

## **Capítulo V**

### **Um Enfoque ‘Internalista’: as Estratégias dos Atores da Inovação**

#### V.1 - Introdução

Neste capítulo, os três casos serão examinados de acordo com uma perspectiva internalista, ou seja, serão analisadas as estratégias e os cursos de ação tomados pelos agentes relevantes durante o processo de mobilização dos recursos e de desenvolvimento dos sistemas digitais, o ‘AXE-10’ sueco, o ‘System X’ britânico e o ‘Trópico’ brasileiro. O enfoque empregado segue, até certo ponto, a abordagem ator-rede de Callon e Law (1992).

Dentro dessa perspectiva, o foco de análise se desloca para os agentes da inovação. O contexto passa a ser visualizado de acordo com as visões desses agentes. A ênfase da análise recai sobre os agentes, suas opiniões sobre a situação em que se encontram e as negociações que entabulavam entre si de acordo com essas visões. Assim, a análise focaliza como a estrutura dos projetos, nos três casos, foi concebida no curso de um conjunto de negociações entre atores da vizinhança que estavam, de algum modo, envolvidos com o setor de telefonia. Tais agentes, que iniciaram o desenvolvimento do projeto, buscaram desde então estabelecer sua forma de tal modo que permitisse garantir sua sobrevivência. Em alguns casos, a questão era de assegurar os recursos necessários oferecidos pelos atores da vizinhança. Em outros casos, tratava-se de assegurar a neutralidade de agentes hostis ao projeto durante um certo período. Nesse momento inicial, o espaço de negociação para os primeiros promotores do novo

sistema era, via de regra, bastante limitado. Eles eram obrigados a adotar uma abordagem gradual. Por exemplo, nenhum apoio decisivo seria obtido a menos que eles conseguissem produzir idéias mais claras sobre o projeto do novo sistema de telefonia, seus prováveis fabricantes, custos envolvidos, cronograma de trabalho para o desenvolvimento, contratos com empresas, etc. Em suma, eles precisavam conseguir ‘aliados’, tanto sociais como técnicos.

De acordo com essa perspectiva, é perfeitamente natural que aos olhos dos agentes da inovação o contexto ‘exterior’ lhes aparecesse como se composto de elementos que podiam ser manipulados. Nesse sentido, a acumulação de um conjunto de contatos formais e informais, compromissos assumidos, reuniões, contratos assinados, planos iniciais, soluções científicas novas, elementos técnicos variados, etc, que os agentes da inovação conseguiam ligar ao projeto para fortalecê-lo, podiam ser vistos como uma rede de elementos heterogêneos em movimento. Ou seja, pela perspectiva de quem está contribuindo ou promovendo a geração de uma tecnologia, a metáfora de ‘rede’ ou ‘ator-rede’ simboliza bem o processo específico de ‘esforço de construção’ de uma rede tecnológica. Também é importante salientar que, dentro dessa perspectiva, os fatores técnicos e sociais aparecem de uma forma bastante integrada.

O foco da análise, portanto, volta-se para a maneira como os vários participantes enxergavam o novo projeto, de modo que o observador ‘externo’ pudesse ter a visão de quem estava promovendo os projetos e, assim, entender a mobilização da rede local. Na linguagem da abordagem ‘construtivista’, por exemplo, os novos projetos tinham o que se pode chamar de ‘geometria variável’: representavam coisas diferentes para os diversos atores, isto é, possuíam um alto grau de ‘flexibilidade interpretativa’ (Callon & Law, 1992, p24). Isso teve profunda influência na maneira como foi criado o grupo oficial de atores que iria desenvolver cada projeto, isto é, no modo como foi criada a ‘rede local’. Em cada país, os grupos sociais relevantes eram os usuários de telefones, os Governos, as companhias telefônicas, as empresas fabricantes de equipamentos, os cientistas e engenheiros que trabalhavam nas companhias operadoras e nas empresas fabricantes, entre outros.

Um primeiro elemento notável, na observação dos três casos, é que a necessidade de um novo sistema de telefonia não era evidente nem na Suécia ou no Reino Unido no final dos anos 60, nem no Brasil nos anos 70. A necessidade foi sendo constituída à medida que os projetos foram sendo criados. Como consequência disso, no início nenhum dos projetos contava com o apoio decisivo dos atores envolvidos no setor de telefonia. Houve então um processo paulatino de convencimento, em que determinados agentes conseguiram gradualmente remover obstáculos para a aceitação dos projetos e a fundação oficial dos grupos que os desenvolveriam.

Num segundo momento, quando as organizações responsáveis pelos projetos foram oficialmente formadas, elas começaram imediatamente o processo de definição das equipes de cientistas, engenheiros e técnicos, e de mobilização dos recursos científicos e técnicos, como máquinas, relatórios, planos, detalhamentos, etc, isto é, de formação da rede local. Esse processo era realizado com vistas a estruturar e tornar operacional o trabalho das equipes, abrangendo todas as negociações sobre o planejamento e condução dos projetos. Nessa etapa, portanto, “os novos projetos tinham conseguido criar para si um tempo e um espaço próprios, dentro dos quais eles podiam negociar e mobilizar os recursos que obtinham dos atores de fora – da vizinhança ou rede global” (Callon & Law, *op.cit.*, p21). Podemos dizer que os projetos tinham alcançado certo grau de autonomia, um “espaço de negociação” próprio. A análise considera então as negociações e transações que ocorreram dentro de cada um desses espaços criados.

A construção dessas redes global e local seguiram cursos diferentes, por vezes lentos e tortuosos, como nos casos brasileiro e britânico, às vezes mais rápidos, como no caso sueco. Nos dois primeiros, houve certas dificuldades na interação entre as redes, situação que levou a modificações na condução do projeto. Em função disso, a análise neste capítulo irá rastrear as estratégias e as contingências que conduziram à criação de ambas as redes, local e global, a evolução delas e de seus promotores durante o período em que eles tentaram moldar tanto as redes quanto o controle das relações entre elas.

Vejamos então como a análise, dentro da perspectiva ‘internalista’, descreve os três casos históricos. Tentarei mostrar que a análise das estratégias sob essa perspectiva é imprescindível para se entender a história das três tecnologias. Por outro lado, pretendo mostrar também que uma análise centrada nas estratégias e ações criativas dos agentes da inovação não pode dispensar ou menosprezar um exame mais sistemático do papel das regras estruturais ‘dadas’ e das dinâmicas ‘externas’ ao processo de inovação.

É lícita aqui uma observação em relação ao material examinado sob a perspectiva ‘internalista’, no sentido de poder contrastá-la de forma mais nítida com a perspectiva anterior. Tente o leitor ler a análise feita aqui como se nada soubesse a respeito dos três casos históricos, ou seja, como se não tivesse visto o Capítulo IV e estivesse lendo pela primeira vez a análise dos três casos.

## V.2 - A criação do sistema digital no Reino Unido

O primeiro esboço do novo sistema de telefonia surgiu em 1966, em um artigo em que Roy Harris descreve as idéias básicas daquilo que um sistema mais avançado deveria adotar. Em 1968, o mesmo Harris redigiu o que viria a se tornar o plano inicial do projeto, no qual as idéias básicas estavam mais claramente delineadas. Roy Harris era o cientista-chefe do grupo conjunto de P&D, denominado JERC, que reunia o BPO e as empresas fabricantes de equipamentos telefônicos. Ele tinha grande experiência em coordenar pesquisas no departamento de P&D do BPO, do qual fazia parte, e do JERC até 1968, quando este foi extinto.

