades e faculdades em 1970; em 1990 esse número passou para 11%. Já na Coréia do Sul este número era de 7% e passou a 39%; em Cingapura era de 6% e passou a 19%, na Tailândia era de 3% e passou a 19%.

Tabela 3
Indicadores relativos ao conhecimento em “comunicação móvel” mundiais

| Distribuição dos artigos da entre os países ao longo do tempo | | | |
|--|--------------------|---------------------|---------------------|
| 1993-97 | 1998-2002 | 2003-07 | 2008-12 |
| EUA (50) | EUA (74) | EUA (197) | China (595) |
| Reino Unido (20) | Japão (41) | Alemanha (119) | EUA (530) |
| Japão (18) | Reino Unido (25) | China (109) | Alemanha (185) |
| Alemanha (15) | Alemanha (23) | Japão (78) | Coréia do Sul (153) |
| Itália (9) | Taiwan (22) | Reino Unido (62) | Japão (149) |
| Canadá (7) | Coréia do Sul (13) | Taiwan (56) | Taiwan (140) |
| Holanda (4) | Itália (10) | Finlândia (53) | Índia (136) |
| Coréia do Sul (4) | Suécia (9) | Espanha (52) | Reino Unido (117) |
| Taiwan (4) | Espanha (8) | Itália (50) | França (100) |
| China (3) | Canadá (8) | Coréia do Sul (48) | Canadá (98) |
| ... | ... | ... | ... |
| Brasil (1) | China (6) | Brasil (12) | Brasil (25) |
| | Brasil (1) | | |
| Total = 178 | Total = 324 | Total = 1147 | Total = 2757 |

| Distribuição dos artigos totais da China e do Brasil entre Universidades, Institutos e Empresas | |
|--|---|
| Beijing University of Posts and Telecommunications (69) | Unicamp (7) |
| Tsinghua University (40) | Usp (4) |
| Southeast University (22) | Nokia (4) |
| Xidian University (22) | UFSC (3) |
| Shanghai Jiaotong University (20) | Centro Universitário Positivo-Unicen PR (2) |
| Beijing Jiatotong University (19) | UFPA (2) |
| Huazhog University of Science and Technology (19) | UFPB (2) |
| Beijing University of Aeronautics and Astroutics (18) | UFBA (2) |
| Harbin Institute of Technology (17) | UFCE (2) |
| University of Electronic Science and Technology of China (17) | Lancaster University (UK) (2) |
| ... | ... |
| Nokia (14) | Alcatel-Lucent Bell Labs (1) |
| Microsoft Research (8) | CPqD (1) |
| Huawei (3) | Nokia Siemens (1) |
| IBM (2) | |
| Cisco (2) | |
| Siemens (2) | |
| Total = 713 | Total = 39 |

| Colaboração (co-autores) da China e do Brasil | |
|--|----------------------------------|
| EUA (43) | EUA (3) |
| Hong Kong (17) | Portugal (2) |
| Canadá (16) | Reino Unido (2) |
| Reino Unido (9) | Finlândia (1) |
| Japão (7) | Alemanha (1) |
| Cingapura (7) | Holanda (1) |
| Coréia do Sul (7) | Polônia (1) |
| Finlândia (6) | |
| Tailândia (5) | |
| Austria (4) | |
| Total = 121 (16% do total) | Total = 11 (28% do total) |

Fonte: Elaboração própria a partir da base Scopus (acesso em Janeiro/2012).

Nota: Utilizou-se a expressão “mobile communication” como palavra-chave e buscou-se documentos apenas em “physical sciences” em benefício do rigor da análise.

Os países asiáticos que alcançaram uma situação de *catch up* se caracterizaram por um elevado número de engenheiros e uma predisposição aos cursos técnicos. A importância na formação de um conjunto de habilidades tecnológicas e científicas através

do seu corpo técnico é essencial. E não somente isso, a integração com redes de conhecimento relevantes também é necessária, uma vez que os *latecomers* necessitam de aquisição de tecnologia da fronteira para se desenvolver e este processo está longe de ser trivial. Podemos observar a importância do papel das Universidades na produção científica do sistema setorial de comunicações móveis chinês na tabela 3 – e, em alguma medida, a relevância da participação do Brasil nesta rede de conhecimento, embora apenas uma Universidade chinesa tenha um número igual a todas as publicações brasileiras encontradas. Em primeiro lugar, é notório o crescimento da produção científica chinesa, ela sai de apenas três publicações no primeiro período (1993-1997) para ser o país que mais publica na área no último período (2008-2012) analisado. Nesse último período, aliás, ela fica à frente dos EUA que, conforme vimos anteriormente, é o país líder do setor em termos de valor adicionado e massa de salários. Este esforço não é em vão, uma vez que, como se verá adiante, a China tem uma clara estratégia de se tornar uma referência global não só produtiva como tecnológica e o setor de telecomunicações se pretende uma vitrine para o país.

É importante observar também outros países asiáticos como Coreia do Sul e Taiwan figurando entre as dez primeiras classificações encontradas em todos os períodos, mostrando a relevância da participação destes países na rede de conhecimento mundial. Enquanto a China sai de 1,7% da produção mundial sobre o assunto no primeiro período para possuir 21,6% no último período analisado, o Brasil sai de 0,56% para possuir 0,90%, respectivamente. Se tomarmos a expansão da publicação em “comunicação móvel” como uma *proxy* da base de conhecimento chinesa, ela cresce de 174 para 2757 publicações entre o primeiro e último período analisado. Daí vemos o esforço chinês em não somente acompanhar essa trajetória, como também sua tentativa de se tornar agente importante na rede de conhecimento do setor.

Os atores chineses parecem estar vinculados a um sistema setorial de inovação em telecomunicações. A Beijing University of Posts and Telecommunications é uma Universidade vinculada ao Ministério dos Correios e Telecomunicações (MPT) chinês que foi criada inicialmente como um instituto, tendo o título de Universidade somente em 1993. A Universidade se destaca pelo ensino e pesquisa na área de comunicações, computação e eletrônica e é uma das Universidades mais relevantes da China. A Southeast está localizada em Nanjing, província chinesa onde, como se verá adiante, há a Universidade Nanjing e grandes centros de P&D envolvidos em telecomunicações. A Xidian University é uma escola reconhecida pelos seus programas de engenharia de

telecomunicações, engenharia eletrônica e computação. A Huazhong administra um dos cinco laboratórios nacionais de pesquisa em optoeletrônica. A University of Electronic Science and Technology of China, conhecida como o berço da indústria eletrônica nacional, foi construída sobre o modelo do Massachusetts Institute of Technology (MIT) e é a única Universidade que contempla o ensino das seis disciplinas chaves chinesas que são Medicina, Ciência, Química, Engenharia, Comércio e Direito.

Todas as Universidades estão inseridas em algum projeto do governo, dos quais destacamos dois. O projeto 211, iniciado em 1995 pelo ministério da educação chinês, que tencionava elevar os padrões de pesquisa da Universidade, distribuindo recursos financeiros para isso, e o projeto 985 que foi anunciado em 1998 que tencionava a construção de novos centros de pesquisa, melhora das instalações, realização de conferências internacionais, atrair renomados professores estrangeiros e especialistas a fim de aumentar a participação das faculdades chinesas no exterior. Inicialmente, este projeto foi direcionado a nove Universidades que constituíram a liga C9 em 2009, que é equivalente ao Ivy League nos EUA. Dentre estas nove Universidades, estão a Tsinghua University e a Harbin Institute of Technology que somam juntas 12% dos artigos totais publicados em “comunicação móvel”.

O Brasil possui uma dinâmica bem diferente da chinesa, como mostrado pela distribuição dos artigos entre as Universidades. A Unicamp é, não por acaso, o agente mais relevante do setor de telecomunicações brasileiro, a partir dos dados apresentados. A região de Campinas possui centros tecnológicos do setor de telecomunicações como o CPqD (telecomunicações) e o Cenpra (Centro de Pesquisa Renato Archer; software), empresas nacionais de telecomunicações e filiais de multinacionais. No entanto, este arranjo produtivo é caracterizado pela desarticulação das interações locais (Diegues e Roselino, 2006). Sendo assim, as publicações referentes à Unicamp podem se revelar vazias se não houver mecanismos de absorção do aprendizado decorrente da pesquisa no setor. A Universidade teve uma diminuição relevante do número de interações com empresas locais e com o CPqD após a privatização do Sistema Telebrás (Diegues e Roselino, 2006). A aparição de empresas do Norte e do Nordeste podem significar uma tentativa de descentralização regional do conhecimento, do eixo Sul-Sudeste, no entanto não parece algo feito de maneira autônoma, se considerarmos a exigência da Lei nº 10.176 de 2002 que obrigava as empresas a investir um montante das suas atividades de pesquisa e desenvolvimento nestas regiões, como se verá adiante.

Por fim, podemos ver também a participação de empresas publicando na China,

assim como sua empresa de dispositivos móveis, a Huawei. No Brasil, aparecem publicações concernentes às empresas também, mesmo que em menor medida, no entanto, nenhuma empresa nacional. Surpreendente é o fato de o CPqD, agente histórico do setor no Brasil, ter relevância tão pequena comparada à das Universidades. Além disso, a rede de co-autores chinesa parece mais qualificada. Em Hong Kong, os co-autores identificados são empresas como a Microsoft, Google, Nokia e Samsung, agentes atualmente relevantes no setor, além da diversidade e relevância de campos científicos encontrados nesses países. Difícil entender a relevância de um país como a Polônia ou mesmo a Holanda aparecendo como co-autoras no caso brasileiro. E, embora à primeira vista possa causar estranheza a participação da Áustria na rede de conhecimento chinesa, o país apareceu como um ator relevante da produção em uma nova tecnologia no setor, o “Near Field Communication” (ver capítulo 1). No próximo item, analisaremos em detalhes o desenvolvimento do sistema setorial de telecomunicações na China.

3.3. O desenvolvimento do sistema setorial de telecomunicações na China

O crescimento rápido da indústria e a expansão dos serviços de telecomunicações chinês nas últimas décadas tem sido objeto de diversos trabalhos que buscam explicá-los a partir da perspectiva do desenvolvimento econômico (Mu e Lee, 2005; Fan, 2006, 2010; Yan, 2011; Hong e Zheng, 2012). Em 1980, o número de aparelhos de telefone na China e no mundo era de, respectivamente, 4,18 milhões e 450 milhões. Em agosto de 1997, a capacidade de comutação da China totalizou mais de 110 milhões de linhas e sua rede telefônica se tornou a segunda maior do mundo. No final de 2001, o número de assinantes de telefonia fixa na China era de 180,39 milhões, o segundo maior do mundo, chegando a 250 milhões de assinantes no final de 2003 (Fan, 2006). Em 2006, 27,5% da população da China possuía acesso a conexões de telefonia fixa, em comparação com 0,2% em 1980; e 32,6% da população tinha telefone móvel, enquanto esta taxa resumia-se a 0,3% em 1995. Em 2008, a China, finalmente superou os EUA no uso de telefonia móvel e internet, com 574 e 220 milhões de usuários, respectivamente (Fan, 2010).

O sucesso dessa expansão tem no seu cerne, por um lado, uma intensa concorrência entre empresas multinacionais e nacionais e, por outro, um forte papel do Estado com um objetivo claro de fomentar uma eficiente infra-estrutura científica e tecnológica. Esta tem sido uma combinação típica na economia chinesa, que tem lhe possibilitado figurar entre

uma das maiores do mundo. No caso específico das telecomunicações, destacamos quatro aspectos do seu desenvolvimento, a saber: (i) o papel dos investimentos estrangeiros, *joint ventures* e os mecanismos de transferência tecnológica; (ii) o papel das empresas nacionais e o fomento às capacidades através de uma infra-estrutura científica qualificada; (iii) as oportunidades; e (iv) a criação de um padrão de telefonia nacional. É nítida, na trajetória chinesa, a progressividade da fabricação de equipamentos, dando “saltos” em termos tecnológicos, produzindo inicialmente equipamentos de rede e chegando, nos dias atuais, aos *smartphones* e *tablets*, principais produtos do novo sistema setorial de telecomunicações, isto nos dá uma direção para descrever o desenvolvimento do setor chinês e sua forte associação com a política industrial e tecnológica do país.

A demanda por modernização da infra-estrutura de telecomunicações chinesa exigiu a fabricação de equipamentos de redes específicos e em alta escala, principalmente os que dizem respeito à tecnologia de central telefônica (comutadores ou interruptores (*switch*)). A evolução tecnológica desse equipamento pode ser dividida em três etapas (Mu e Lee, 2005): os manuais (décadas de 1880 a 1920), que inclui centrais telefônicas magnéticas e trocas de baterias comuns; o eletromecânico (décadas de 1920 a 1960), que possuía dois tipos, o *step-by-step* e, logo após, o *crossbar* e; os eletrônicos, divididos em duas fases: os analógicos automáticos e, atualmente, os computadorizados, de controle de programa armazenado (SPC, *Stored Program Control*) (de 1965 até os dias atuais).

A primeira fábrica de comutadores chinesa foi criada em 1957 com a ajuda de peritos da antiga União Soviética, desenvolvendo produtos *step-by-step*. A baixa velocidade, o grande barulho, a falta de adaptação e a necessidade de manutenção frequente fizeram com que o Ministério dos Correios e Telecomunicações (MPT) decidissem parar sua produção em 1974 (Mu e Lee, 2005). Apesar dessa dificuldade, o governo chinês nunca prescindiu do desenvolvimento de comutadores domésticos. Em 1966, o Tenth Research Institute do MPT desenvolveu o primeiro comutador *crossbar* que se tornou amplamente utilizado em todo o país. Em 1975, uma versão ligeiramente melhorada deste produto foi desenvolvida pela Academia de Ciências de Telecomunicações e Tecnologia (Mu e Lee, 2005). No entanto, a China não tinha capacidade tecnológica suficiente para desenvolver um comutador avançado, como em outras partes do mundo, que já instalavam amplamente o comutador digital. Algo que só veio a acontecer na década de 1980.

A China havia ficado de vinte a trinta anos atrás dos países desenvolvidos com os comutadores *step-by-step* que representavam 29% e o *crossbar* 33,7% da rede de telefonia

da China, enquanto os analógicos, que representavam 6,7%, eram oriundos de importação (Mu e Lee, 2005). Também, o sétimo plano quinquenal chinês (1986-1990) preconizava a modernização da infra-estrutura de telecomunicações chinesa, transferindo a responsabilidade dos investimentos para agências locais, descentralizando o investimento, predominando o financiamento não-estatal, incluindo investimentos estrangeiros e locais. Até o final de 1989, os empréstimos de governos e bancos estrangeiros, haviam financiado, respectivamente, 63% e 55% da construção de base e da melhora do sistema de telecomunicações. Este padrão de financiamento estrangeiro para a expansão das redes predominou entre 1986 e 1993 (Fan, 2010). No entanto, isto limitava o desenvolvimento nacional, reduzindo a produção, aumentando a importação de um produto que era então um fulcro de inovação precioso para a indústria de telecomunicações.

O primeiro comutador digital automático (SPC) instalado na China foi fabricado pela Fujitsu (Japão), importado e instalado na província de Fujian em 1981. Após a primeira instalação, todas as grandes multinacionais fabricantes de SPC começaram a vender seus comutadores na China (Mu e Lee, 2005). Os produtores nacionais não poderiam produzir os SPCs por falta de tecnologia e de capital, deixando espaço para que as multinacionais estrangeiras inundassem a China de comutadores, cobrando altos preços – entre \$200 e \$400 por linha (Fan, 2010). Percebendo a atratividade de seu mercado e o poder de barganha resultante, e no intuito de suprir suas deficiências neste setor, o governo chinês implementou uma política rotulada como “mercado de negociação para a tecnologia”, exigindo que as multinacionais instaladas no país prestassem assistência tecnológica aos produtores chineses (Fan, 2010; Mu e Lee, 2005). Esta estratégia de política estava refletida implicitamente na Lei de *Joint-Ventures* Sino-Estrangeiras adotada em julho de 1979, cujo artigo 5º afirma que a tecnologia e o equipamento oriundos de uma *joint venture* estrangeira devem ser tão avançados quanto a China necessite (Mu e Lee, 2005).

Em 1984, uma grande *joint venture* foi formada a partir de um investimento estrangeiro da então belga Bell Telephone Manufacturing Company (BTM) e a empresa local Xangai Bell Equipment Manufacturing Corporation (Xangai Bell). Em 1987, a BTM seria assumida pela francesa Alcatel, rebatizando a *joint venture* para Bell Alcatel Manufacturing Company Telephone. Outra *joint venture* foi formada entre a Siemens (Alemanha) e uma fábrica de propriedade do Ministério da Indústria Eletrônica (MEI) em Pequim, em 1988. Ela deu origem a uma empresa chamada Beijing International Switching System Corporation (BISC) para produzir o *switch* EWSD (Eletronic Worldwide Switch

Digital) desde 1991. Estas duas *joint ventures* criaram um temor para as outras empresas multinacionais que desencadeou um processo de procura por parcerias com empresas chinesas a partir de 1993. Segundo Fan (2010), até 1996 haviam sido formadas nove *joint ventures* como essa. A participação do investimento direto estrangeiro transformou o mercado chinês de “dominado por importação” em “dominado por *joint ventures*” no início da década de 1990 e essa instalação de fábricas por toda a China, possibilitou a difusão de um *know-how* tecnológico por todo país (Mu e Lee, 2005).

Esse ambiente de troca e transferência de conhecimento fomentou a P&D, produção, subcontratação, marketing, pós-venda e formação de recursos humanos locais. Pesquisadores nacionais e engenheiros se uniram a empresários que aproveitaram a oportunidade para desenvolver produtos nacionais competitivos (Mu e Lee, 2005). Dois SPCs domésticos foram desenvolvidos através dos projetos HJD-04 e SP-30 em institutos públicos de pesquisa no âmbito do Ministério dos Correios e Telecomunicações e do Exército Popular de Libertação (Fan, 2010). Uma característica marcante das políticas tecnológicas chinesas foi esse aspecto “dual” (importação/transferência de tecnologia estrangeira e desenvolvimento de tecnologia nacional ao mesmo tempo) ilustrado por dois casos contratantes: através do "System-12" no qual a tecnologia estrangeira foi transferida para a China como um sistema completo através da Xangai Bell e do "HJD-04", um sistema desenvolvido localmente que utilizou componentes estrangeiros e ferramentas de design desenvolvidas pela GDT, uma empresa nacional (Fan, 2010).

O início do programa de transferência tecnológica System-12 envolveu os governos belga e chinês e foi a maior operação de alta tecnologia da história da China. O lado chinês montou uma equipe de negociação cujo principal representante era o vice-ministro do MPT (também um especialista sênior em tecnologia de telecomunicações). Além disso, vários especialistas de alto nível em tecnologia e comércio exterior de vários institutos participaram. A negociação durou 33 meses, de novembro de 1980 a julho de 1983 e um ponto analisado era se, do ponto de vista tecnológico, o System-12 se adaptava às condições das redes de telecomunicações da China, o que exigiu uma avaliação minuciosa de suas características por parte da equipe técnica chinesa. Quanto à questão da transferência tecnológica, que se revelava a mais importante, estava em negociação a transferência da tecnologia de engenharia e produção para o chip customizado LSI, pois se tratava de uma avançada tecnologia dentro da categoria de restrições do Comitê Coordenador de Controle de Exportações Multilaterais (COCOM). Sobre esta questão, os países levaram um ano para chegar a um acordo que culminou na *joint venture* Xangai

Bell, projetada para produzir 300 mil linhas do comutador System-12 por ano. As cotas de participação ficaram divididas em 32 por cento para a BTM, 8% para o governo belga e o MPT, por intermédio da Companhia Industrial dos Correios e Telecomunicações (PTIC), realizou os 60% restantes dos investimento inicial de US\$ 27 milhões.

A PTIC, aliás, foi a principal responsável pelo fornecimento de terrenos, edifícios e instalações necessárias para a planta e para a venda no mercado interno dos produtos produzidos. A BTM forneceu a tecnologia, juntamente com vários serviços, e o governo belga fez o aporte de capital. A PTIC era subordinada ao MPT, responsável pela regulação e operação de redes na China, assim era ao mesmo tempo fornecedor e comprador de equipamentos de telecomunicações. A transferência teve várias particularidades, uma delas é que os chineses não quiseram todas as tecnologias concernentes ao chip, apenas as consideradas necessárias. Por exemplo, não queriam que a fase de montagem da produção fosse totalmente automatizada, mas sim que a BTM usasse suas próprias fábricas a fim de economizar os custos de capital e realizar o trabalho manualmente. Algumas máquinas concernentes à produção também poderiam ser fabricados na China, como a de “posição de operador automático” (*automatic operator-position*) que foi desenvolvida pela parceria da Xangai Bell com uma Universidade local. Este sistema de transferência tecnológica levou à difusão do conhecimento tecnológico sobre as centrais de comutadores automáticos digitais através de uma rede de produtores de equipamentos de telecomunicações, que funcionou como uma alavanca para o desenvolvimento posterior do HJD-04 por um consórcio nacional de P&D.

Antes de a Xangai Bell existir, nenhum produtor possuía conhecimento sobre a fabricação de comutadores digitais automáticos, tampouco sobre como desenvolvê-los ou até mesmo projetá-los. O estabelecimento dessa *joint venture* legou uma formação de recursos treinados e um processo de interação entre Universidades e institutos de pesquisa. Como sua capacidade de produção se expandiu rapidamente, foram contratados engenheiros do MPT para realizar trabalhos de instalação em áreas vizinhas, com as quais estavam familiarizados; a *joint venture* também treinou engenheiros para realizar testes de softwares. Criou, além disso, uma associação de clientes com membro em todo o país que davam feedbacks sobre os seus produtos, além da criação de uma coluna em um jornal de telecomunicações onde introduzia aspectos sobre o sistema para os usuários e discutia experiências em resolução de problemas; ademais, publicava regularmente em periódicos especializados que fomentavam o conhecimento sobre comutação avançada. Essa formação de engenheiros pela Xangai Bell permitiu à China capturar externalidades e

vantagens de treinamento. Depois de um curso de formação de seis meses, estes engenheiros continuariam suas atividades na empresa entre 1,5 e 2 anos. Por conta disto, o gerente geral chinês disse que a Xangai Bell tinha sido uma “grande escola”, promovendo um grande número de engenheiros qualificados para o país. Prova disso, é que todos os anos, cerca de 3 a 4% dos engenheiros deixavam a empresa para trabalhar em outras, e novos se juntavam a ela (Mu e Lee, 2005).

Os comutadores digitais nacionais HJD-04 foram desenvolvidos a partir de um consórcio de P&D entre três organizações chinesas. São elas o Centro de Tecnologia de Informação (TIC) vinculado ao Instituto Zhenzhou de Engenharia de Informação, do Exército Popular de Libertação, que até o início dos anos 1980 trabalhou com tecnologias relacionadas com a defesa nacional; a Companhia Industrial dos Correios e Telecomunicações (PTIC), que coordenava as atividades das empresas sob controle do MPT; e a Fábrica de Equipamentos Telefônicos Luoyang (LTEF), que era inicialmente uma produtora de comutadores *crossbar*, uma das 28 empresas fabricantes nacionais controladas pelo MPT. Os designers do HJD-04 absorveram o conhecimento do projeto “System-12” da Xangai Bell e a fabricante LTEF procurou ajuda técnica da mesma, uma vez que a PTIC era acionista majoritária da *joint venture*. O processo de difusão de aprendizado envolveu quatro pontos cruciais. Primeiro, as informações foram adquiridas em documentos públicos e através de outros engenheiros participantes do projeto “System-12”. Em seguida, muitos locais foram envolvidos na busca de adaptação deste projeto para o ambiente chinês, implicando na colaboração de institutos, Universidades e fábricas de todo o país. Em terceiro lugar, a LTEF procurou ajuda da Xangai Bell para explorar soluções adequadas para sua produção e métodos de gestão, em uma clara intenção de modernização, uma vez que era uma empresa tipicamente estatal, em termos de estrutura institucional, incentivos e mecanismos de funcionamento. Por fim, como a Xangai Bell possuía suas instalações na China, atendendo padrões globais de qualidade e tecnologia, os fabricantes do HJD-04 foram capazes de comprar os componentes diretamente e por um preço baixo. O próximo passo foi produzir este componente em grande escala e isso envolveu iniciativas conjuntas do MPT e do Ministério da Indústria Eletrônica (MET) que estabeleceram uma empresa de fabricação chamada GDT (Mu e Lee, 2005). As empresas domésticas tiveram um papel fundamental no processo de *catching up* chinês, como se verá a seguir.

3.3.1. As empresas nacionais

A formação de empresas nacionais fez parte desse esforço de captação de conhecimento e fabricação de *switches* por parte do governo chinês. As quatro empresas nacionais, GDT (“Grande Dragão”, Julong), Datang, ZTE (Zhong Xing) e Huawei (também chamada de Ju Da Zhong Hua que significa “Grande China”), possuíam 10,6% de participação no mercado de comutadores nacionais em 1992 e passaram a 43% em 2000, com produtos exportados para muitos países em desenvolvimento da Ásia Oriental, Ásia Central, Europa Oriental e América Latina. Elas foram responsáveis pelo “salto” de desenvolvimento chinês, passando da produção de comutadores eletromecânicos para o desenvolvimento dos automáticos digitais. Nas capitais provinciais, foram substituídos aparelhos *cross-bar* pelos digitais e nas áreas rurais, os manuais foram diretamente substituídos por comutadores digitais (pulando o *step-by-step*, *crossbar* e analógicos), ignorando todas as outras fases (Mu e Lee, 2005).