### V.2.a - O novo projeto na visão dos agentes envolvidos

Para os cientistas e engenheiros reunidos no JERC, era necessário que o produto final fosse um sistema de telefonia que (a) resolvesse definitivamente o problema já crônico da falta de linhas telefônicas no Reino Unido; (b) atendesse aos requisitos da rede telefônica britânica; (c) oferecesse serviços mais avançados e de melhor qualidade; (d) fosse desenvolvido em conjunto pelo BPO e as empresas; e (e) pudesse ser produzido pelas empresas fabricantes do Reino Unido. As discussões e transações foram

negociadas em torno destas hipóteses iniciais. Além disso, o projeto do novo sistema representava a busca de um sistema realmente mais avançado, um desafio científico e tecnológico que re-colocaria o Reino Unido de volta na vanguarda científica no setor de tecnologia telefônica. De acordo com o grupo, as disputas políticas e econômicas em torno do projeto eram desperdício de tempo e dinheiro e só prejudicavam a criação de um novo sistema.

Para os usuários de telefones e para a mídia britânica, de modo geral, qualquer novo projeto representava mais uma tentativa, vista com desconfiança, de resolver o problema da falta crônica de linhas telefônicas e da má qualidade de seus serviços.

Para o Governo, por sua vez, era urgente uma solução que fosse suficientemente rápida e barata e que conseguisse resolver ou, no mínimo, mitigar de forma efetiva a falta crônica de linhas telefônicas e a pressão política advinda disso. Mas o projeto não era visto pelo Governo apenas por esta perspectiva. Para ele, qualquer novo projeto deveria se encaixar na política geral de reforma da indústria britânica iniciada pelo Governo Trabalhista de Wilson, em 1966 (Hills, 1984). Sua meta era eliminar da indústria britânica os monopólios, pois eles eram vistos como responsáveis pela baixa eficiência e produtividade da indústria britânica e pelo fracasso de suas exportações. A política industrial para o setor de telecomunicação foi detalhada no ato governamental de 1968 (ver Capítulo IV). De acordo com a nova política, o BPO não poderia mais determinar o que as empresas deveriam produzir. Em outras palavras, isso significava que o BPO, como monopólio dos serviços telefônicos e único consumidor de equipamentos de telefonia, deveria abster-se de investir na pesquisa e no desenvolvimento dos equipamentos de que necessitava. Essa tarefa caberia às empresas fabricantes do setor. Eram estas que deveriam competir num mercado aberto, para produzir equipamentos melhores e mais baratos. Ao BPO caberia optar pelos melhores equipamentos, importando parte deles, caso fosse necessário. Portanto, o Governo britânico considerava que qualquer novo projeto deveria se encaixar em sua política de eliminação do oligopólio na produção de equipamentos de telefonia.

Para o BPO, qualquer projeto deveria representar o desenvolvimento de um sistema realmente mais moderno para a rede telefônica britânica, que solucionasse definitivamente a falta crônica de linhas telefônicas, além de possibilitar serviços mais avançados e de qualidade. Havia no entanto uma divisão interna: enquanto sua gerência, mais ligada ao Governo, concordava ou, simplesmente, não podia desobedecer as diretrizes do Governo, seus cientistas e engenheiros divergiam da política industrial do Governo para o setor, considerando que isso na verdade prejudicaria a busca de uma solução duradoura para o setor de telecomunicações. É possível que a própria gerência do BPO também considerasse que deixar as empresas fabricantes competirem livremente não era a melhor solução para se obter equipamentos de telefonia em quantidade, melhores e mais baratos; entretanto, ela não se encontrava em condições de poder fazer escolhas, por dois motivos: 1<sup>o</sup>) porque o BPO era um órgão governamental que obedecia às diretrizes gerais estabelecidas pelo Governo, que sobre ele exercia rígido controle; 2<sup>o</sup>) porque o BPO não tinha a autonomia financeira e, assim, administrativa, necessária para planejar soluções de médio e longo prazo que resolvessem de forma eficiente a falta de linhas telefônicas e a qualidade dos serviços. O BPO sofria com apertos no seu orçamento impostos pelo Ministério do Tesouro (Treasury).

Para as empresas, o novo projeto proposto pelo BPO representava uma tentativa a mais do BPO de criar um novo sistema de telefonia de forma centralizada, não levando em conta devidamente seus interesses. As empresas enxergavam a coordenação pelo BPO de um novo projeto com desconfianças em parte devido ao fracasso da tentativa eletrônica do Highgate Wood, em 1962. Esse trauma aparecia sob a forma de elevada desconfiança com que as empresas viam as tentativas do BPO de enquadrá-las em qualquer novo projeto. Mesmo porque elas tinham suas próprias idéias e propostas para solucionar o problema da falta de linhas telefônicas e achavam que tanto os cientistas e engenheiros do BPO quanto os dirigentes do BPO e do Governo não demonstravam percepção realista sobre a viabilidade técnica e, principalmente, financeira para a criação de um novo sistema. As empresas temiam entrar novamente “numa fria”. Para elas, era necessário obter com enorme urgência um novo sistema de telefonia para substituir os velhos e obsoletos equipamentos ‘Strowger’ que elas ainda eram obrigadas

a produzir em larga escala para o BPO. Elas buscavam soluções de sistema híbridos, combinando chaves ‘reed-relay’ e ‘crossbar’ (os TXEs e TXKs) e controle eletrônico, considerando-os como os mais viáveis para resolver com rapidez a falta de linhas telefônicas no Reino Unido e tentar exportá-los para outros países. Elas consideravam a manutenção da produção dos antiquados equipamentos Strowger, que ainda produziam para o BPO, como a razão principal para o declínio de sua participação no mercado mundial.

Para as empresas GEC e Plessey o novo sistema deveria utilizar uma tecnologia ‘crossbar’ para as chaves e controle eletrônico sobre elas com processador em tempo real (computador). Estas companhias desenvolveram e produziram equipamentos de comutação telefônica que foram chamados de ‘TXK3’ e ‘TXK4’. Ao mesmo tempo elas desenvolviam processadores, o ‘Mark’ da GEC e o ‘P250’ da Plessey. Ambos os projetos tinham ligações com planos militares já que tais processadores eram vistos como tecnologias estratégicas pelos militares. Entretanto, seu uso no controle das chaves semi-eletrônicas ainda engatinhava. Seguindo uma linha bem diferente, a outra empresa, a STC, considerava que as chaves deveriam ser as denominadas ‘reed-relay’ e que o controle sobre elas deveria ser o ‘wired-logic’ (programação rígida). Esta tecnologia de controle tinha sido criada a partir do projeto eletrônico fracassado de 1962. Como resultado desta escolha, a STC desenvolveu e produziu o TXE4 para o BPO. Portanto, o projeto de um novo sistema também era olhado com desconfiança pelas três empresas porque elas já tinham soluções imediatas a oferecer e competiam entre si. As empresas temiam que o governo favorecesse uma em detrimento das outras. A par disso, elas achavam que as especificações da rede britânica eram por demais exigentes e que deveriam, por isso, ser simplificadas de modo a não prejudicar a produção de equipamentos que pudessem ser exportados para outros países.

Pode-se perceber claramente que muitas das condições, examinadas de um ponto de vista ‘externo’ no Capítulo IV, agora aparecem dentro da ótica ‘interna’ dos agentes envolvidos no setor de telefonia. No entanto, observe o leitor que os eventos que não têm a ver *diretamente* com o projeto tendem a desaparecer da análise – em particular, a dinâmica política e econômica maior do Reino Unido e, mesmo, a história prévia dos

sistemas de telefonia. Elas afloram sim, mas apenas quando têm alguma relação com o projeto. Ou seja, o contexto é analisado *em função* do projeto.

#### V.2.b - O nascimento do projeto e a fundação do grupo de desenvolvimento

O novo projeto passou por um longo caminho até ser aceito pelo BPO, pelo Governo e, depois, pelas empresas. A origem deste processo pode ser rastreada a partir da fundação, em janeiro de 1969, do grupo chamado 'Advisory Group for Specification Design' (AGSD), Grupo Consultor para a Definição das Especificações, três meses após a extinção do JERC. Através do AGSD, os cientistas e engenheiros do BPO e das empresas podiam continuar mantendo contato e trocar informações científicas, muito embora não pudessem mais entrar nos pormenores técnicos devido à situação de competição entre as empresas. O mais importante, no entanto, é que os cientistas conseguiram, com a fundação AGSD, salvaguardar um espaço próprio em que podiam avançar os conceitos-chave sobre as características técnicas desejáveis para o novo sistema de telefonia. Esse grupo representava o primeiro espaço de negociação com o objetivo de desenvolver o novo sistema.