Fan (2010) divide em quatro etapas sequenciais o processo de desenvolvimento das empresas domésticas de telecomunicações chinesas:

i) *fase inicial* (início de 1980 ao início de 1990), na qual as fabricantes chinesas não poderiam atender a demanda de mercado de *switches* por conta das exportações das empresas estrangeiras. No entanto, novos tipos de empresas de tecnologia foram estabelecidos e entraram no mercado através da venda de pequenos comutadores. Nesta fase, empresas nacionais e o governo (numa clara intenção de intervenção) procuravam encontrar oportunidades para iniciar seu pareamento com as empresas estrangeiras;

ii) *fase de crescimento* (anos 1990), caracterizada pelo elevado lucro percebido tanto pelas empresas multinacionais quanto pelos produtores nacionais, que tiveram um crescimento expressivo chegando à conquistar mais da metade do mercado de comutadores. Aqui, a questão passou a ser a de como superar os desafios deste mercado e quais vantagens utilizar para crescer;

Junto com a reforma econômica, a China experimentou uma transformação significativa do seu sistema nacional de inovação (SNI) caracterizado por: realização de P&D industrial, comercialização de produtos e instalação de institutos de pesquisa. Embora as empresas só executassem a produção e não realizassem atividades de P&D na etapa pré-reforma, vieram a tornar-se as principais contribuintes para a P&D da China na década de 1990. Com suas novas tecnologias, ZTE e Huawei foram precursoras, dedicando a maior parte de sua receita para a P&D de SPCs, além de colaborarem com as

Universidades e institutos de pesquisa nos seus primeiros anos para a superação de suas desvantagens tecnológicas. O estabelecimento da GDT e da Datang demonstrou o esforço do governo para incentivar institutos de pesquisa para realizar P&D industrial e comercialização. A causa principal do crescimento da receita da ZTE, em especial, foi resultado do desenvolvimento do SPC em larga escala pelo Centro de P&D de Nanjing. Além de ser o primeiro centro de P&D estabelecido fora de Shenzhen em 1993, o centro tinha uma estreita colaboração com a Universidade de Nanjing, outra Universidade líder em tecnologia de telecomunicações. Reconhecendo sua capacidade tecnológica, em 1996 o Programa Torch selecionou a ZTE como uma das 300 principais empresas estatais e o Ministério da Ciência e Tecnologia a escolheu como uma das principais empresas de alta tecnologia do país. Quando a ZTE percebeu a saturação do mercado em que estava, começou a diversificar-se para outros subsetores e produtos – tais como conferência de acesso, vídeo, transmissão e fornecimento de energia – a fim de se preparar para a entrada em mercados internacionais. Para isso, estabeleceu o Centro de P&D de Shanghai, para se concentrar em atividades de P&D em comunicações móveis e sistemas de acesso.

iii) *etapa de filtração* (metade final de 1990 ao início dos anos 2000), quando o mercado de comutadores começou a declinar, outro mercado emergiu, qual seja, o de equipamentos de acesso e transporte óptico. Com isso, empresas multinacionais estrangeiras rapidamente transferiram seu foco de produção para outros subsetores. Colocava-se o desafio para a geração de novas tecnologias nestes subsetores emergentes, onde algumas empresas nacionais, outrora fabricantes de comutadores, começaram a prosperar por conta de diversificação e desenvolvimento da capacidade tecnológica adquirida. É interessante o papel do governo nesta fase, que retira os apoios e orienta seu papel para a promoção de capacidades de inovação através de programas para um sistema nacional de ciência e tecnologia. Essa política foi fruto do entendimento de que a geração de novas tecnologias é um processo compartilhado, envolvendo empresas privadas, governo e Universidades. Quer dizer, o governo deveria envolver-se na educação, formação de corpo técnico e de investigação, bem como estabelecer instituições e políticas destinadas a incentivar as empresas e acumular tecnologias (Bell e Pavit, 1993; Lundvall, 1992; Freeman, 1987; Nelson, 1993).

Com o estouro da bolha pontocom em 2001, a concorrência no mercado de telecomunicações chinês se intensificou afetando as empresas pouco competitivas. Enquanto as multinacionais mudaram o foco de produção para outros produtos, como os de acesso e equipamentos de transporte óptico, muitas empresas nacionais sobreviveram com

pequenas margens de lucro e algumas foram forçadas a sair do mercado por insistirem na sua linha de produtos de comutadores. As empresas GDT e Datang não puderam lidar com os desafios e começaram a perder suas posições de liderança. As empresas nacionais sobreviventes foram particularmente desafiadas por dificuldades da falta de gestão de recursos financeiros. Elas procuraram nas multinacionais a assistência necessária para superar suas ineficiências de gestão. A Huawei se beneficiou da assistência da IBM para reformar seu sistema de gestão e implementar o desenvolvimento integrado de produto e uma cadeia de suprimentos integrada, enquanto a ZTE aprendeu sobre a gestão de P&D da Lucent. Além disso, a ZTE também obteve financiamento através do mercado de ações e tornou-se a primeira empresa de equipamentos de telecomunicações doméstica a ser listada no mercado de ações da China em 1997, sendo avaliada como a empresa com o maior potencial em 1998. As reformas da gestão e o investimento em novas tecnologias levaram ao crescimento exponencial de Huawei e ZTE, que desfrutaram de 200% de taxa de crescimento anual, apesar da crise global da indústria. Quando o mercado de grande escala de SPC ficou saturado, a ZTE já havia se diversificado para equipamentos de acesso e transporte óptico. Além de seus centros de P&D em Nanjing e Xangai, a ZTE estabeleceu mais seis instalações de P&D na China, EUA e Coréia do Sul e instalou laboratórios de P&D em conjunto com a Texas Instrument e a Motorola para aumentar sua capacidade tecnológica em equipamentos de acesso, transporte óptico, comunicação de dados e de comunicações móveis.

Por fim, iv) o *estágio de globalização* (início de 2000 até os dias atuais), nesta fase, o mercado de equipamentos comutadores entrou em estágio de saturação e o de equipamento de acesso e transporte óptico passou a perceber lucros normais. Ascendiam então os mercados de comunicação de dados e equipamentos móveis. A fim de se integrar aos mercados globais, as empresas nacionais globalizaram sua comercialização, produção e funções de P&D e se tornaram multinacionais, no objetivo de finalizar sua convergência tecnológica com multinacionais estrangeiras. Como estas empresas se transformaram em seguidoras dos *first-movers*, elas se confrontaram com novos desafios como a entrada em novos mercados e a identificação de tendências tecnológicas.

As principais empresas nacionais, Huawei e ZTE, globalizaram suas atividades de comercialização, produção e os laboratórios de P&D em um ritmo mais rápido. Gerando cerca de metade de sua receita nos mercados externos desde 2005, a Huawei fornece para 35 dos 50 maiores provedores de serviços globais de telecomunicações, enquanto a ZTE fornece produtos e serviços para 135 países.

A ZTE considerou os telefones celulares, a globalização e a tecnologia 3G como três pilares estratégicos. A ZTE começou a fabricação do telefone celular para complementar o seu negócio principal e tornou-se um dos principais produtores por causa de sua capacidade de inovação. A empresa explorou estratégias, como o fornecimento direto às operadoras de telefonia móvel, a expansão para o mercado internacional, e as escolhas de tecnologia avançadas (3G, múltiplos padrões e plataformas múltiplas), todos baseados em sua própria tecnologia de telefone móvel. Um exemplo disso são suas 871 patentes relacionadas à área de telefonia móvel até junho de 2007. Em 2007, a ZTE possuía 58% da sua receita advinda do exterior, numa clara estratégia agressiva de expansão ao mercado internacional. Isto se dava através das relações com as maiores prestadoras de serviços de telecomunicações do mundo, como Vodafone, British Telecom Group, Telefónica (Espanha) e Telstra (Austrália). A ZTE foi um dos principais players globais no que concerne aos equipamentos de DSL e CDMA. Sua globalização teve início primeiramente nos mercados da Ásia e da África. Após seu primeiro contrato internacional de US\$ 1,5 milhões em Bangladesh, em 1997, a ZTE obteve um grande contrato de US\$ 95 milhões do Paquistão em 1998 e enviou seu pessoal para a África para explorar aquele mercado extremamente subdesenvolvido em 1999. Em 2000, definiu Rússia e Índia como focos estratégicos e passou a ser um dos principais fornecedores para esse último país mais tarde. Para os mercados europeus, construiu um sistema de banda larga ADSL para os 16 locais e centros de notícias dos Jogos Olímpicos de Atenas e instalou cinco sistemas de comutação em Docklands (Londres) para oferecer comunicações baseadas em IP entre o Reino Unido e o restante da Europa.

O conhecimento acumulado nas tecnologias 3G por parte da ZTE lhe permitiu chegar a mais de 20 países com seus telefones móveis, apresentando os telefones 3G mais avançados no mercado europeu em 2007. Além disso, sua experiência nos três padrões 3G permitiu que ela desenvolvesse múltiplos modos de acesso por meio do telefone, como o WCDMA/GSM (desenvolvido em 2004), o TDSCDMA/GSM U350 (o primeiro no mundo, desenvolvido em 2006) e o CDMA/GSM H550, proporcionando flexibilidade aos assinantes para usar telefones em redes de padrões diferentes. A ZTE também ampliou suas redes globais de pesquisa. Por exemplo, além de seus sete centros domésticos de P&D, possui oito laboratórios internacionais de P&D nos EUA, França, Suécia, Coreia, Índia e Paquistão. A empresa estabeleceu cooperação estratégica com as principais empresas de telecomunicações, como Alcatel, Ericsson, Nortel, Portugal Telecom, France Telecom (em Next Generation Networking (NGN) e sistemas móveis), Hutchison (em 3G),

e Marconi (em transporte óptico).

A experiência da ZTE na conquista de seu primeiro grande contrato internacional ilustrou a importância do apoio do governo. Quando o governo do Paquistão iniciou um projeto de licitação para o fornecimento de 266 mil linhas telefônicas em 1997, a ZTE rapidamente enviou seu pessoal para o Paquistão a fim de concorrer ao contrato. Confiando em equipamentos das multinacionais como Siemens, Alcatel, Ericsson e NEC, o governo paquistanês não acreditava que produtores chineses tinham as capacidades tecnológicas adequadas para o assunto. Para superar esse preconceito, a ZTE demonstrou as suas capacidades através de seminários de tecnologia e demonstrações de produtos para convidados oficiais convidando-os a visitar a sede da ZTE em Shenzhen. E, o que foi mais importante, diversas organizações governamentais deram seu apoio. Representando o governo chinês, a Embaixada da China se reuniu com o governo do Paquistão e recomendou fortemente a ZTE. O MPT e o SETC escreveram para os seus homólogos do Paquistão e certificaram que a ZTE era a fabricante de equipamentos de telecomunicações líder com uma forte capacidade tecnológica. Com o apoio do governo, a ZTE finalmente garantiu seu primeiro contrato significativo internacional e se tornou o principal fornecedor no Paquistão.

A GDT não foi capaz de resolver os problemas de gestão da sua estrutura, propriedade de tecnologia e estrutura de capital e ainda se distanciou do seu passado de sucesso. A Datang, apesar de estar muito atrás de Huawei e ZTE em termos de crescimento da receita, assumiu uma tarefa extremamente desafiadora e dedicou sua energia ao desenvolvimento de um padrão próprio da tecnologia 3G na China, o TD-SCDMA. Para isso, a empresa foi transformada a partir da Academia Chinesa de Tecnologia em Telecomunicações (CATT), que foi criada em 1957 pelo MPT, com a missão de desenvolver tecnologias avançadas para a indústria de telecomunicações chinesa (Gao e Liu, 2012). Este padrão competiria com WCDMA e CDMA-2000, dois outros padrões 3G que são amplamente adotados na Europa e nos EUA. Para lidar com a incerteza, as grandes empresas nacionais, como a Huawei e a ZTE, escolheram uma rota mais segura através da realização de P&D em todos os três padrões, enquanto as multinacionais da Europa ou América do Norte têm experiência em um único padrão que se originou a partir de suas respectivas regiões.

3.4. O setor de telecomunicações no Brasil

A década de 1970 configura-se como o período de maior crescimento do setor de telecomunicações desde seu início na década de 1920 com as primeiras instalações de radiofusão no Brasil. Há uma sequência de eventos que caracterizam tal período: a TV em cores é inaugurada; a Telebrás, empresa *holding* de quase todas as operadoras do país, é instalada; a Embratel implanta os serviços de Discagem Direta a Distância (DDD), Discagem Direta Internacional (DDI); e a criação do CPqD (Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Padre Roberto Landell de Moura) em 1976 (Galina, 2003, p. 77).

O CPqD foi responsável, em parceria com outros centros de pesquisa, pela criação das centrais telefônicas digitais (Sistemas Trópico). Além disso, este centro foi responsável pelo telefone público a cartão, pelo desenvolvimento da fibra óptica brasileira e, também, pelos avanços nas comunicações via satélite na comunicação de dados e software. Era um laboratório de P&D ligado diretamente à Telebrás que foi, durante muito tempo, um importante instrumento de política industrial e tecnológica, além de constituir-se num dos componentes centrais do sistema setorial de inovação (Szapiro, 2008, p. 34). No período, o governo militar adotou uma estratégia de desenvolvimento de capacitações industriais e tecnológicas no país, que tinha em seu cerne a criação de empresas nacionais fabricantes de equipamentos de telecomunicações (Szapiro, 2008). Segundo Szapiro (2012), os resultados do esforço de capacitação tecnológica e industrial podem ser observados a partir da participação da tecnologia do CPqD no mercado nacional, que era de 2,5% na década de 1980 e passou a 13,9% em 1996.

O setor era considerado estratégico, tanto para o desenvolvimento econômico, por este ter como fator de competitividade o desenvolvimento tecnológico, quanto pelo discurso de integração nacional vigente. Assim, o crescimento do setor, na década de 1970, fora impulsionado pelo fechamento do mercado brasileiro, expresso nos índices de nacionalização impostos pela política industrial, superiores a 95%. Isto elevava os custos da produção local, já que a importação era desfavorecida. O mercado era garantido e, com isso, as empresas brasileiras atendiam à totalidade da demanda por centrais telefônicas, cabos, rede externa e equipamentos de transmissão. O Estado teve papel fundamental na indústria de telecomunicações, sendo que a dinâmica do setor era influenciada por ele através do “poder de compra” da Telebrás, da “reserva de mercado” das medidas de política industrial verticais. Na década de 1980, os êxitos oriundos do monopólio estatal tornaram-se problemas que iriam persistir até meados da década seguinte. Os

investimentos caíram, os serviços se degradaram, a oferta não acompanhou a demanda de telefones, os preços, em razão dos custos elevados, tornaram-se impraticáveis e os prazos não eram cumpridos pelas operadoras (Galina, 2003, p. 78). Ao mesmo tempo, no cenário internacional, o setor passa por um processo de transformação.

Seguindo uma tendência de modernização industrial que se espalhou na economia brasileira, após a abertura comercial e a estabilização de preços, o país implementou uma série de mudanças regulatórias e institucionais a partir de 1995. Estas definiram a quebra do monopólio estatal, a privatização das empresas de telefonia e o Programa de Ampliação e Recuperação do Sistema de Telecomunicações (PASTE) (Galina, 2003). Além disso, foi criado pela Lei Geral das Telecomunicações (LGT – lei 9472) em julho de 1997 – definidora de um novo modelo institucional para o setor – o Plano Geral de Outorgas (PGO) de 1998, fixando parâmetros gerais para a concorrência no setor, em substituição ao Código Brasileiro de Telecomunicações (CBT).

O PGO foi estabelecido pela Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel), criada em 1997, com o objetivo de dotar o país de uma moderna e eficiente infra-estrutura de telecomunicações (Galina, 2003). A agência estabeleceu também o Plano Geral de Metas para a Universalização do Serviço Telefônico Fixo Comutado no Regime Público que previa a evolução da instalação de acessos ao serviço e a ampliação do número de telefones de uso público para cada unidade de federação no período de 1998-2001 (Galina 2003, p. 79). Outro fator relevante tem a ver com a introdução da competição na telefonia celular, através da licitação da chamada Banda B, abrindo-a ao setor privado através da divisão do país em regiões.

Há também, como parte do processo de reestruturação e privatização do setor, a cisão do Sistema Telebrás em operadoras de telefonia fixa e móvel, por meio da privatização. Ocorrido em 1998, esse processo ocasionou uma reorganização prévia da Telebrás, através de investimentos que foram possíveis pelo aumento de tarifas telefônicas (Szapiro, 2008). Inicia-se assim um ciclo expansivo da indústria de tele-equipamentos nacional, em dois movimentos independentes (Gutierrez e Crossetti, 2003): i) elevação dos investimentos para aumentar a capacidade produtiva, tanto das empresas nacionais, quanto das empresas entrantes (1999-2001); e ii) ampliação do movimento de aquisição de empresas de capital nacional por empresas de capital estrangeiro (1999-2001).

A soma de fatores como a privatização do Sistema Telebrás, anulando o poder de compra do Estado, a abertura comercial e a moeda sobrevalorizada favoreceu as importações, a partir de 1994, tornando precária a situação da indústria nacional de

equipamentos de telecomunicações, devido aos custos altos de modernização que as empresas nacionais deveriam arcar frente à convergência tecnológica que se impunha. Com as alterações impostas pelo LGT, que aprovava as privatizações no setor de telecomunicações, os fatores listados acima e a rápida expansão do mercado brasileiro, o país passou a abrigar quase todos os representantes do oligopólio mundial de fornecedores de equipamentos de telecomunicações, situação que foi comparada somente à da China (Gutierrez e Crossetti, 2003). Isto por conta do movimento das prestadoras de serviços de telecomunicações em direção ao mercado novo e em expansão que se abria. Claramente, o grande mercado consumidor do Brasil foi o grande fator de atração dos atores mundiais do setor no país. A mudança patrimonial em direção ao controle do capital por parte dos estrangeiros passou de 23% em 1988 para quase o controle total do mercado, em 2003, com 95,7% (Szapiro, 2012).

Estas mudanças na estrutura industrial refletiam uma mudança no papel do Estado na economia, impossibilitando o país de fazer uma política industrial e tecnológica adequada para qualquer setor. Ao Estado brasileiro relegou-se apenas a regulação da nova estrutura da indústria. Algo que não encontrou correspondência nas práticas dos países desenvolvidos que, a despeito do processo de reestruturação setorial, mantiveram a participação do Estado na propriedade das empresas estabelecidas, via participação direta ou pelo *golden share* (Szapiro, 2012). Além disso, como se viu anteriormente, países que realizaram processos de *catching up* no setor, como a Coreia do Sul e a China, tiveram o Estado como indutor da inovação e do fomento à indústria.

3.4.1. Breve diagnóstico setor de telecomunicações e políticas no Brasil

Com base em Szapiro (2012), podemos caracterizar a evolução da indústria a partir da reestruturação do setor de telefonia no Brasil, após a privatização do setor. Somado ao processo de desnacionalização que vinha ocorrendo na economia brasileira desde o início da década de 1990, a privatização da Telebrás em 1998 impulsionou o processo de redução da participação das empresas nacionais fabricantes de equipamentos de telecomunicações na indústria de telecomunicações brasileira e, através de suas subsidiárias, as multinacionais instalaram-se de maneira predominante no país. Segundo o site Teleco, Motorola (EUA) e Nokia (Finlândia) são as maiores fabricantes multinacionais no país, tanto em termos quantitativos (maiores exportadoras), quanto em termos qualitativos com

presença em centro de pesquisas ou através da colaboração com outras empresas nacionais.

A dinâmica da indústria de equipamentos de telecomunicações no Brasil está associada à evolução do investimento no segmento de serviços de telecomunicações, ou seja, a primeira acompanha o ritmo da segunda, tanto no que concerne a produção, bem como inovação. Esta dinâmica difere de países onde o setor está consolidado, onde as fabricantes participam de estabelecimento de padrões e de desenvolvimento de novas tecnologias. Ademais, a variável investimento é extremamente oscilante e dependente no Brasil. Desde a privatização, o ano de maior aumento do volume de investimentos foi 2001, quando as operadoras anteciparam o cumprimento das metas de universalização. Mas esta estratégia causou impactos indesejáveis na balança comercial do setor, uma vez que a produção local não foi capaz de suprir a demanda, apelando à importação. Nos anos seguintes, os investimentos oscilaram novamente e tampouco a fusão da Oi com a Brasil Telecom (BrT) conseguiu dar impulso ao setor no país.

A indústria nacional, como já dito, sofreu um processo de desnacionalização com forte impacto na balança comercial. O déficit da indústria brasileira é persistente desde a privatização da Telebrás. Em 2010, o déficit comercial do setor totalizava US\$ 5,8 bilhões. A importação totalizou US\$ 7,7 bilhões, sendo que cerca 60% desse valor (US\$ 4,6 bilhões) corresponde a partes e peças (multiplexação, comutação e transmissão). As exportações, por sua vez, totalizaram US\$ 1,8 bilhões e mais da metade desse valor (US\$ 943,7 milhões) refere-se a telefones celulares. Não por acaso, nos dados apresentados por Szapiro (2012), Motorola e Nokia possuem déficits sucessivos de 2008 a 2010 e estas empresas são responsáveis pela maioria das exportações de telefones celulares no Brasil. É necessário ressaltar a participação das empresas chinesas no Brasil, como Huawei (desde 1999) e a ZTE (desde 2001), que afetaram significativamente a concorrência intrasetorial no Brasil. Como visto anteriormente, a primeira é fabricante de celulares e a segunda fornecedora de equipamentos, que veio ao Brasil com o interesse despertado pelo PNBL. Estas empresas praticam preços menores, obrigando seus concorrentes a reduzirem seus preços. Dentre eles, encontram-se as empresas nacionais que, além da concorrência em preço, sofrem por não alcançarem as escalas necessárias para o desenvolvimento de uma empresa do setor.

Do ponto de vista das atividades inovativas, a indústria revela uma progressiva redução dos esforços de inovação. Analisando os dados da Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC-IBGE) para os anos de 2000, 2003, 2005 e 2008, Szapiro (2012) constata que a tendência de gastos em atividades de P&D (interna e externa) da indústria

nacional difere do cenário internacional. Os dados mostram, aliás, uma tendência oscilante do número de empresas e dos valores totais despendidos pela indústria de equipamentos em telecomunicações em atividades inovativas. O número de empresas é de 167, 136, 148 e 164, respectivamente, os valores oscilam em R\$ 1,03; 0,86; 1,84 e 1,14 bilhões respectivamente. Outro fato que chama atenção é a queda da participação de empresas que realizam atividades externas de P&D e buscam aquisição de outros conhecimentos externos, mostrando a interrupção de um provável fluxo de conhecimento internacional que as empresas possuíam. Evidente que esta constatação poderia ser relativizada quanto à qualidade das interações, mas já mostramos aqui que a participação do Brasil em redes de pesquisa, comparadas aos outros países, é pouco relevante.

Szapiro (2012) atenta para o fato de que o crescimento significativo no item “aquisição de máquinas, equipamentos e software”, do ponto de vista da inovação, costuma gerar apenas inovações de processo. Além disso, as empresas de capital majoritariamente nacional, de acordo com entrevistas feitas pela autora, costumam investir em média 15 a 20% de seu faturamento. Assim, somam-se duas características chaves do setor no país, um déficit crônico na balança comercial, seja por falta de escala para atender ao mercado nacional ou pela inserção a uma rede global de produção da qual o país é coadjuvante e, em parte consequência disso, uma baixa taxa de inovação expressa em indicadores que atestam as fragilidades nacionais neste setor.

Estes problemas foram enfrentados com várias ações e políticas ao longo dos últimos anos. O Fundo para o Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações (FUNTTEL) existe para financiar as atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação, além dos programas do BNDES e de outras políticas direcionadas ao setor das TICs, em geral. O Funttel foi criado para financiar programas de P&D na área de telecomunicações cujo exemplo recente foi o sistema brasileiro de TV digital, além de recursos destinados às empresas. Outra parte do fundo é destinada ao CPqD, para o desenvolvimento de projetos de pesquisa de mais longo prazo. No entanto, por ser abrangente, o fundo vem sofrendo desde 2003 problemas de contingenciamento de recursos.

A Lei de Informática (Lei nº 8.248) fornecia incentivos fiscais à produção interna de equipamentos de informática e telecomunicações, aprovada em 1991 com previsão de incentivos até o ano de 1999. O governo aprovou a nova Lei de Informática (Lei nº 10.176) em 2002 cujos incentivos iriam até o ano de 2009. A lei ancorava-se na exigência de processo produtivo básico (PPB), uma tentativa de manter grande parte da produção no país, além do investimento de 5% do faturamento em P&D, sendo que 3% seriam

realizados internamente e 2% em convênios com Universidades e/ou institutos de pesquisa brasileiros. A contrapartida era a isenção total do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) até o ano de 2009. Mais tarde, houve uma mudança no percentual do investimento, passando para 2,3% e 2,7% respectivamente, sendo que 0,8% do montante fora da empresa deveria ser obrigatoriamente destinado a pesquisas em instituições localizadas no Norte, Nordeste ou Centro-Oeste e 0,5% depositado trimestralmente no Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT). Uma nova Lei foi elaborada, a nº 11.077, cuja principal mudança foi a prorrogação da redução do IPI até 2019. Esta lei tem falhas que têm sido objeto de críticas. Uma delas é que a lei considera como atividades de P&D muitas atividades de prestação de serviços. A outra é que a definição de PPB não garante agregação de valor local, dando margem a montagem e embalagem dos produtos.

Szapiro (2012) trata ainda de duas outras leis que afetam, por intermédio de incentivos fiscais e financeiros, o setor de telecomunicações, a Lei da Inovação (nº 10.973/2004) e a Lei do Bem (nº 11.196/2005). A primeira fornece incentivos à inovação nas empresas e à maior participação das instituições de pesquisa, além de conceder recursos através do FNDCT. A segunda oferece incentivos fiscais para o apoio à realização de pesquisa tecnológica e desenvolvimento de inovação tecnológica. Além disso, existem ações e instrumentos por parte do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação e outros que também incentivam o setor, oferecendo financiamento e isenções. A crítica a essa diversidade de instrumentos é a falta de uma política estruturada, com visão de longo prazo e que integre esta diversidade de instrumentos.

Outro programa mencionado por Szapiro (2012) é o Programa Nacional de Microeletrônica, desenvolvido no âmbito do MCTI, cujos resultados podem contribuir para o desenvolvimento da indústria nacional de equipamentos de telecomunicações. Além disso, o MCTI criou um programa específico para a criação de empresas e implementação de projetos de circuitos integrados, o Programa CI-Brasil. Foi criado o Centro Nacional de Tecnologia Eletrônica Avançada (CEITEC), empresa pública especializada no desenvolvimento e produção de circuitos integrados de aplicação específica. Estes programas visam atacar uma das maiores fragilidades do complexo eletrônico nacional, a produção local de circuitos integrados. No mesmo sentido opera a entrada da empresa taiwanesa Foxconn, fabricante de produtos da Apple, que deve instalar também um centro de P&D no país. A autora mostra uma série de iniciativas e intenções de políticas para o fomento industrial e tecnológico à área de telecomunicações, mas aponta ausência de articulação, coordenação, integração e visão de longo prazo, e de persistência destas

políticas.

O PNBL e a reativação da Telebrás merecem destaque também. O PNBL foi instituído em 12 de maio de 2010, seguindo tendências da OCDE de difundir os serviços de banda larga pelo país, constituindo-se como uma política de inclusão digital. O principal objetivo do plano é a busca pela autonomia tecnológica e da competitividade brasileira. Nesse sentido, a retomada da utilização do poder de compra público foi um tema aventado no debate nacional sobre o papel da Telebrás. A Medida Provisória nº 495 de 2010, convertida em Lei (nº 12.349 de 2010), estabeleceu as diretrizes para as compras públicas de equipamentos. Este arcabouço definiu uma margem de preferência de 25% para produtos manufaturados e serviços nacionais que atendam às normas técnicas. Isso gerou a criação do Grupo Gentes (Grupo de Empresas Nacionais de Tecnologia) que foi composto pelas empresas Padtec, Trópico, Icatel, AsGa, Gigacom, Datacom, Parks, Digitel, WxBr e o CPqD. Este grupo foi criado para ofertar conjuntamente ou em pequenos consórcios equipamentos para a Telebrás. Esta política foi considerada um “efeito demonstração” para mostrar às operadoras que as empresas nacionais desenvolvem tecnologia e possuem competência para competir com suas concorrentes multinacionais. No entanto, segundo Szapiro (2012), a política de telecomunicações deveria partir de uma estratégia mais focada, definindo áreas tecnológicas a serem priorizadas.