Porém, o clima era desfavorável ao trabalho do AGSD, pois nem as empresas, nem o BPO, nem muito menos o Governo queriam ouvir falar de pesquisas conjuntas em que o BPO participasse. Lembrando, as empresas não viam o novo projeto como uma alternativa viável, pois consideravam-no como mais um projeto criado por engenheiros sem visão comercial, tal qual fora o fracassado projeto eletrônico do JERC (Tom, entrevista feita em 29/9/89)<sup>1</sup>. Neles, as empresas não depositavam confiança. Até porque elas próprias tinham os seus departamentos de P&D e perseguiam, como já mencionado, suas próprias alternativas.

Como o BPO estava oficialmente proibido de realizar pesquisas em torno de um novo sistema, dada a política industrial do Governo, o AGSD foi fundado como uma organização de consultoria, pela qual o BPO orientaria as empresas sobre as

---

<sup>1</sup> As entrevistas dos casos britânico e sueco foram realizadas por Afonso Molina como está assinalado na Introdução da tese. A seu pedido, os nomes verdadeiros não são revelados. No lugar deles estão apenas nomes fictícios.

especificações técnicas da rede britânica de modo a compatibilizá-las com os diferentes equipamentos produzidos pelas três empresas. Esse serviço, embora necessário, não foi a razão principal de sua fundação, mas foi usado oportunamente como pretexto para tanto. Os cientistas e engenheiros estavam definitivamente interessados, como se torna claro pelas entrevistas de alguns deles que participaram do projeto ‘System X’, em avançar no caminho da criação de um novo sistema de telefonia (Jim, entrevista feita em 31/9/89; Bob, em 18/9/89). De acordo com eles, a política governamental de estimular competição no setor representava uma barreira para o novo projeto e surgia num momento muito inapropriado.

Garantido este espaço inicial de negociação, os cientistas e engenheiros trataram de refinar as feições técnicas do novo sistema, baseado no artigo de Harris, e produzir ‘intermediários’ na forma de relatórios com o objetivo de convencer o BPO e o Governo da necessidade do novo sistema. Nos anos de 1969, 70 e 71, os cientistas do BPO realizaram diversas simulações computacionais e produziram relatórios comparativos entre todos os sistemas de telefonia existentes ou em projeto (Strowger, TXK, TXE e o ‘System X’) (Hills, 1984). Os relatórios apresentados ao BPO e ao Governo apontavam para a necessidade de construir o novo sistema em cooperação com as empresas (Molina, *op.cit.*, p43).

O primeiro passo foi demonstrar que o custo de se continuar adquirindo equipamentos com a tecnologia Strowger era proibitivo a médio e longo prazo, pois este sistema exigia grande quantidade de mão de obra para sua produção e, em particular, para sua manutenção, além do que, é claro, não possibilitaria serviços mais avançados e de qualidade. O segundo passo foi mostrar que o custo de desenvolvimentos paralelos de tecnologias com sistemas diferentes (‘crossbar’ e ‘reed-relay’) deixadas ao bel-prazer das companhias fabricantes se tornaria muito alto a longo prazo, sendo que o BPO terminaria, no fim, por pagar esse preço. Os custos com o desenvolvimento e utilização de várias tecnologias – os ‘custos de variação’ como se dizia na época – seriam extremamente altos para o BPO. “Eles verificaram que mesmo uma variação pequena em um dos sistemas, com contratos de 10 milhões de libras resultaria em custos excessivos para o Correio Britânico [BPO] em documentação, treinamento,

planejamento, licitação e manutenção, num valor entre 1,3 a 6 milhões de libras.” (Hills, op.cit., p129). Os relatórios indicavam também que seria mais sensato concentrar investimentos em pesquisas numa única direção de modo a evitar desperdícios de desenvolvimentos duplicados ou mesmo triplicados. Portanto, seria mais apropriado desenvolver a tecnologia do novo sistema *em conjunto*, evitando-se o desperdício de vultuosos investimentos em P&D. Mais tarde, a produção dos novos equipamentos poderia então ser realizada por meio de competição entre as empresas fabricantes.

Ainda em relação aos custos, um dos engenheiros que participaram da redação desses relatórios tinha também outra preocupação: “considerações econômicas nos forçaram a ter muita perspicácia para reduzir custos. Mas, ao mesmo tempo, devemos cultivar a tecnologia da flexibilidade e canalizar nosso conhecimento científico na direção daqueles conceitos que contribuem para uma capacitação total em telecomunicações que possibilitarão, no futuro, a inclusão de novas demandas e novas tecnologias.” (Whyte, 1969, p141). Ele mesmo explica: “A qualquer momento é fácil criar um sistema de ‘custo mais baixo’ e haverá sem dúvida pressão para assim proceder. Mas o perigo é nos tornarmos prisioneiros de um projeto de sistema particular e uma tecnologia particular” (op.cit., 140). Ou seja, esse grupo de cientistas e engenheiros já mostrava a preocupação de criar um sistema de telefonia que pudesse evoluir conforme a evolução de outras tecnologias, o conceito de ‘potencial evolutivo’ que Harris sempre salientava. Considerações de custo, portanto, deveriam ser vistas como uma questão de longo prazo.

É importante notar que essas conclusões são as mesmas que vimos antes, mas examinadas de acordo com a perspectiva ‘externalista’<sup>2</sup>. Ou seja, no capítulo anterior, as conclusões eram fruto não da percepção estratégica dos cientistas e engenheiros do AGSD e BPO, como visto acima, mas, ao contrário, eram o resultado ou da dinâmica do mercado, ou da lógica de contenção dos gastos governamentais, ou ainda da necessidade “imperativa” de integração das pesquisas, dadas as características específicas da tecnologia de telefonia. Eram condições externas que obrigavam os atores a concluir

---

<sup>2</sup> É importante salientar que as duas perspectivas não necessariamente conduzem a análise para as mesmas conclusões. Se assim procurei fazer foi para não tornar confusa esta múltipla comparação, entre três histórias distintas e entre três enfoques diferentes.

pela necessidade de cooperação num projeto de um sistema com capacidade de evolução. Aqui essa necessidade é vista essencialmente como opção percebida, formulada e escolhida pelos atores.

O primeiro sinal de que o Governo se sensibilizou com os argumentos dos cientistas do AGSD e BPO foi a decisão de interromper a produção de equipamentos com o sistema Strowger em 1971, e de escolher um sistema interím para substituir o velho sistema enquanto o novo estivesse sendo desenvolvido. No entanto, a escolha desse sistema intermediário foi feita de tal modo que acabou prejudicando os esforços do BPO para reunir as empresas em torno do projeto do novo sistema. O BPO optou pelo sistema TXE-4 (sistema híbrido 'reed-relay'), desenvolvido pela STC, assinando um contrato, em junho de 71, para aquisição de 20 centrais desse tipo. Isso provocou reação imediata e irada das empresas preteridas, que produziam o sistema híbrido 'crossbar'. A crise tornou pública a disputa em torno do mercado de telefonia (Hills, 1984, p135). GEC e Plessey alegavam que o mercado britânico de telefonia teria sido entregue a uma companhia estrangeira, já que a STC era subsidiária da empresa americana ITT. Além disso, elas repentinamente se transformaram em defensoras dos trabalhadores. A fabricação dos novos equipamentos com tecnologia 'reed-relay' da STC empregaria um número muito menor de trabalhadores e todos do sexo feminino, uma vez que a produção seria de um sistema 'mais eletrônico', setor em que a mão-de-obra feminina predominava. Já a produção de equipamentos 'crossbar' das duas empresas, 'menos eletrônico', conservaria um maior número de empregos masculinos (op.cit., p135).