3.5. Discussão e conclusão

Em conclusão, esse capítulo reúne diversas reflexões estimuladas pelas lições tiradas do desenvolvimento setorial no Brasil e na China. Como pudemos observar, há diferenças fundamentais no desenvolvimento das telecomunicações no país e na China, que remetem a noção de que estratégias de *catching up* são condicionadas pela estrutura e condição histórica do país. Quanto à matriz teórica utilizada, cremos que não há melhor maneira de se pensar uma estratégia de *catching up* senão pelo referencial evolucionista, para tratar os setores de uma maneira sistêmica e dinâmica. A indústria de telecomunicações é “refém” e agente de um processo inovativo que mudou completamente sua estrutura em menos de 20 anos. Os padrões de telefonia tiveram importância fundamental e os agentes da indústria de telecomunicações mundial operaram em função dessa mudança, engendrando transformações, tanto quanto se adaptavam a elas. Os esquemas de Carlota Perez adaptados para este capítulo buscam ilustrar essa dinâmica.

Do ponto de vista da telefonia móvel, que tratamos aqui como evolução das telecomunicações tradicionais, substanciada nos seus novos produtos (o *smartphone* e o *tablet*), podemos ver a evolução dos agentes, do conhecimento, da tecnologia e o papel das instituições com implicações de política para o setor. Motorola e Nokia, que sempre foram sinônimos de telefonia sucumbiram recentemente pela atuação de Apple, Samsung e Google na fronteira tecnológica do setor. As duas primeiras são as principais empresas que possuem atividades produtivas e tecnológicas no Brasil e foram as empresas mais beneficiadas, devido ao volume de suas atividades produtivas no país, às leis e incentivos que reduziam seus impostos em troca de inovação e colaboração tecnológica. Somente a Nokia possui publicação sobre o tema em nosso levantamento de publicação científica. Com isso, podemos supor que as leis e incentivos não foram capazes de materializar as possibilidades da participação de uma empresa multinacional no país para o fomento da atividade científica e tecnológica local.

Desde a instalação dessas empresas no país após a privatização da Telebrás, em 1997, passaram-se mais de quinze anos. Pudemos mostrar a evolução do conhecimento e da tecnologia no setor que, em pouco mais de vinte anos, passou dos padrões de telefonia de segunda geração (2G), para segunda geração e meia (2,5G), terceira geração (3G) e quarta geração (4G), além das tecnologias de redes de curto e médio alcance, tecnologias que o país poderia aproveitar de maneira mais robusta tanto do ponto de vista do surgimento destes paradigmas, quanto da sua fase de maturação. A China, por seu turno, sempre esteve perseguindo essas “janelas de oportunidade”, fomentando o setor com agentes nacionais, integrando conhecimento internacional à sua estrutura local e fomentando instituições próprias.

As instituições conformam outro ponto de discussão relevante para a política do setor. Havia uma suposição tácita de que as más práticas peculiares à empresa pública seriam eliminadas com as privatizações, além do discurso recorrente do aumento da eficiência que as empresas privadas trariam. Sem ignorar as melhoras – principalmente em termos da universalização dos serviços –, é possível perceber que a transformação tecnológica foi trazida de fora para dentro e a indústria brasileira foi extremamente passiva, não sendo capaz de aproveitar seus benefícios, como se viu nos indicadores apresentados. Resulta uma indústria com uma cadeia produtiva esgarçada, sujeita aos “mandatos” das corporações multinacionais, tanto do ponto de vista produtivo quanto inovativo. Às instituições do setor, principalmente à Anatel, coube o papel de regulador. No entanto, o que se viu foi uma expansão dos serviços de telecomunicações com preços maiores e

qualidade inferior que os dos países da OCDE, por exemplo.

A China perseguiu uma trajetória de *catching up* com o propósito de inclusão. Expandiu as redes de telecomunicações pelo país, fomentou uma indústria nacional, reduziu seus déficits comerciais e, o mais fundamental, se preocupou com a infra-estrutura científica e tecnológica que estava montando desde a década de 1980. Vimos através dos indicadores obtidos em Pacheco (2011) que a China possuía praticamente a mesma produção científica, e semelhante número de patentes depositadas, em termos internacionais (Thomson/ISI e USPTO), que o Brasil no início da década de 1980 e, no ano de 2009 há uma grande disparidade. Como salientam Mazzoleni e Nelson (2011), a China não foi bem sucedida na indústria de semicondutores, mas a de telecomunicações aproveitou a trajetória de fomento tecnológico ao país. Cinco características gerais podem definir seu sucesso no processo de *catching up* que servem de lição ao Brasil: i) a visão de longo prazo, ii) a persistência, iii) a cooperação internacional, iv) a interligação entre uma estrutura de demanda (por infra-estrutura) e a oferta (criação de empresas nacionais) e v) a integração entre as políticas industriais, tecnológicas e de educação. Tudo isto, tendo como principal agente coordenador o Estado.

Quando olhamos o desenvolvimento do setor, estas características estão latentes. Primeiro a percepção de se fabricar para uma demanda regional com empresas nacionais, a fim de futuramente eliminar os déficits em aparelhos de telecomunicações. Depois, há o fomento a empresas nacionais e estatais, e embora nem todos os agentes sejam competitivos, contudo é uma política persistente e que dá resultados qualitativos em relação às empresas que sobrevivem no mercado. Não seria possível pensar os programas de transferência de tecnologia, como o System-12, sem um agente nacional que fosse capaz de absolver as tecnologias envolvidas e aprimorá-las a fim de se enquadrarem ao sistema nacional de inovação. Às empresas foram colocados vários desafios, tanto pelas mudanças tecnológicas do setor, quanto pela adaptação às estratégias da política industrial chinesa. Diferente do Brasil, cujas leis, nos parece, sempre foram feitas no intuito de adaptar-se às multinacionais. Vimos como algumas leis caminharam no intuito de que estas empresas tornassem endógenos o conteúdo local e a inovação no país, assim como colaborassem com nossos institutos de pesquisa e Universidades e mantivessem parte do seu processo produtivo no país. Na China, diferentemente, as empresas internacionais foram enquadradas aos propósitos nacionais.

Ficou evidente que a China sempre procurou se valer da sua infra-estrutura científica, baseada em institutos de pesquisa, Universidades e corpo técnico qualificado,

para conseguir êxitos nos seus processos de “imitação” face às restrições cada vez mais rigorosas engendradas pelos órgãos internacionais de proteção de direitos de propriedade, de comércio e outros. No Brasil, não havia essa preocupação, que foi somada à dinâmica social interna que compreende o desenvolvimento tardio do seu ensino superior, concentrado em humanidades e fracamente ligado às atividades de produção (Suzigan e Albuquerque, 2011). Esta dinâmica contribuiu para que o país se tornasse predominantemente dependente da tecnologia externa e não deu condições à produção nacional para “absolver” as capacidades estrangeiras.

O reativamento da Telebrás por parte do Estado gerou dúvidas quanto ao retorno (econômico e social) do dinheiro público aplicado na empresa. No entanto, vimos a necessidade de uma empresa nacional em um setor tecnológico dinâmico, que seja capaz de integrar as atividades das TICs. Neste sentido, começar com a universalização da banda larga é uma oportunidade única para se valer da estrutura de demanda e fomentar uma empresa nacional. Além disso, é possível desenvolver empresas fornecedoras, como as do Grupo Gente, citada por Szapiro (2012) que sejam capazes de, em um plano de médio e longo prazo, competir internacionalmente. O processo de convergência entre o setor de telecomunicações, eletrônica e software, mostra a necessidade de se possuir uma empresa desse porte. Um exemplo é a criação da Visiona Tecnologia Empresarial, em uma parceria entre Embraer e Telebrás, a fim de produzir satélites, atividade de interesse nacional que foi perdida com a privatização da última. Junto a isso, políticas educacionais poderiam ser objetivos fundamentais do governo. Uma política de *catching up* setorial não pode prescindir do fomento às capacidades dos agentes para participar de redes de colaboração técnico-científica, decodificar e adaptar as tecnologias transferidas e, inclusive, mudar a cognição, a forma de fazer e de atuar destes agentes. Vimos os projetos empreendidos pela China para que suas Universidades se tornassem referências mundiais, através dos projetos 211 e 985. Em geral, o mercado das TICs tem como um indutor de conhecimento pequenas empresas de base tecnológica que são formadas por pesquisadores e alunos de universidades, isto é flagrante na região do Vale do Silício, portanto fomentar a relação das Universidades com as empresas existentes, bem como dar incentivos à criação de novas empresas é importante, nesta estrutura de inovação pensada a partir das telecomunicações.

Malerba e Nelson (2011) mostram que as empresas de aprendizagem, o acesso ao know-how estrangeiro, o capital humano qualificado e a política ativa do governo são importantes neste processo – isto passa obviamente pelo fomento a educação. É nítida a diferença entre os países, expressa, na proporção do corpo técnico formado e, pelo menos

nos últimos trinta anos, no número de estudantes em Universidades fora do país, adquirindo novas competências e cognições. Estes foram ativos importantes para os seus países, e trazidos de volta pelos governos nacionais que procuraram empreender políticas de desenvolvimento tecnológico. Também podemos ver o alto peso de mestres e doutores em atividades de P&D nas empresas e, a participação da iniciativa privada na P&D total da China. No campo das telecomunicações especificamente, somente um corpo técnico qualificado, com engenheiros de alto nível em colaboração internacional, poderia ser capaz de captar as mudanças do setor dos últimos anos (os ciclos tecnológicos, do produto novo ao maduro) e, com o suporte das instituições, transformá-las em oportunidades.

Queremos ressaltar, ao final, cinco aspectos básicos, que se complementam, de uma política de *catching up* setorial para o Brasil. Primeiro, o fomento à formação de engenheiros e técnicos no país, que passa também pelo fomento da educação básica, uma deficiência estrutural histórica e notória, principalmente no ensino das matemáticas. Segundo, a importância da colaboração técnico-científica internacional, para atualizações permanentes e busca por novas formas de resolver problemas, para aprender a decodificar e, conseqüentemente, adaptar tecnologias às necessidades brasileiras, tanto através da expansão de convênios das Universidades nacionais com as internacionais, quanto pelo fluxo internacional de cientistas. Terceiro, a necessidade de se dar robustez, dar corpo técnico, às empresas nacionais que possam cooperar com as multinacionais e extrair conhecimentos, o que significa incutir uma mentalidade diferente da existente no país de que mestres e doutores atuam predominantemente na Universidade. Quarto, a necessidade de mudança quanto à percepção do que é uma política nacional, que deve ser coordenada, com foco e objetivos claros chancelados pela sociedade, persistência e visão de longo prazo, e que passa especificamente também pelo contato dos *policy makers* com experiências de sucesso em países que em algum momento passaram a praticar ações e políticas pró-ativas que dinamizaram setores em sua economia. Por fim, todo esse conhecimento deve ser coordenado por uma empresa integradora nacional, que engendre a capacidade de absorção necessária ao país e induza os investimentos do complexo industrial das TICs em um primeiro momento e, em um segundo momento, seja colaboradora ativa no processo de adaptação e criação de novas tecnologias. A Telebrás é, então, uma fonte de esperança para o setor neste sentido.

Considerações Finais

As trajetórias tecnológicas da indústria de telecomunicações, entendidas aqui como um conjunto de direções específicas tomadas pelas firmas de acordo com a base de conhecimento existente, foram mudadas substancialmente ao longo do tempo por conta da expansão da base técnica e produtiva das firmas e do sistema setorial de telecomunicações como um todo. Estas mudanças, que implicaram a expansão da base de conhecimento, foram fruto da interação entre a tecnologia, as instituições e a estrutura de mercado do setor de telecomunicações. Isto pode ser observado na evolução das tecnologias de redes, da primeira geração até a quarta geração atual. Esta tecnologia, que seria a evolução natural, foi surpreendida por uma série de bifurcações, que são substanciadas nas tecnologias de curto e médio alcance, como o bluetooth, o Wi-Fi, através de protocolos como os 802.11, e o Near Field Communication e pagamentos através de telefones celulares. Foram surpreendidos, pois a base técnica do setor de telecomunicações mudou radicalmente a partir de mudanças disruptivas (no sentido schumpeteriano) como a passagem do processamento analógico de dados e informações para o processamento digital de informações, além do advento da Internet Móvel, outra inovação que mudou substancialmente o modo de fazer as coisas na indústria de telecomunicações. Estas novas tecnologias mudaram o ambiente inovativo e seus processos característicos de inovação. Na década de 1970, por exemplo, os processos de inovação de países europeus, o principal pólo de inovação do setor, bem como os EUA, eram feitos de maneira conjunta entre dois atores, os operadores e os fabricantes de telecomunicações. Com as transformações técnicas, juntamente com os processos econômicos de liberalização e desregulamentação, esta dinâmica mudou completamente, a partir da incorporação de novos atores na estrutura de mercado das telecomunicações, decompondo-a em segmentos, como os dos provedores de conteúdo e aplicações, os operadores de rede e os fabricantes de elementos de rede, sendo as instituições responsáveis por balizarem padrões e diminuir as incertezas concernentes ao processo inovativo do setor. As Universidades e os institutos de pesquisa revelaram-se como pólos importantes da expansão da base de conhecimento do setor. Vimos isso na análise da emergência de novas tecnologias. Além do papel relevante que as Universidades desempenham, verificamos a mudança na base de conhecimento: se a eletrônica era o principal conhecimento utilizado no setor, a ciência da computação, nas tecnologias atuais, passa a adquirir papel importante. Se física e astronomia eram as

disciplinas básicas do setor, a matemática passa a desempenhar papel importante, bem como vemos o aparecimento curioso, porém explicável, de ciências sociais. Curioso por se tratar de um setor essencialmente humano; explicável, pois a nova configuração do setor enseja interações com o campo do conhecimento que esta disciplina contempla – as interações (redes) sociais.

Podemos observar também, nas pesquisas sobre novas tecnologias, a entrada e relevância de atores asiáticos, bem como o decréscimo da importância de países europeus, por exemplo. Isto tem importância e nos revela um novo mercado, formado a partir das telecomunicações, que contempla essas mudanças. E a indústria de comunicações móveis pode ser analisada como a conformação deste mercado. O que explica a queda de relevância da Nokia na conformação deste novo mercado? Do lado da oferta, a empresa era uma das mais destacadas fabricantes de hardware do setor, razão de sua liderança de mercado por alguns anos. No entanto, uma falha na transição revelou o seu principal ponto fraco. Quando a indústria de telecomunicações mudou, atores que hoje são os líderes procuraram conhecimentos advindos da Tecnologia de Informação; a Nokia não foi diferente e apostou que a marca falaria por si mesma ao lançar um sistema operacional próprio. Este sistema foi desacreditado pelos críticos e levou a empresa ao declínio. Neste ínterim, a empresa parece ter perdido oportunidades tecnológicas, mas subsiste procurando maneiras de se reinventar. A expansão da base do conhecimento foi sintetizada em um produto lançado em 2007, o iPhone, que não era o primeiro produto com conteúdo multimídia, mas reunia todos os aspectos relevantes para o seu lançamento: internalizava as transformações da indústria de telecomunicações, sendo a principal delas a independência de redes de telefonia tradicionais e era respaldado por uma marca global, a Apple, e conhecidamente inovadora em termos de produtos da área de ciência da computação. Ao mesmo tempo, empresas como a Google começam a adquirir importância neste mercado, pelo desenvolvimento de sistemas operacionais que se assemelhavam com a dinâmica intuitiva de seu mecanismo de busca e outras aplicações comumente utilizadas por usuários de Internet. Era uma combinação perfeita. Havia, no entanto, outro aspecto interessante desse mercado, o que diz respeito à estrutura de produção. A Apple é uma empresa que se valeu da externalização da manufatura – empreendida pelas fabricantes de telecomunicações da Europa e EUA – durante quase toda a sua existência. Este processo teve implicações relevantes do ponto de vista dos países. A Coreia do Sul soube se beneficiar deste processo, por sua capacidade de absorção desenvolvida a partir de políticas industriais e tecnológicas empreendidas pelo Estado. Se o país não é altamente

capacitado em TI (software e computação) é altamente capacitado em dispositivos importantes para a indústria atual: a tela é o exemplo mais claro. Não por acaso, as empresas sul-coreanas Samsung e LG são fabricantes de componentes para outras empresas do setor, inclusive a Apple. Isto se deveu ao fato de as firmas sul-coreanas, em especial a Samsung, buscarem acumular competências técnicas e científicas, expressas no volume e na qualidade de suas patentes, como procuramos mostrar. O que implica em mais uma evidência do aproveitamento por parte de outras empresas, da estrutura de mercado “gelatinosa” que apontamos no final do capítulo 1. Pode se dizer que poucos arriscariam a dizer que um setor tradicionalmente liderado por EUA e Europa, que teve no seio dessas regiões suas principais transformações, seria surpreendido pela relevância atual das empresas sul-coreanas e, mais recentemente, das empresas chinesas. Aqui a história importa: ao invés de se render ao *lock-in* da manufatura tradicional, que se revelou obsoleta para algumas empresas, as firmas asiáticas acumularam competências que lhe possibilitaram enfrentar os principais *trade-offs* atuais do setor. Especificamente, no campo das TIs, procuraram parcerias que se revelaram de grande sucesso, como o da Samsung com a Google e seu sistema Android. Contudo, a meu juízo, isto criou problemas que a empresa quer resolver através do desenvolvimento de um software próprio: (i) o da dependência em relação à uma empresa estrangeira e; (ii) a manutenção dos “segredos industriais” relacionados às suas competências em manufatura, uma vez que a Google, seguindo o roteiro das oportunidades ensejada por um “novo mercado”, comprou a divisão de telefonia móvel da Motorola, ou seja, comprou a fábrica. A Motorola é outra empresa que sintetiza a evolução desse mercado: ela adotou estratégias erradas ao longo dos anos 1990 e 2000, como a miniaturização de telefones celulares para países em desenvolvimento, em plena época de crise nestes países, e foi seriamente castigada quando se deu a síntese da expansão da base tecnológica do setor de telecomunicações. Além dela, outros fabricantes foram castigados com a perda de *market share* ao não acompanharem a fronteira tecnológica dos que são os atuais fabricantes líderes de *smartphones* (a Samsung e a Apple). É o caso da Sony Ericsson e da RIM. Isto mostra o acerto da teoria que trata dos padrões de inovação conhecidos como Schumpeter Mark I e II: à medida que vai ocorrendo a passagem de um padrão para o outro, a concentração de mercado vai se desenhando e estas empresas vão ficando marginais numa clara demonstração que seu modelo de negócios e, mais importante, suas competências, são “pequenas” para o setor atual.

Outro processo importante pelo qual passa a estrutura de mercado é a atual pressão de baixa dos preços provocada por empresas chinesas. Aqueles que já tinham dificuldades têm seu martírio agravado e, não custa lembrar, alguns fabricantes da Europa sofrem também por conta da crise econômica vivida no Continente. Os fabricantes que possuíam estratégias baseadas nos mercados emergentes também sofrem, uma vez que as empresas chinesas além de abastecerem seu grande mercado interno, também exportam de modo relevante para países em desenvolvimento. A aparição súbita de atores chineses, no entanto, está inscrita na história de transformações vividas pelo país nos últimos trinta anos, com lições importantes para o Brasil, uma vez que os chineses são capazes de engendrar uma transformação estrutural da indústria a partir do fomento massivo à infraestrutura científica e tecnológica do país, numa clara estratégia de *catching up*. Esta transformação, nos parece, está longe de perder o fôlego. A China conciliou expansão e modernização da infra-estrutura de telecomunicações e inclusão, com a absorção das capacidades de empresas multinacionais instaladas no país, através de mecanismos de transferência tecnológica. Suas ações permitiram dar saltos tecnológicos, passando da fabricação de equipamentos de redes aos telefones celulares e os *smartphones* e *tablets* atuais. Grandes programas de transferência tecnológica foram criados que envolviam governos de diferentes países e agentes como empresas multinacionais e chinesas, criação de institutos de pesquisa e papel relevante para as Universidades. Esta infra-estrutura e a dinâmica estabelecida pelos agentes nacionais permitiram ao país, inclusive, criar padrões de telefonia próprios, algo importante para o desenvolvimento do setor de telecomunicações. As Universidades envolvidas nestes programas participaram de projetos ambiciosos do governo que visavam a inserção internacional das suas instituições de pesquisa e Universidades, buscando interagir com países de fronteira tecnológica. Isto se deu através da experiência de cientistas e técnicos chineses estudando em Universidades de ponta, bem como professores trazidos destas Universidades para lecionarem em suas Universidades. Isto também diz respeito à formação de corpo técnico científico, sendo que algumas Universidades estavam envolvidas também em processos de formação da base educacional, através da difusão do ensino de ciências básicas importantes para engenharia, campo do conhecimento ao qual a China deu extrema importância em termos quantitativos e qualitativos. Isto teve implicações na rede de conhecimento do setor que buscamos mostrar no capítulo 3. A China saiu da posição de ator marginal nas publicações sobre “comunicações móveis” e passou a ator relevante nos dias atuais, tendo mais publicações, inclusive, que os EUA. Quando decompomos estes dados, podemos ver o papel ativo das

Universidades e das empresas multinacionais que vimos como agentes importantes no setor, no capítulo 2. Quanto ao Brasil, vimos que, embora possuísse dados semelhantes aos China na década de 1980, ficou muito atrás quando se trata da relevância nas redes de conhecimento. Vimos como o setor foi estimulado no Brasil, através de incentivos e a clara submissão às estratégias internacionais das fabricantes aqui instaladas, fruto de uma (ausência) política do Estado que preconizou a liberalização e a privatização. Além disso, a regulação brasileira ficou muito aquém da de qualquer país, que pode ser sintetizada na qualidade dos serviços *vis-à-vis* os preços praticados no país. A questão que fica é se o país possui a possibilidade de dar um salto em qualquer setor tecnologicamente relevante com sua infra-estrutura científica e relações características. Como vimos, quando buscamos as redes envolvidas nos artigos relacionados à “comunicações móveis” no Brasil vemos que uma região é destaque, a de Campinas. Possui alguma relevância, por conta da infra-estrutura existente lá, porém vimos como carece de melhorias, principalmente no que diz respeito às relações. No entanto, é necessário pensar que se houvessem mais dez regiões como essa, por exemplo, possuiríamos uma realidade diferente e como fomentá-las pode ser um importante objeto de pesquisa acadêmica em apoio a políticas públicas. Ou talvez, nossa estratégia seja a de olhar regiões e competências em que temos alguma relevância e moldar nossas instituições e fomentar a nossa infra-estrutura tecnológica para realizarmos nosso processo de *catching up*. Além disso, algo que é frisado sempre é a importância de uma empresa integradora nacional, que coordene as atividades, como a Telebrás. Como vimos, a China aliou, em determinado momento, a necessidade de dar este salto tecnológico, com a eliminação daquilo que mais lhe fustigava – ela possuía déficits no setor e precisava incorporar pessoas ao mercado e expandir suas redes de telefonia. Escolheu áreas chaves, definiu estratégias, desenvolveu atores relevantes, persistiu e hoje colhe os frutos – essa é a principal lição que podemos aprender com esta experiência nacional tão singular. Com isso, quando estudamos um setor tecnologicamente dinâmico como o setor de telecomunicações, vemos que a história importa, mas também que a estratégia dos países e o grau de envolvimento das políticas de Estado são capazes de moldar suas direções. Esta dinâmica pode ter alguma diferença específica que diz respeito à diferença entre os países, mas acreditamos que do ponto de vista da tecnologia com suas trajetórias, os processos são semelhantes. Cabe ao país procurar desenvolver seus mecanismos de absorção de tecnologia, definir estratégias, fomentar áreas tecnológicas, enfim, ter realmente uma política de Estado, com visão e duração de longo prazo. Unir estas preocupações e aplicá-las ao país dá uma bela e importante agenda de pesquisa.

Referências Bibliográficas

- ALBUQUERQUE, E.M. (2001) Scientific infrastructure and catching-up process: notes about a relationship illustrated by science and technology statistics. *Revista Brasileira de Economia*, v. 55, n. 4, p. 545-566, outubro-dezembro.
- AMSDEN, A.H. (1989) *Asia's next giant: South Korea and late industrialization*. Oxford: Oxford University Press.
- AMSDEN, A.H. (2009) *A ascensão do "resto": os desafios ao ocidente de economias com industrialização tardia*. São Paulo: Editora da Unesp.
- ANSARI, S.; GARUD, R. (2009) Inter-generational transitions in socio-technical systems: The case of mobile communications. *Research Policy*, v. 38, n.2, p. 382-392, março.
- BELL, M. PAVITT, K. (1993) Technological accumulation and industrial growth: contrast between developed and developing countries. *Industrial and Corporate Change*, v. 2, n. 2, p. 157-210.
- BLOCK, R. (2007) Steve Jobs live from D 2007. *Engadget*, 30 de maio. [<http://www.engadget.com/2007/05/30/steve-jobs-live-from-d-2007>].
- BOHLIN, E.; BURGELMAN, J. C; RODRÍGUEZ CASAL, C. (2007) The future of mobile communications in the EU. *Telematics and Informatics*, v. 24, n.3, p. 238-242, agosto.
- BOHLIN, E.; LINDMARK, S.; BJÖRKDAHL, J.; WEBER, A.; WINGERT, B.; BALLON, P. (2004) In RODRÍGUEZ CASAL, C.; BURGELMAN, J.C.; CARAT, G. (eds.) *The future of mobile communications in the EU: Assessing the potential of 4G*. IPTS Technical Report preparado para o European Commission – Joint Re-search Centre. Seville. EUR 21192 EN.
- BORRUS, M.; ZYSMAN, J. (1997) Wintelism and the changing terms of global competition; prototype of the future? *BRIE Working Paper*, 96B, University of California, Berkeley.
- BRESCHI, S.; MALERBA, F.; ORSENIGO, L. (2000) Technological regimes and Schumpeter-ian patterns of innovation. *Economic Journal*, v. 110, n. 463, p. 388-410, abril.
- CHEN, B.X. (2012) Motorola and Nokia try to gain an edge in the smartphone market. *New York Times*, 05 de setembro. [<http://www.nytimes.com/2012/09/06/technology/motorola-and-nokia-try-to-gain-an-edge-in-the-smartphone-market.html>]
- CHRISTENSEN, C.; ROSENBLOOM, R. (1996) Explaining the attacker's advantage: technological paradigms, organizational dynamics, and the value network. *Research Policy*; v. 24, n. 2, p. 233-257, março.
- COHEN, W.M.; LEVINTHAL, D.A. (1990) Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, v. 35, n. 1, p. 569-596, março.
- COHEN, W.M.; NELSON, R.R.; WALSH, J.P. (2002) Links and impacts: the influence of public research on industrial R&D. *Management Science*, v. 48, n. 1, p. 1–23, janeiro.
- CORROCHER, N.; MALERBA, F.; MONTOBIO, F. (2007) Schumpeterian patterns of in-novation activity in the ICT field. *Research Policy*, v. 36, n. 3, p. 418-432, abril.