Para conseguir convencê-las a se associarem ao projeto do novo sistema o BPO assinou contratos também com a GEC e Plessey para adquirir seus equipamentos 'crossbar'. O período de disputa teve longa duração e tal acordo, contemplando todas as três empresas, somente foi fechado em 1974. As decisões governamentais a respeito tinham sido adiadas inúmeras vezes, o que contribuiu para a falta de definição no setor. Em abril de 1974, foi fundado o grupo de desenvolvimento do novo sistema, constituído pelas empresas e coordenado pelo BPO. O que se percebe claramente desse período, é que as empresas estavam interessadas em soluções de curto prazo para as vendas de

seus equipamentos de telefonia, importando-se pouco com a adequação ou não dos seus sistemas à rede britânica. Talvez como resposta a essas disputas, foi instaurada em 1974 uma comissão parlamentar de inquérito – a Comissão Carter –, liderada pelo Professor Charles Carter (Hills, op.cit., p121), para analisar os problemas do setor de telefonia.

#### V.2.c - Disputas sobre as definições cruciais do projeto

As três empresas aguardaram o estabelecimento e a assinatura formal dos contratos para realmente iniciar os trabalhos de desenvolvimento do 'System X'. Foi, novamente, um longo e difícil período de negociação em que ocorreram disputas acirradas entre o BPO e as empresas, e entre elas próprias. Foi após esse período que o projeto realmente “deslanchou”, apenas em 1977, quando os primeiros contratos foram assinados e o BPO pagou as empresas pelas partes que seriam desenvolvidas. Até isso acontecer as empresas se mobilizaram apenas para planejar as tarefas e para negociar a divisão dos módulos do novo sistema. De acordo com a estratégia das empresas, perceptível nas entrevistas com sua alta gerência (Tom, entrevista cit.), o novo projeto era visto como uma maneira de auferir lucros com o desenvolvimento de 'partes' do novo sistema.

Enquanto isso, o BPO buscou integrar e gerenciar uma equipe formada por cientistas e engenheiros das quatro organizações: BPO, GEC, Plessey e STC. Foram formados nada menos que 11 grupos (no fracassado projeto do JERC eram 12 grupos). Não foi por acaso que o BPO encontrou enormes dificuldades para integrar e controlar todas as equipes, formadas por profissionais de quatro organizações diferentes, com culturas e experiência técnicas diferentes. Foi difícil conciliar a necessidade de cooperação ao mesmo tempo em que as empresas se enxergavam como rivais no mercado de telefonia. Elas desejavam as partes ou módulos principais do novo sistema e revelavam desconfiança constante em relação ao que o BPO negociava com as outras. Como estratégia para tentar conciliar os interesses conflitantes entre as empresas os cientistas do BPO re-dividiram os módulos do sistema de tal modo que pudessem ser desenvolvidos separadamente pelas empresas e, depois, integrados pela equipe conjunta dirigida pelo BPO. Embora a característica modular tivesse inicialmente o propósito de

criar um sistema com ‘potencial evolutivo’ e à ‘prova do futuro’, ela foi fundamental para que se pudesse dividir “irmamente” a geração do novo sistema entre as três empresas. Neste aspecto, é revelador a confissão do cientista Jim (entrevista cit.) de que ele alterou módulos inteiros apenas para redividí-los de modo a atender melhor os interesses das empresas.

Não obstante o esforço do BPO, duas empresas, a GEC e a Plessey, desejavam desenvolver o módulo do processador, pois o consideravam como o módulo principal do novo sistema. De acordo com elas, quem possuísse o ‘controle’ do sistema – o processador central – teria o domínio do novo sistema de telefonia. Por isso, a definição da empresa que iria desenvolver o processador central do sistema foi longa e difícil. Elas disputaram palmo a palmo a escolha de uma delas pelo BPO, que solicitou às duas que submetessem seus projetos para o processador para ser analisado por uma equipe de cientistas do BPO. Após a análise dos relatórios técnicos e muito jogo político nos bastidores (segundo a empresa derrotada), o BPO acabou optando pelo processador ‘Mark 2BL’ da GEC como ponto de partida para o processador central do novo sistema. O relatório técnico em que se apoiava a decisão final salientava que o projeto da GEC era mais avançado e tinha potencial para atingir a capacidade de processamento requerida pelo novo sistema.

Houve conflitos também em torno das patentes das partes desenvolvidas pelas empresas. Como era o BPO que estava pagando por essas partes ele se considerava no direito de possuir suas patentes. As empresas, por sua vez, tinham outra visão, a de que elas que iriam desenvolvê-las, assim nada mais natural que as patentes passassem a ser suas. A solução foi conciliadora: o BPO ficava com a propriedade das patentes, porém as empresas teriam o direito de usá-las como patentes licenciadas.

Enfim, entre os módulos importantes, o processador do sistema foi para a GEC, a chave digital para a Plessey, e os circuitos de linha para a STC, que recebeu a menor parte pois era considerada parceira minoritária dentro do grupo (STC - 20%, GEC e Plessey - 40% cada uma). Com tais definições estabelecidas e aceitas pelas empresas, os contratos de pesquisa e desenvolvimento foram finalmente assinados e elas iniciaram

concretamente a geração do 'System X'. Isso ocorreu somente em 1977, três anos após a formação oficial do grupo que desenvolveria o novo sistema.

#### V.2.d - Problemas no desenvolvimento do novo sistema

A partir de 1977, quando o projeto realmente começou, houve vários problemas. Talvez o mais sério deles se relacionava com o processador do Sistema X. Fica claro, em retrospecto, que nem o BPO, nem a GEC tinham conhecimento claro do que eles estavam se propondo a desenvolver quando os contratos foram assinados em 1977. O BPO especificou o processador em termos técnicos bem gerais no que presumia como mais promissor para o funcionamento do processador. Pensou-se que seu desenvolvimento seria de resolução relativamente simples e rápida, de apenas expansão e aprimoramento da capacidade de processamento do Mark 2BL. Logo se observou que este não seria o caso. O novo processador teria de apresentar maior capacidade de processamento do que o seu predecessor, e operar de acordo com especificações de segurança muito mais exigentes. Quando foi testado pela primeira vez, em 1978, a solução via multi-processamento acabou provando ser menos eficiente do que o previsto teoricamente, não alcançando os requisitos de capacidade especificados pelo BPO. O problema diagnosticado foi o de falta de sincronia na operação dos vários processadores, provocando problemas de compartilhamento de dados ('contention in data sharing') (Bob, entrevista cit.). O resultado prático (negativo) disso era que a adição de novos processadores, ao invés de aumentar, diminuía a capacidade de processamento do sistema como um todo, ficando então bem abaixo da especificação necessária para tráfegos telefônicos elevados.

Torna-se igualmente claro, em retrospecto, que o clima de competição entre as empresas e a falta de confiança recíproca entre o BPO e as empresas contribuíram para esconder as dificuldades com as técnicas de processamento em paralelo. Como a GEC queria ganhar a todo custo o contrato de construção do processador ela apresentou as técnicas de multiprocessamento, no projeto submetido ao BPO, de tal forma que minimizava as grandes dificuldades e incertezas existentes em torno delas. Tal estratégia de negociação da GEC foi efetiva e ela conseguiu que seu projeto fosse o

escolhido. Contribuiu também para a decisão tomada o fascínio dos cientistas e engenheiros britânicos por essas técnicas de multiprocessamento, bastante evidente nas entrevistas com alguns dos cientistas do projeto (Jim e Bob, entrevistas cit.).

Como havia enorme necessidade de acelerar o andamento do projeto, já que se encontrava bastante atrasado, o comitê conjunto considerou que era necessário pedir auxílio a uma empresa americana da Califórnia para resolver o problema de assincronia do processador. Esta consideração virou assunto de segurança nacional já que a tecnologia 'System X' era considerada estratégica e pedir auxílio a uma empresa estrangeira significaria transferência de tecnologia de ponta. Assim, a decisão, embora com base em relatórios técnicos do comitê conjunto e na posição do BPO e das empresas, acabou sendo tomada na realidade pelos altos escalões do Governo e não pelo comitê conjunto do projeto, o que resultou em mais atrasos. O problema só foi solucionado inteiramente em 1980.

Havia também o problema das especificações dos novos equipamentos. O BPO considerava o novo projeto como a solução mais apropriada para a expansão da *sua rede*. Para ele, os requisitos mais importantes a que o novo sistema deveria atender eram, portanto, os da rede britânica. Como o BPO era o coordenador do comitê conjunto, ele tomava decisões com base principalmente em especificações da rede telefônica britânica. Deste modo, é claro, as empresas não viam suas reivindicações de requisitos técnicos específicos, orientados para a meta de exportação do novo sistema, serem consideradas pelo comitê do projeto. O que elas desejavam eram requisitos de funcionamento menos complexos e exigentes, que eram característicos da rede britânica, e, aliás, totalmente diferentes das redes de outros países.

O segundo maior problema do projeto, como já deve estar claro, não era técnico, mas organizacional, pois as visões e estratégias do BPO e empresas em relação ao projeto eram diferentes e, assim, os desentendimentos entre os participantes se tornaram constantes. Em resumo, as empresas acusavam o BPO de ser conduzido por tecnocratas e engenheiros com preocupações pouco realistas sobre a viabilidade comercial das especificações técnicas que estavam sendo implementadas (*over-engineerised*). O BPO

respondia que adaptações e modificações tendo em vista o mercado externo deveriam ser realizadas pelas próprias empresas. A tréplica delas era acusar que elas não recebiam para isso e não tinham garantias de que o novo sistema seria bem sucedido nem mesmo no Reino Unido, assim, elas não poderiam se arriscar a desenvolver adaptações antes do sistema estar pronto e provado no próprio país. Finalmente, a contra-tréplica do BPO era afirmar que o Governo estava pagando as empresas por um novo sistema para ser utilizado especificamente no Reino Unido. Para fora dele, cabia às empresas investir no que fosse necessário para adaptar o novo sistema. O fato do sistema ser modular permitia isso perfeitamente. Como o comando do comitê conjunto estava nas mãos do BPO, torna-se fácil perceber que o resultado desses conflitos foi a adoção de uma estratégia defensiva por parte das empresas.

Na visão das empresas é bem possível que, por causa dessa situação conflituosa, elas tivessem receio de que o projeto pudesse mudar substancialmente de uma hora para outra: ou na organização do comitê conjunto e, assim, no curso do projeto e dos contratos, ou na redefinição das empresas que finalizariam o projeto, com uma delas sendo premiada sozinha, ou mesmo no cancelamento do projeto com a aquisição de outros sistemas. Esta seria uma expectativa perfeitamente possível para a STC, que aliás nunca deixou de expressar veladamente seu desejo em continuar a vender seus próprios equipamentos TXE4 durante todo o período de desenvolvimento do Sistema X. Além do mais, a STC desenvolvia uma versão aprimorada do seu sistema 'reed-relay', o TXE4-A, com a adição de controle por programa armazenado (SPC).

A estratégia das empresas se resumia, basicamente, em três pontos. Primeiro, elas procuravam fazer lucro com a própria P&D no curto prazo. Segundo, elas atrasavam a construção dos módulos que desenvolviam. Terceiro, elas procuraram alterar as decisões sobre o projeto através de "lobbies" nos bastidores do Governo, acusando o BPO pelas costas de conduzir mal o projeto. É bem possível que tenham tentado convencer o Governo de que eram elas que deveriam conduzir o projeto.

Devido a esses problemas todos houve um grande atraso no projeto. O grupo oficial se formara em 1974 e o novo sistema ainda não dava sinais que seria finalizado

antes do início dos anos 80. Segundo o enfoque ator-rede (ver Seção 5.e do Capítulo II), poderíamos dizer que o projeto estava simplesmente falhando em produzir os ‘intermediários’ para a ‘rede global’ que haviam sido prometidos a ela pela ‘rede local’ quando o projeto fora planejado e aprovado, alguns anos antes.

Percebendo este clima desfavorável, os cientistas e engenheiros do projeto aproveitaram uma excelente oportunidade para demonstrar a validade do novo sistema. Eles montaram e levaram à Genebra, em setembro de 1979, mais especificamente ao Fórum TELECOM 79 – o terceiro fórum mundial promovido pela União Internacional de Telecomunicação (ITU) –, uma versão de pequeno porte de uma central telefônica local que já utilizava a nova tecnologia (Willson, 1980, p227). Essa demonstração foi considerada como um dos grandes sucessos do encontro. Era o primeiro equipamento de telefonia inteiramente digital, do chaveamento e transmissão de sinais até o seu controle. Sucesso esse talvez maior do que a expectativa dos seus idealizadores. Isso contribuiu, sem dúvida, para a continuação do projeto. Embora a demonstração tivesse sido, na realidade, uma apresentação “maquiada”, para todos os efeitos era um ‘intermediário’ de suma importância que foi fornecido pelos atores locais para os globais – ao Governo e à gerência do BPO. O sucesso de Genebra demonstrava publicamente que o investimento financeiro e político do Governo não fora em vão. Esse sucesso contribuiu para aumentar a credibilidade do projeto e garantir sua sobrevivência durante a troca de governo no fim de 1979, quando os conservadores ganharam as eleições gerais prometendo, entre outras coisas, modificar o setor de telecomunicações britânico.

#### V.2.e - Mudanças decisivas na condução do projeto

Em 1979, o Partido Conservador tornou pública sua posição sobre o setor, anunciando num manifesto seu comprometimento com a privatização dos setores rentáveis das telecomunicações e a separação do departamento responsável pela administração da rede telefônica com vistas a torná-lo uma organização independente. Com a vitória dos conservadores, Margaret Thatcher assumiu o novo Governo em 1980, iniciando um novo período de mudanças no setor de telefonia, com repercussões

importantes na finalização do projeto, embora a concepção inicial não tenha sofrido alterações substanciais.

O importante a observar aqui é a tendência da perspectiva ‘internalista’ em tratar os acontecimentos políticos maiores como *contingentes*, vistos em função da dinâmica dos agentes que estão construindo a nova tecnologia. Os porquês da posição privatista do novo governo, por exemplo, não fazem parte de sua análise. Assim, a dinâmica política em torno da questão da privatização tende a ser tratada como fator ‘contingente’ e ‘dado’, quando na realidade sua lógica de formação e transformação era outra, mas tão importante para o futuro da tecnologia britânica, quanto o era a dinâmica do projeto, dentro da qual os cientistas tentavam alinhar e estabilizar os vários elementos na ‘rede sociotécnica’ do projeto.

A primeira decisão do novo Governo foi desmembrar o departamento de telecomunicações do BPO, criando a ‘British Telecom’ (BT), ainda em 1980. Em seguida, uma comissão do Governo entrevistou no comitê conjunto do projeto para averiguar o seu andamento. De acordo com um dos integrantes do grupo interventor, foi só nesse momento que se revelou a verdadeira dimensão do atraso do projeto, até então desconhecida. O novo Governo levou em consideração as recomendações da Comissão Carter.

O relatório de 1977 da Comissão Carter fora bastante duro no exame do desenvolvimento do Sistema X (Hills, 1984, p139). Embora salvaguardasse a necessidade do novo sistema, ele indicava claramente que a forma organizacional do projeto era a principal responsável pelo atraso do projeto, e que era necessário reestruturar o comitê conjunto de modo a torná-lo capaz de avançar o projeto. “Embora fosse esperado que o Escritório de Correios [BPO] conduzisse o projeto, na realidade as decisões eram alcançadas essencialmente por consenso entre os participantes. Com efeito, o projeto era administrado por comitê, o que lembrava a forma organizacional dos antigos projetos do JERC [...] a gerência do projeto era fraca, e o processo de tomada de decisões, organizado de forma burocrática, tendia a ser lento e ineficiente.” (op.cit., p140).