- CROW, D. (2012) We've passed peak Apple: it's all downhill from here. *The Guardian*, 07 de novembro. [http://www.guardian.co.uk/technology/2012/nov/07/peak-apple]
- CURRAN, C.-S.; LEKER, J. (2011) Patent indicators for monitoring convergence – examples from NFF and ICT. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 78, n. 2, p. 256-273, fevereiro.
- DAVIES, C. (2012) Google: Motorola cuts costing US\$340m, but they're only the start. *SlashGear*, 04 de outubro. [http://www.slashgear.com/google-motorola-cuts-costin-g-us-340-but-theyre-only-the-start-04250360]
- DE NEGRI, F.; RIBEIRO, L.C. (2010) Tendências tecnológicas mundiais em telecomunicações: índice de medo do desemprego. *Radar: Tecnologia, Produção e Comércio*, n. 10, Brasília: IPEA, p. 7-12, outubro.
- DEDRICK, J.; KRAEMER, K.L.; LINDEN, G. (2010) Who profits from innovation in global value chains? A study of the iPod and notebook PCs. *Industrial and Corporate Change*, v. 19, n.1, p. 81-116, fevereiro.
- DI MAIO, M. (2009) Industrial policies in developing countries: history and perspectives. In CIMOLI, M.; DOSI, G.; STIGLITZ, J. (eds.) *Industrial policy and development: the political economy of capabilities accumulation*. New York: Oxford University Press, p. 107-143.
- DIEGUES, A.C.; ROSELINO, J.E. (2006) Interação, Aprendizado Tecnológico e Inovativo no Pólo de TIC da Região de Campinas: uma caracterização com ênfase nas atividades tecnológicas desenvolvidas pelas empresas beneficiárias da Lei de Informática. *Revista Brasileira de Inovação*, v. 5, n. 2, p. 373-402, julho-dezembro.
- DOLCOURT, J. (2012a) HD Super AMOLED versus retina display, and other screens (smartphones unlocked). *Cnet*, 03 de junho. [http://www.cnet.com/8301-17918_1-57445567-85/hd-super-amoled-versus-retina-display-and-other-screens-smartphones-unlocked]
- DOLCOURT, J. (2012b) Samsung preps 5.5-inch flexible phone screen for CES demo. *Cnet*, 19 de dezembro. [http://ces.cnet.com/8301-34447_1-57559886/samsung-preps-5.5-inch-flexible-phone-screen-for-ces-demo/]
- DOSI, G. (1982) Technological paradigms and technological trajectories : a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Research Policy*, v. 11, n. 3, junho.
- DOSI, G. (1988) Sources, procedures and microeconomic effects of innovation. *Journal of Economic Literature*, v. 36, n. 3, p. 1120-1171, setembro.
- DOSI, G. (1997) Opportunities, incentives and the collective patterns of technological change. *Economic Journal*, v. 107, n.444, p. 1530-1547.
- DOSI, G. (2006 [1984]) *Mudança técnica e transformação industrial: a teoria e uma aplicação à indústria dos semicondutores*. Campinas: Editora da Unicamp.
- DUHIGG, C.; LOHR, S. (2012) The patent, used as a sword. *New York Times*, 07 de outubro. [http://www.nytimes.com/2012/10/08/technology/patent-wars-among-tech-giants-can-stifle-competition.html?_r=1&pagewanted=all]
- DxOMARK (2012) DxOMark mobile first quick glance: smartphones beat 5-year-old DSCs. 10 de outubro. [http://www.dxomark.com/index.php/Mobiles/Smartphones-beat-5-year-old-DSCs]

- EPSTEIN, Z. (2012) RIM and HTC are Q3's biggest smartphone losers. *BGR webite*, 08 de novembro. [<http://bgr.com/2012/11/08/smartphone-market-share-q3-2012>]
- ERNST, D. (2002) Global production networks and the changing geography of innovation systems; Implications for developing countries. *Economics of Innovation and New Technology*, v. 11, n. 6, p. 497-523.
- ERNST, D. (2006) Innovation offshoring: Asia's emerging role in global innovation networks. *East-West Center Special Reports* n. 10, julho.
- ERNST, D. (2011) *Indigenous innovation and globalization - the challenge for China's standardization strategy*. IGCC and East-West Center, junho.
- FAI, F.; VON TUNZELMANN, N. (2001) Industry-specific competencies and converging technological systems: evidence from patents. *Structural Change and Economic Dynamics*, v. 12, n. 2, p. 141-170, julho.
- FAN, P. (2006) Catching up through developing innovation capability: evidence from China's telecom-equipment industry. *Technovation*, v. 26, n.3, p. 359-368, março.
- FAN, P. (2010) Innovation-oriented strategies and China's domestic mobile phone companies. *International Journal of Technology and Management*, v.51, n. 2/3/4, p. 168-193.
- FAGERBERG, J; GODINHO, M.M. (2005) Innovation and catching-up. In FAGERBERG, J; MOWERY, D.; NELSON, R. (eds.) *The Oxford handbook of innovation*. Oxford University Press.
- FORESMAN, C. (2012) Apple awarded design patent for actual rounded rectangle. *Ars Technica website*, 07 de novembro. [<http://arstechnica.com/apple/2012/11/apple-awarded-design-patent-for-actual-rounded-rectangle>]
- FRANSMAN, M. (2002) Mapping the evolving telecoms industry: the uses and shortcomings of the layer model. *Telecommunications Policy*, v. 26, n. 9-10, p. 473-483, outubro-novembro.
- FRANSMAN, M. (2005) Conhecimento e evolução industrial: a indústria de comunicações móveis evoluiu sobretudo através de suposições equivocadas. In CASTRO, A.C. *et al.* (orgs.) *Brasil em desenvolvimento: economia, tecnologia e competitividade*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, v. 1, p. 489-516.
- FRANSMAN, M. (2007) Innovation in the new ICT ecosystem. *Communication & Strategies*, n. 68, p. 89-110, 4o. trimestre.
- FRANSMAN, M. (2010), *The New ICT Ecosystems: Implications for Policy and Regulation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- FREEMAN, C. (1987) *Technology policy and economic performance: lessons from Japan*. Londres: Pinter.
- FREEMAN, C. (1994) The economics of technical change. *Cambridge Journal of Economics*, v. 18, n. 5, p. 463-514, outubro.
- FREEMAN, C. (1995) The "national system of innovation" in historical perspective. *Cambridge Journal of Economics*, v. 19, n. 1, p. 5-24, fevereiro.
- FREEMAN, C.; SOETE, L. (2008 [1997]) *A economia da inovação industrial*. Campinas: Editora da Unicamp.

- FUNK, J.L. (2001) *The mobile internet: how Japan dialed up and the West disconnected. What Japan's experience tell us about the mobile internet*. Hong Kong: ISI Publications.
- FUNK, J.L. (2009a) The emerging value network in the mobile phone industry: the case of Japan and its implications for the rest of the world. *Telecommunications Policy*, v. 33, n. 1, fevereiro-março.
- FUNK, J.L. (2009b) The co-evolution of technological change and methods of standard setting: the case of the mobile phone industry. *Journal of Evolutionary Economics*, v. 19, n. 1, p. 73-93, fevereiro.
- GALINA, S.V.R. (2003) *Desenvolvimento global de produtos: o papel das subsidiárias brasileiras de fornecedores de equipamentos do setor de telecomunicações* (Tese de Doutorado). São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia de Produção.
- GALINA, S.V.R.; PLONSKI, G.A. (2005) Inovação no setor de telecomunicações no Brasil: Uma análise do comportamento empresarial. *Revista Brasileira de Inovação*, v. 4, n. 1, p. 129-155, janeiro-junho.
- GANTUMUR, T.; STEPHAN, A. (2012) Mergers & acquisitions and innovation performance in the telecommunications equipment industry. *Industrial and Corporate Change*, v. 21, n. 2, p. 277-314, abril.
- GARELLI, S. (2013) O protecionismo de cara nova. *Valor Econômico*, 11 de março. [<http://www.valor.com.br/opiniaio/3039208/o-protecionismo-de-cara-nova>]
- GAO, X.; LIU, J. (2012) Catching up through the development of technology standards: the case of TD-SCDMA in China. *Telecommunications Policy*, v. 36, n. 7, p. 531-545, agosto.
- GARTNER (2009) *Eight mobile technologies to watch in 2009 and 2010*. Gartner Inc., fevereiro. [<http://www.gartner.com>]
- GAWER, A.; CUSSUMANO, M. (2002) *Platform leadership: how Intel, Microsoft, and Cisco drive industry innovation*. Boston: Harvard Business School Press.
- GAWER, A.; CUSUMANO, M. (2012) *Industry Platforms and Ecosystem Innovation*. Paper to be presented at the DRUID 2012. Copenhagen, Denmark.
- GAWER, A.; HENDERSON, R. (2007) Platform owner entry and innovation in complementary markets: evidence from Intel. *Journal of Economics & Management Strategy*, v. 16, n. 1, p. 1-34, primavera.
- GELLER, J.S. (2012) Google Nexus 4 review. *BGR website*, 08 de novembro. [<http://bgr.com/2012/11/08/google-nexus-4-review>]
- GERUM, E.; SJURTS, I.; STIEGLITZ, N. (2004) *Industry convergence and the transformation of the mobile communication system of innovation*. Phillips-University Marburg, Department of Business Administration and Economics.
- GRANSTRAND, O.; OSKARSSON, C. (1994) Technology diversification in MUL-TECH corporations. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 41, n. 4, p. 355-364.
- GRANSTRAND, O.; PATEL, P.; PAVITT, K. (1997) Multi-technology corporations: why they have “distributed” rather than “distinctive core” competencies. *California Management Review*, v. 39, n. 4, p. 8-25, verão.

- GRUBER, H. (2005) *The economics of mobile communications*. Cambridge: Cambridge University Press.
- GUTIERREZ, R.M.V.; CROSSETTI, P.A. (2003) *A indústria de equipamentos no brasil: evolução recente e perspectivas*. BNDES Setorial. Rio de Janeiro.
- HAGERTY, J. (2013) Shale-gas boom alone won't propel U.S. Industry. *The Wall Street Journal*, 19/03/2013. Disponível em:
<http://online.wsj.com/article/SB10001424127887324392804578362781776519720.htm>
- HE, Z.-L.; LIM, K.; WONG, P.-K. (2006) Entry and competitive dynamics in the mobile telecommunications market. *Research Policy*, v. 35, n. 8, p. 1147-1165, outubro.
- HILLEN, B. (2012) Samsung announces plans to build 1.1 million square foot R&D headquarters. *SlashGear*, 28 de dezembro. [<http://www.slashgear.com/samsung-announces-plans-to-build-1-1-million-square-foot-rd-headquarters-28262506>]
- HOBDAY, M. (1995) *Innovation in East Asia: the challenge to Japan*. Aldershot: Edward Elgar.
- HONG, Y.; ZHENG AN, F. B. (2012) Chinese telecommunications on the threshold of convergence: contexts, possibilities, and limitations of forging a domestic demand-based growth model. *Telecommunications Policy*, v. 36, n. 10-11, p. 914-928, novembro-dezembro.
- HU, J.-L.; HSU, Y.-H. (2008) The more interactive, the more innovative? A case study of South Korean cellular phone manufacturers. *Technovation*, v. 28, n. 1-2, janeiro-fevereiro, p. 75-87.
- KATZ, J. (1984) Domestic technological innovations and dynamic comparative advantage: further reflections on a case-study program. *Journal of Development Economics*, v. 16, n. 1-2, p. 13-37, setembro-outubro.
- KIM, J.; LEE, C.-Y. (2011) Technological regimes and the persistence of first-mover advantages. *Industrial and Corporate Change*, v. 20, n. 5, p. 1305-1333, outubro.
- KIM, L. (2005 [1997]). *Da imitação à inovação: a dinâmica do aprendizado tecnológico da Coreia*. Campinas: Editora Unicamp.
- KLEPPER, S. (1997) Industry life cycles. *Industrial and Corporate Change*, v. 6, n. 1, p. 145-181.
- KLEVORICK, A.K.; LEVIN, R.C.; NELSON, R.R.; WINTER, S.G. (1995) On the sources and significance of inter-industry differences in technological opportunities. *Research Policy*, v. 24, n. 2, p. 185-205, março.
- KLINE, S.J.; ROSENBERG, N. (1986) An overview of innovation. In LANDAU, R.; ROSENBERG, N. (eds.) *The positive sum of strategy: harnessing technology for economic growth*. Washington, DC: National Academy Press, p. 275-305.
- KUBOTA, L.C.; DOMINGUES, E.; MILANI, D. (2010) Diferenças de escala no mercado de equipamentos de telecomunicações. *Radar: tecnologia, produção e comércio*, n. 10, Brasília: IPEA, p. 25-30, outubro.
- LAWTON, C. (2011) Nokia Falls Behind; CEO Hints of Strategy Change. *The Wall Street Journal*, 27 janeiro. [<http://online.wsj.com/article/SB10001424052748704268104576107591575344446.html>]

- LAWTON, C.; RAICE, S. (2011) Nokia Cancels U.S. Launch of X7 Phone. *Wall Street Journal*, 20 janeiro [http://online.wsj.com/article/SB10001424052748704590704576092263659541434.html]
- LEE, J. (2013) Samsung to sell Tizen-based handsets after Motorola deal. *Business Week*, 03 de janeiro. [http://www.businessweek.com/news/2013-01-03/samsung-to-sell-tizen-based-handsets-after-google-motorola-deal]
- LEE, K.; LIM, C. (2001). Technological regimes, catching-up and leapfrogging: findings from the Korean industries. *Research Policy*, v. 30, n. 3, p. 459-483, março.
- LEVINTHAL, D.A.; MARCH, J.G. (1993) The myopia of learning. *Strategic Management Journal*, v. 14, n. S2, p. 95-112, inverno.
- LICKS, V. (2012), Dinâmica do Desenvolvimento de Novos Produtos e Aplicações em Telecomunicações. In KUBOTA, L.C.; SOUZA, R.A.F.; ALMEIDA, M.W.; DE NEGRI, F. (orgs.) *Tecnologias da informação e comunicação: competição, políticas e tendências*. Brasília: Ipea.
- LLOYD, C. (2012) Samsung ending LCD display relationship with Apple. *SlashGear*, 22 de outubro [http://www.slashgear.com/samsung-ending-lcd-display-relationship-with-apple-22253068/?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+slashgear+%28SlashGear%29].
- LUK, L. (2012) Hon Hai Explains iPhone 5 shortage. *Wall Street Journal*, 17 de outubro. [http://blogs.wsj.com/digits/2012/10/17/hon-hais-explanation-for-iphone-5-shortage]
- LUNDVALL, B.-Å. (ed.) (1992) *National innovation systems: towards a theory of innovation and interactive learning*. Londres: Pinter.
- LUNDVALL, B.-Å. (2007) National innovation systems: analytical concepts and development tools. *Industry & Innovation*, v 14, n 1, p. 95-119, fevereiro.
- MADUREIRA, D. (2013) Para teles, regulação é excessiva. *Valor Econômico*, 26 de fevereiro. [http://www.valor.com.br/empresas/3021818/para-teles-regulacao-e-excessiva]
- MALERBA, F. (2002) Sectoral systems of innovation and production. *Research Policy*, v. 31, v. 2, p. 247-264, fevereiro.
- MALERBA, F. (2005) Sectoral systems of innovation: a framework for linking innovation to the knowledge base, structure and dynamics of sector. *Economics of Innovation and New Technology*, v. 14, n. 1-2, p. 63-82, janeiro-março.
- MALERBA, F.; NELSON, R. (2011) Learning and catching up in different sectoral systems: evidence from six industries. *Industrial and Corporate Change*, v. 20, n. 6, p. 1645-1675, dezembro.
- MALERBA, F.; ORSENIGO, L. (1995) Schumpeterian patterns of innovation. *Cambridge Journal of Economics*, v. 19, n. 1, p. 47-65, fevereiro.
- MALERBA, F.; ORSENIGO, L. (1997) Technological regimes and sectoral patterns of innovative activities. *Industrial and Corporate Change*, v. 6, n.1, p. 83-117.
- MAZZOLENI, R.; NELSON, R.R. (2007) Public research institutions and economic catch-up. *Research Policy*, v. 36, n. 10, p. 1512-1528, dezembro.
- METCALFE, J.S. (1998) *Evolutionary economics and creative destruction*. Londres: Routledge.