Em consequência, a estrutura do comitê do projeto foi alterada. O núcleo de decisão sobre o projeto se deslocou do BPO para as empresas. Porém, a intervenção do Governo não tinha terminado ainda. De acordo com estudos do grupo interventor o projeto precisava de alterações adicionais, pois o preço do novo sistema tinha se tornado muito elevado. O Governo considerava que as empresas deveriam realizar um ‘programa de redução de custos’, ou ‘racionalização da produção’, para diminuir o preço dos equipamentos com a nova tecnologia.

Nesta altura, no entanto, houve uma mudança de postura das empresas GEC e Plessey. Elas começaram a assumir o objetivo de finalizar o novo sistema de modo que ele viesse a ser realmente contruído. Já haviam investido bastante recursos no novo sistema, e, principalmente, já não vendiam para o BPO os seus sistemas ‘crossbar’. Em outras palavras, se pretendiam permanecer no ramo de equipamentos de telefonia pública elas agora precisavam apostar no sucesso comercial do ‘System X’. Esse interesse da GEC e Plessey se tornou ainda maior quando a BT foi privatizada em 1983, como parte do programa de privatização do Governo Thatcher, e a BT passou a adquirir 30% dos seus equipamentos da Ericsson. Desse modo, elas foram obrigadas a produzir o ‘Sistema X’ de forma mais eficiente e barata para poderem competir com o ‘Sistema Y’ da Ericsson (AXE-10 na realidade) e garantirem a fatia (70%) que lhe havia sido reservada do mercado da BT.

A empresa STC, por outro lado, se encontrava numa posição bem diferente, uma vez que continuava aprimorando uma nova versão do seu sistema ‘reed-relay’ com controle ‘SPC’, o TXE4-A, no início dos anos 80. Fôra a empresa que mais se atrasara no desenvolvimento dos seus módulos, um ano e meio, segundo o grupo interventor do Governo. Assim, o Governo expulsou a STC do projeto, porém, garantindo gordos contratos à STC para a produção de equipamentos com sua tecnologia ‘reed-relay’. Pelos antigos contratos assinados como o BPO, a STC poderia recorrer a Justiça para reparação de prejuízos. Assim, o Governo optou por fazer um último contrato com a STC em troca de sua saída do projeto. Finalmente, a última alteração desejada pelo Governo tinha a ver com o tamanho do mercado de telefonia pública.

De acordo com o grupo interventor, o mercado britânico se tornara pequeno, ou seja, o volume do mercado britânico comportava apenas um fabricante nacional de equipamentos de telefonia. Além disso, ele chegou a conclusão de que seria impossível conciliar os interesses de empresas rivais na finalização do projeto. Assim, apenas uma delas deveria ser escolhida para terminar o projeto e produzir os novos equipamentos. Após o exame prolongado do grupo interventor, e com a saída da STC, o Governo decidiu entregar a finalização do projeto a Plessey, que, como descrito em relatório técnico, era a empresa que estava mais adiantada na finalização dos seus módulos e já iniciara o planejamento da produção propriamente dita dos novos equipamentos. A GEC, com os problemas do processador, estava mais atrasada e lutou muito nos bastidores do Governo para continuar no projeto. Ela terminou conseguindo ao menos se tornar sub-contratada da Plessey.

A última mudança ocorreu mais tarde, em 1986, quando a GEC comprou a Plessey, formando-se então uma nova empresa que foi chamada então de ‘GEC Plessey Telecommunication’, ou simplesmente GPT. Isto ocorreu no entanto num período em que a criação do Sistema X já estava finalizada e seus equipamentos sendo vendidos para a BT, de modo que tal mudança não teve grande repercussão na criação do novo sistema.

#### V.2.f - Finalização do projeto e os primeiros resultados

Com a nova configuração dos atores locais, a BT (ex-BPO) foi afastada do comitê deliberativo do projeto do ‘System X’, e o Governo aplicou uma política rigorosa com relação aos gastos com o projeto de modo a obrigar a Plessey e a GEC trabalharem para finalizar o novo sistema seriamente e de forma comercial, diminuindo seus custos e aumentando a eficiência da produção dos novos equipamentos.

Os primeiros testes ocorreram em ‘Baynard House’, Londres, com uma central telefônica ‘Tamdem’ em 1980, em uma central local em ‘Woolbridge’ em 1981 (Molina, op.cit., p63). O início da produção do novo sistema começou de fato em 1985,

quando foram instaladas 100 mil novas linhas com equipamentos utilizando a tecnologia do ‘System X’. Dez anos depois, 23 milhões de linhas digitais entraram em operação na rede telefônica britânica, comprovando o sucesso da nova tecnologia.

Cabe aqui uma observação: malgrado a forma incompleta ou empobrecida com que o contexto político e econômico maior é tratado sob a perspectiva ‘internalista’, esta é essencial para entendermos a história do projeto ‘System X’. Seu desenvolvimento não foi tão somente resultado das ‘condições pré-existentes’ ou de dinâmicas sociais ‘externas’ (como vistas no Capítulo IV), mas também fruto da interação entre inúmeros atores envolvidos com o setor de telefonia, que percebiam as condições *a seu modo* e negociavam *ativamente* com outros participantes com vistas a levar adiante o projeto britânico. Como se verá, isto é igualmente verdadeiro para os casos sueco e brasileiro

### V.3 - A criação do sistema digital na Suécia

O primeiro plano do novo sistema surgiu em 1971, ainda como um projeto de especificações que descrevia as características desejadas para um equipamento local, em termos do que deveria ser capaz de fazer, para que tipo de uso e dos custos aceitáveis (Meurling, 1984, p38). Esse plano inicial tinha sido escrito por um grupo de cinco engenheiros, entre eles John Meurling, um dos principais promotores do novo sistema. O plano inicial foi entregue então à Ellemtel. Esta empresa, como já foi descrito, seria responsável pelo desenvolvimento do novo sistema e fora criada pela Ericsson e Televerket. Na verdade, conversações entre estas duas tendo em vista um projeto conjunto ocorreram bem antes, em 1968, e envolveram os mais altos escalões das duas empresas. Após considerações minuciosas foi acordado que a melhor maneira de trabalharem juntas no projeto de um novo sistema era a criação de uma nova empresa. Em junho de 1970, foi fundada a ‘Ellemtel Utveklings AB’, uma companhia cujo controle acionário estava nas mãos das duas fundadoras de forma equitativa.

### V.3.a - O novo projeto na visão dos agentes envolvidos

Para o departamento de ‘marketing’ da Ericsson – cuja posição devia, provavelmente, espelhar as preocupações comerciais da alta direção da empresa – a nova central local deveria ser uma opção mais avançada que os equipamentos ‘crossbar’ tradicionais, a família dos ‘ARE’s, porém mais barata que o sistema híbrido ‘crossbar’ com controle ‘SPC’ que ela vinha desenvolvendo, a família dos ‘AKE’s. A Ericsson percebia que seus equipamentos locais de grande porte (grande capacidade de linhas) eram muito caros porque os controles ‘SPC’, criados até então, exigiam grandes investimentos iniciais das companhias operadoras, até que seus benefícios pudessem ser sentidos. Na visão da Ericsson, isso representava uma barreira para a comercialização de seus sistemas híbridos com ‘SPC’. Por outro lado, os equipamentos locais de pequeno porte do tipo ‘crossbar’ tradicional já tinham se tornado relativamente limitados. Nas palavras de Meurling, “A tecnologia dos circuitos eletrônicos estava se desenvolvendo rapidamente – custos com memória, em particular, estavam se reduzindo dramaticamente. Os custos de manuseio – todas as formas de manuseio, projeto, teste, modificação, correção de falhas, produção, instalação, operação e manutenção – dos nossos produtos com ‘SPC’ então existentes eram, nós sentíamos, inaceitavelmente altos para aplicações gerais. Nossos produtos não tinham poder real de competição. Em certas situações competitivas, sentíamos que nossas chaves ‘crossbar’ e ‘codebar’ eram consideradas como lentas e passé... não surpreendia que entre nós algumas idéias estavam começando a germinar. Idéias não somente para um novo sistema de controle, mas para um novo sistema de chaveamento, baseado em novos conceitos” (Meurling, op.cit., p36, citado por Molina, 1990, p51). Em termos simples, os sistemas antigos já não apresentavam o apelo comercial da novidade que os novos sistemas eletrônicos tinham e estes, por sua vez, eram muito caros. Em suma, para a Ericsson o projeto representava, inicialmente, a pesquisa por uma central local de telefonia que tornasse mais barato um sistema híbrido com ‘SPC’, uma vez que suas vantagens em termos de flexibilidade e qualidade dos serviços já eram vistas como evidentes. A Ericsson desejava evitar a perda de concorrências importantes como aquela em que foi derrotada pela ITT na Austrália em 1969, como já foi assinalado.