- MILLER, C.C. (2012) Motorola set for big cuts as Google reinvents it. *New York Times*, 13 de agosto. [http://www.nytimes.com/2012/08/13/technology/motorola-to-cut-20-of-work-force-part-of-sweeping-change.html?_r=4&pagewanted=all&]
- MIRANDA, E.C.B.; MELLO, L.A.R. (2012) Tendências tecnológicas mundiais em telecomunicações e a influência dos processos de normalização e padronização. In KUBOTA, L. C.; DE SOUZA, R. A. F.; DE ALMEIDA, M. W.; DE NEGRI, F. (orgs.) *Tecnologias da informação e comunicação: competição, políticas e tendências*. Brasília: Ipea.
- MOBILE TIME (2011) IDC eleva projeção de vendas mundiais este ano para 63,3 milhões de unidades. *Mobile Time website*, 15 de dezembro. [<http://www.mobiletime.com.br/15/12/2011/idc-eleva-projecao-de-vendas-mundiais-este-ano-para-63-3-milhoes-de-unidades/254158/news.aspx>]
- MOREIRA, A (2013) Huawei tenta ser reconhecida como marca de celular. *Valor Econômico*, 13 de março.
- MOWERY, D.; SAMPAT, B. (2005) Universities in national innovation systems. In FARGERBERG, J.; MOWERY, D.; NELSON, R. (ed.) *The Oxford handbook of innovation*, p. 209-239. Nova York: Oxford University Press.
- MU, Q.; LEE, K. (2005) Knowledge diffusion, market segmentation and technological catch-up: the case of the telecommunication industry in China. *Research Policy*, v. 34, n. 6, p. 759-783, agosto.
- NARIN, F.; HAMILTON, K.S.; OLIVASTRO, D. (1997) The increasing linkage between U.S. technology and public science. *Research Policy*, v. 26, n. 3, pp. 317-330, outubro.
- NASCIMENTO, P.A. (2010) Capacitações científicas do Brasil em telecomunicações: o que se pode depreender da evolução recente da produção de artigos na área? *Radar: tecnologia, produção e comércio*, n. 10. Brasília: IPEA, p. 13-24, outubro.
- NELSON, R.R.; WINTER, S.G. (1977) In search of a useful theory of innovation. *Research Policy*, v. 6, n. 1, p. 36-76, janeiro.
- NELSON, R.R. (ed.) (1993) *National innovation systems: a comparative analysis*. Nova York: Oxford University Press.
- NELSON, R.R.; ROSENBERG, N. (1993) Technical innovation and national systems. In NELSON, R.R. (ed.) *National innovation systems*. Oxford: Oxford University Press.
- NELSON, R.R. (1994) Co-evolution of industry structure, technology and supporting institutions, and the making of comparative advantage. *International Journal of the Economics of Business*. v. 2, n. 2, p. 171-184.
- NELSON, R.R.; SAMPAT, B.N. (2001) Making sense of institutions as a factor shaping economic performance. *Journal of Economic Behavior & Organization*, v. 44, n.1, p. 31-54, janeiro.
- NELSON, R.R.; WINTER, S.G. (2006) [1982] *Uma teoria evolucionária da mudança econômica*. Campinas: Editora da Unicamp.
- NERIS JR., C.P.; FUCIDJI, J.R.; GOMES, R. (2012) Transformações recentes na indústria de telefonia móvel: um exame de tecnologias emergentes. *Anais do XL Encontro da Associação Nacional dos Centros de Pós-Graduação em Economia (ANPEC)*, Porto de Galinhas (PE), 11-14 de dezembro.

- O ESTADO DE SÃO PAULO (2012) INPI confirma que “iPhone” é da Gradiante. 18 de dezembro. [<http://blogs.estadao.com.br/link/inpi-confirma-que-iphone-e-da-gradiente>]
- OKUBO, Y. (1997) *Bibliometric indicators and analysis of research systems: methods and examples*. Paris: OCDE/GD.
- ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (2005) *The measurement of scientific and technological activities: Guidelines for collecting and interpreting innovation data (Oslo Manual)*, 3rd ed. Paris: OECD.
- ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (2008) *OECD Information Technology Outlook*. Paris: OECD.
- PACHECO, C.A. (2011) *Uma comparação entre a agenda de inovação da China e do Brasil*. Trabalho preparado para o Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial.
- PALMBERG, C.; MARTIKAINEN, O. (2006) Diversification in response to ICT convergence – indigenous capabilities versus R&D alliances of the Finnish telecom industry. *Info*, v. 8, n. 1, p. 67-84.
- PATEL, P.; PAVITT, K. (1997) The technological competencies of the world's largest firms: complex and path-dependent, but not much variety. *Research Policy*, v. 26, n. 2, p. 141-156, maio.
- PAVITT, K. (1991) What makes basic research economically useful? *Research Policy*, v. 20, n. 2, p. 109-119, abril.
- PENROSE, E. (2006 [1959]) *A teoria do crescimento da firma*. Campinas: Editora da Unicamp.
- PÉREZ, C. (1988) New technologies and development. In FREEMAN, C.; LUNDEVALL, B.Å. (eds.) *Small Countries Facing the Technological Revolution*. Londres: Pinter.
- PÉREZ, C. (2001) Technological change and opportunities for development as a moving target. *Cepal Review*, n. 75, p. 109-130, dezembro.
- PORTER, A.L. (1999) Tech forecasting: An empirical perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 62, n. 1-2, p. 19-28, agosto-setembro.
- POSSAS, M.L. (1989) Em direção a um paradigma microdinâmico: a abordagem neoschumpeteriana. In: AMADEO, E.J. (org.) *Ensaio sobre economia política moderna: teoria e história do pensamento econômico*. São Paulo: Marco Zero, p. 157-178.
- PÓVOA, L.M.C. (2008) A crescente importância das universidades e institutos públicos de pesquisa no processo de *catching-up* tecnológico. *Revista de Economia Contemporânea*, v. 12, n. 2, p. 273-300, maio-agosto.
- REED, B. (2012) FTC reportedly preparing to sue Google over alleged "abuse" of its Motorola patents. *BGR website*, 02 de novembro. [<http://bgr.com/2012/11/02/ftc-lawsuit-planned-over-google-motorola-patent-use>]
- RICHMOND, S. (2013) Jonathan Ive interview: Apple's design genius is British to the core. *The Telegraph*, 22 de janeiro. [<http://www.telegraph.co.uk/technology/apple/9283486/Jonathan-Ive-interview-Apples-design-genius-is-British-to-the-core.html>]
- ROSENBERG, N. (1976) *Perspectives of technology*. Cambridge: Cambridge University Press.

- ROSENBERG, N. (2006 [1982]) *Por dentro da caixa preta*. Campinas: Editora da Unicamp.
- SCHMOCH, U. (2008), *Concept of a Technology Classification for Country Comparisons*. Final Report to the World Intellectual Property Organisation (WIPO) [http://www.wipo.int/ipstats/en/statistics/patents/pdf/wipo_ipc_technology.pdf]
- SCHUMPETER, J.A. (1984 [1942]) *Capitalismo, socialismo e democracia*. Rio de Janeiro: Zahar.
- SCHUMPETER, J.A. (1997 [1934]) *Teoria do desenvolvimento econômico*. São Paulo: Nova Cultural.
- SOUPOURIS, A. (2012) Nokia reports \$754 million quarterly loss as Lumia approaches one year anniversary. *The Verge*, 18 de outubro. [<http://www.theverge.com/2012/10/18/3517778/nokia-q3-2012-financial-report>]
- SPECTOR, M.; MATTIOLI, D. (2012) Kodak teeters on the brink. *Wall Street Journal*, 05 de janeiro [<http://online.wsj.com/article/SB10001424052970203471004577140841495542810.html>].
- STOPFORD, J. (1995) Competing globally for resources. *Transnational Corporations*, v. 4, n. 2, p. 34-57, agosto.
- STRATEGY ANALYTICS (2012) *Press releases – vários números*. [<http://www.strategyanalytics.com/default.aspx?mod=pressreleaseviewer&a0=5301>]
- STURGEON, T.J. (1997) Does manufacturing still matter? The organizational delinking of production from innovation. *BRIE Working Paper 92B*, Berkeley Roundtable on the International Economy, agosto.
- STURGEON, T.J. (2002) Modular production networks: a new American model of industrial organization. *Industrial and Corporate Change*, v. 11, n. 3, p. 451-496, junho.
- SUZIGAN, W.; ALBUQUERQUE, E.M. (2011) The underestimated role of universities for the Brazilian system of innovation. *Revista de Economia Política*, v. 31, n. 1, p. 3-30, janeiro-março.
- SZAPIRO, M.H.S. (2008) *Uma agenda de competitividade para a indústria paulista – Indústria de equipamentos de telecomunicações*. São Paulo: IPT-USP-UNICAMP-UNESP.
- SZAPIRO, M.H.S. (2012) Capacitações tecnológicas e competitivas da indústria de equipamentos de telecomunicações no Brasil. In KUBOTA, L.C.; SOUZA, R.A.F.; ALMEIDA, M.W.; DE NEGRI, F. (orgs.) *Tecnologias da informação e comunicação: competição, políticas e tendências*. Brasília: Ipea.
- TEECE, D.J. (1986) Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy. *Research Policy*, v. 15, n. 6, p. 285-305, dezembro.
- TEECE, D.J.; PISANO, G. (1994) The dynamic capabilities of firms: an introduction. *Industrial and Corporate Change*, v. 3, n. 3, p. 537-556.
- THE ECONOMIST (2011a) Nokia falls into the arms of Microsoft. (Mobile handset-makers), 11 de fevereiro. [http://www.economist.com/blogs/newsbook/2011/02/mobile_handset-makers]

- THE ECONOMIST (2011b) Why buy Skype? (Schumpeter – Business and Management), 10 de maio. [http://www.economist.com/blogs/schumpeter/2011/05/microsoft_and_skype]
- THE ECONOMIST (2012) Difference engine: Copying the copier. (Babbage – Science and Technology), 06 de agosto. [<http://www.economist.com/blogs/babbage/2012/08/mobile-phones>]
- THOMAS, D. (2013) Race to put more WiFi hotspots on the map. *Financial Times*, 17 de fevereiro. [<http://www.ft.com/intl/cms/s/0/4a48aa0a-7785-11e2-b95a-00144feabdc0.html#axzz2OI7g9wRC>]
- UNITED NATIONS CENTRE ON TRADE AND DEVELOPMENT (2005) *World Investment Report 2005: Transnational Corporations and the Internationalization of R&D*. Geneva: UNCTAD.
- UTTERBACK, J.M. (1994) *Mastering the dynamics of innovation: How companies can seize opportunities in the face of technological change*. Boston: Harvard Business School Press.
- VANITY FAIR (2012) Microsoft's downfall: Inside the executive e-mails and cannibalistic culture that felled a tech giant. 03 de julho. [<http://www.vanityfair.com/online/daily/2012/07/microsoft-downfall-emails-steve-ballmer>]
- VIRKI, T. (2011) Nokia aims to undercut rivals with volume focus. *Reuters*, 16 novembro 2011. [<http://www.reuters.com/article/2011/11/16/us-nokia-ceo-idUSTRE7AF1O820111116>]
- WATTS, R.J.; PORTER, A.L. (1997) Innovation forecasting. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 56, n. 1, p. 25-47, setembro.
- WEST, J.; MACE, M. (2010) Browsing as the killer app: Explaining the rapid success of Apple's iPhone. *Telecommunications Policy*, v. 34, n. 5-6, p. 270-286, junho-julho.
- WOMACK, B. (2012) Google chairman says Android winning mobile war with Apple. *Blomberg News*, 12 de dezembro. [<http://www.bloomberg.com/news/2012-12-12/google-chairman-says-android-winning-mobile-war-with-apple-tech.html>]
- YAN, H. (2011) *A comparision study of the chinese Telecom industry emerging and the declining: the emerging and the declining ones*. Texto preparado para a conferên-cia de inverno do Danish Research Unit for Industrial Dynamics (DRUID) e DIME Academy.