Para a Televerket, a nova central de telefonia deveria tornar mais baratos os custos dos novos equipamentos híbridos que utilizassem controle 'SPC'. Ela própria tinha produzido um sistema similar ao da Ericsson, o 'A210', e encontrara problemas similares aos 'AKE's da Ericsson. Eram problemas relacionados com custos de produção, instalação, utilização e, principalmente, de manutenção, já que a estatal sueca também era uma companhia operadora. Ela encontrara dificuldades sérias para operar os novos sistemas. Para ela, em suma, a nova central deveria ser mais barata para fabricar, e mais simples para implementar, usar e manter.

Para o Governo, o projeto da nova central era importante porque a Suécia se manteria na ponta da tecnologia de telefonia. O Governo percebia como estratégico para o país que suas empresas estivessem na vanguarda dessa tecnologia. Além disso, é claro, o apoio à iniciativa do projeto garantiria à rede sueca equipamentos e serviços mais avançados e de qualidade. Neste sentido, o Governo tinha contribuído para o projeto ao modificar o estatuto da estatal Televerket, permitindo que ela pudesse administrar outras empresas, no caso a Ellemtel, criada em conjunto com a Ericsson em 1970.

Para os cientistas e engenheiros da Ellemtel, como é característico nesse campo, o projeto do novo sistema era considerado como um desafio científico e técnico que colocaria a Suécia, como também era esperado pelo Governo, na vanguarda tecnológica no setor de telefonia. Havia, porém, um detalhe que talvez, ou melhor, com certeza, não devia agradar os cientistas e engenheiros da Ellemtel. As especificações gerais e o seu detalhamento inicial na forma de soluções técnicas foram esboçados primeiro pela Ericsson e Televerket, através do plano inicial de especificações desejadas. Essa forma de projetar era diferente da que tinha sido realizada até aquele momento. O sistema híbrido AKE-13 da Ericsson, por exemplo, fora uma criação do departamento 'técnico' da empresa e, claro está, refletia muito mais as preocupações dos engenheiros de projeto, de como eles viam as novas técnicas e as combinavam com as necessidades de um novo sistema. O projeto da nova central, em contraste com o anterior, era fortemente influenciado pelas especificações dos *vendedores e divulgadores*. Neste sentido, parte do trabalho dos cientistas e engenheiros

da Ellemtel estava sendo, de certo modo, “usurpado” por aqueles que trabalhavam em comercialização e ‘marketing’. Não é difícil suspeitar que isso deve ter provocado conflitos entre a Ellemtel e as outras duas empresas, em particular, a Ericsson. Apesar de John Meurling não revelar com clareza os motivos dos conflitos que afirma terem ocorrido durante o desenvolvimento do projeto, me parece claro que uma parte deles deve ter girado em torno da estratégia para escolher as soluções técnicas mais adequadas para o novo sistema.

### V.3.b - O nascimento do novo projeto

Quando a Ellemtel fora criada, seu papel tinha sido definido como o de ‘atender às empresas clientes’ – a Ericsson e a Televerket – e, assim, projetar e desenvolver o que elas desejassem. A primeira, em particular, fazia o papel de ‘cliente mundial’, pois ela precisava de um sistema que fosse adequado para todos os mercados em que ela participava. Assim, a Ericsson desejava que o novo sistema fosse “escrito pelo mercado” (Meurling, *op.cit.*, p38), ou seja, o que ela atendia. A Televerket, por sua vez, queria que a nova central atendesse o seu mercado, a rede telefônica sueca. Entre suas exigências, estavam a de que a manutenção se tornasse mais eficiente, rápida e barata. As duas visões levaram o projeto a ter, inicialmente, duas especificações de requisitos diferentes: uma da Ericsson e outra da Televerket.

A Ellemtel era dividida em quatro departamentos, um deles responsável pelo projeto do novo sistema. O chefe deste era o B-G Magnusson, que conduzira o projeto A-210 da Televerket até 1968 (Molina, *op.cit.*, p52). A seguir ele trabalhou durante dois anos na Ericsson no projeto AKE-13, em particular, ele lidou com o conceito de ‘processamento funcionalmente distribuído’ usando técnicas de multiprocessamento com vários processadores acoplados em paralelo. Aqui podemos rastrear o início da iniciativa das duas empresas suecas: ao levarem Magnusson da Televerket para a Ericsson elas pretendiam fazer com que esse engenheiro passasse a conhecer melhor a cultura e o ambiente técnico da Ericsson, antes da criação da nova empresa, e, assim,

pudesse se tornar a pessoa apropriada para liderar o desenvolvimento do novo projeto na Ellemtel, que seria fundada mais tarde (Meurling, op.cit.)<sup>3</sup>.

Durante dois anos, de 1970 a 1972, as duas empresas negociaram com a Ellemtel as especificações do projeto da nova central telefônica, e chegaram a determinadas estratégias de soluções técnicas que permitiriam acomodar suas visões diferentes. Eram, basicamente, duas e estavam estreitamente relacionadas entre si:

1<sup>a</sup>) o projeto deveria adotar uma abordagem modular para achar as soluções técnicas mais adequadas para cada caso. Ou seja, como já foi assinalado, o desenvolvimento das diversas partes do sistema, tanto de ‘hardware’ como de ‘software’, deveriam ser visualizadas como módulos relativamente autônomos. Essa abordagem permitiria criar blocos independentes que fossem adequados para determinadas redes telefônicas de acordo com a necessidade.

2<sup>a</sup>) dentro dessa abordagem modular, as funções deveriam ser definidas antes de serem escolhidas as soluções técnicas para executar as funções. Isto é, o projeto deveria primeiro definir as funções telefônicas necessárias e daí os blocos de funções e seus sub-sistemas, todos relativos às exigências das companhias operadoras. Realizado esse primeiro passo, o projeto definia então as soluções técnicas mais adequadas para aquele conjunto de sub-sistemas e blocos de funções.

Essa maneira de projetar as soluções técnicas – comum atualmente, mas revolucionária na época – permitia que o projeto pudesse definir a nova central de modo a torná-la mais fácil de ser desenvolvida, fabricada e testada, instalada, mantida e documentada. Como afirma Meurling, um projeto com semelhantes propriedades, obviamente, seria também “mais fácil de vender” (op.cit., p40). Além disso, é claro, tais estratégias possibilitavam ao projeto conciliar as especificações da Ericsson e Televerket, permitindo a essas empresas o desenvolvimento de módulos e pacotes ajustados a suas necessidades específicas, sem encarecer demasiadamente o novo sistema.

---

<sup>3</sup> É preciso aqui desconfiar um pouco da narrativa de Meurling, já que é uma ‘história dos vencedores’.

Após dois anos de negociações, o projeto inicial ficou pronto em 1972. Ele já não era, porém, um projeto de apenas uma central local de telefonia, mas se transformara no projeto de um novo sistema de telefonia. As negociações entre as três empresas ocorreu de tal forma que se tornaria anti-econômico utilizar a abordagem revolucionária, idealizada no projeto, somente para um dos equipamentos de um sistema global de telefonia. O projeto crescera e já definia a construção de todos os equipamentos para um sistema integrado de telefonia, como os equipamentos de pequeno e grande porte, locais, ‘tamdem’, de trânsito e os ‘remotos’. Este último tipo precisa ser melhor explicado aqui. Com a utilização de multiplexadores (concentradores) de linhas, a central local poderia ser sub-dividida em concentradores remotos que realizariam parte das operações de um equipamento local tradicional, porém estando longe deste e mais próximos do local dos usuários assinantes, por isso, o termo ‘remoto’. Desse modo, uma grande economia de cabos poderia ser feita, pois os equipamentos remotos poderiam concentrar até 30 ligações telefônicas em um único fio. Isso era possível, porque o projeto utilizava a técnica ‘PCM’ de comutação digital combinada com a técnica ‘TDM’ de transmissão digital, esta já bastante utilizada desde a década de 60.

Interrompo por um momento a sequência da análise, para observar que a perspectiva ‘internalista’ focaliza com clareza o processo de transformação do projeto e dos agentes envolvidos, que nunca estão “dados”, mas vão se constituindo à medida que os atores negociam e improvisam as soluções para o projeto. A perspectiva ‘externalista’ tende a não “enxergar” esse processo.

Embora os sistemas eletrônicos já fossem vistos como a tecnologia do futuro na área de telefonia, eles ainda eram considerados na prática como muito complexos e caros, e difíceis de serem implantados e operados. Por exemplo, a mesma ITT, que derrotara a Ericsson na concorrência da Austrália, como já foi mencionado, teve tremendas dificuldades para instalar e pôr em funcionamento o seu sistema híbrido Metaconta 10C (‘reed-relay’ com ‘SPC’). A empresa ganhara a concorrência em 1969 e não conseguira colocá-lo em operação normal antes de 1974 (op.cit., p113)

Em resumo, o projeto definia as seguintes características para o novo sistema, que apresentaria:

- a) controle eletrônico por programas armazenados (SPC);
- b) capacidade de oferecer ampla gama de serviços, funções de operação e manutenção;
- c) arquitetura modular, em que blocos – por exemplo, para adição de novos terminais de assinantes, novos tipos de serviços, funções de operação, manutenção, novas tecnologias, entre outras coisas – fossem fáceis de serem desenvolvidos e implementados;
- d) capacidade para até 40.000 terminais por central;
- e) capacidade de tráfego de 0,10 Erlangs ou 144.000 BHCA;
- f) todos os tipos de equipamentos de telefonia – remoto, local, ‘tamdem’, de trânsito;
- g) facilidade para ser manuseado em todas as fases do desenvolvimento, instalação e operação.

### V.3.c - O sinal verde para o início oficial do projeto

As empresas suecas tinham, no entanto, outras opções. Basicamente, elas eram três ao todo: a) aprimorar os sistemas ‘crossbar’ tradicionais; b) aprimorar os sistemas híbridos (‘crossbar’ com ‘SPC’); e c) desenvolver o novo sistema. As duas primeiras alternativas representavam soluções mais rápidas e baratas, porém eram limitadas e resolviam apenas temporariamente a falta de um sistema mais avançado e competitivo para a Ericsson e Televerket. A terceira alternativa, a do novo sistema, previa um custo de desenvolvimento de 50 milhões de dólares, e um tempo de, no mínimo, cinco anos, antes que o primeiro equipamento, com a nova tecnologia, estivesse pronto e testado para utilização e comercialização (op.cit., p42).

O risco, em especial para a Ericsson, era ter de confiar nos seus sistemas ‘tradicionais’ por, no mínimo, cinco anos antes de produzir um produto presumivelmente mais avançado, num mercado mundial que evoluía rapidamente. Valeria a pena correr esse risco? Não existiam garantias de que o novo sistema fosse de

fato funcionar como desejado. Por outro lado, o risco era de não ter nenhum sistema alternativo dentro de poucos anos, e se ver numa situação parecida com a das empresas britânicas no final da era Strowger. Segundo estudos de mercado da Ericsson, no início dos anos 70 a ITT estava comercializando o seu sistema Metaconta com algum sucesso, empresas japonesas o sistema híbrido 'D10', a Philips holandesa já conseguia os primeiros contratos para o seu sistema híbrido 'PRX' ('reed-relay' com 'SPC'), a Western Electric americana comercializava o primeiro sistema 'ESS', e a CIT-Alcatel introduziu os primeiros equipamentos 'E-10' na França, com chaves digitais (op.cit., p43).

Felizmente, para o projeto, o diretor do departamento de equipamentos de telefonia da Ericsson, Hans Sund, estava resolutamente decidido a apoiar o projeto e contribuiu com firmeza para convencer os grupos que a ele se opunham, tanto na Televerket quanto na própria Ericsson, da necessidade imperiosa do novo sistema.

A estratégia da Ellemtel, a partir de 1972, foi avançar o novo sistema de modo gradual e seguro e, ao mesmo tempo, preparar uma entrada triunfal e certa da nova tecnologia no mercado. Porém, houve alguns problemas.

#### V.3.d - O rápido desenvolvimento do projeto

Ainda em 1972, um novo relatório crítico sobre o projeto foi produzido e outro em 1973. Ambos questionavam três problemas básicos do novo sistema: a) os custos de produção eram considerados altos pela Ericsson e Televerket no caso dos equipamentos de pequeno porte; b) a capacidade total de tráfego estava um pouco baixa, pois o projeto reduzira a especificação inicial; c) a confiabilidade não era muito alta, já que o controle com 'SPC' empregava um processador em tempo real e este poderia falhar a qualquer momento, o que poderia prejudicar o funcionamento de toda uma central telefônica.

De acordo com a experiência da Ericsson no mercado, a quantidade média de terminais dos primeiros equipamentos instalados pelas companhias operadoras era de aproximadamente 2.000 linhas. Neste nível, o novo sistema ainda se mostrava

excessivamente caro. Esse primeiro problema não foi, entretanto, resolvido pela Ellemtel. Os próprios preços dos componentes eletrônicos, em queda paulatina, se encarregaram de diminuir sua importância. Além disso, estudos feitos pela mesma empresa também demonstravam que havia crescido muito a demanda por substituição de equipamentos obsoletos, em geral de tecnologia Strowger, por equipamentos com tecnologias mais avançadas. Estes eram, em geral, de grande porte, pois as cidades que instalaram aqueles primeiros equipamentos tinham crescido muito e se tornado grandes centros populacionais, como o Rio de Janeiro, por exemplo, bem como muitas outras grandes cidades do mundo inteiro. Por último, a solução de separar da central local vários equipamentos remotos – os concentradores de linhas –, tornava relativamente mais baratas as aplicações em regiões populacionais menos densas. Em suma, o custo do novo sistema já se fazia vislumbrar como bastante econômico dentro em poucos anos.

Quanto a capacidade de processamento, ela foi simplesmente aumentada para alcançar a demanda de tráfego desejada. Isso determinaria, no entanto, um custo maior de sua produção. As considerações de custos, como já deve estar claro para o leitor eram centrais na estratégia da Ericsson.

A decisão sobre o processador foi difícil e demorada porque os cientistas desejavam aprimorar as técnicas de multiprocessamento, consideradas como o futuro dos processadores de grande porte (Klim, entrevista feita em 20/10/89). Eles estavam certos. Atualmente, o processamento distribuído é a solução mais utilizada. Naquele tempo, no entanto, ele também era uma solução revolucionária cheia de incertezas no tocante ao real funcionamento. Era um caso típico em que “a teoria na prática era outra”. Vários problemas quanto ao funcionamento dessas técnicas já tinham aparecido nos sistemas A-210 e AKE-13, que as duas empresas desenvolveram com grandes dificuldades.

O AKE-13, por exemplo, era um sistema híbrido de chaves ‘crossbar’ com controle ‘SPC’ para equipamentos de grande porte de trânsito nacional e internacional, e tinha capacidade para até 64 mil terminais. Seu processador tinha uma configuração de

multiprocessamento capaz de colocar até 8 processadores centrais para trabalhar em paralelo. Esse sistema apresentava, porém, problemas sérios de capacidade, a programação era muito complexa e, mesmo com um único processador, o sistema resultava ser muito caro. Uma versão posterior, AKE-11, para funcionar como central local era igualmente caro. Ainda assim, a Ericsson conseguiu vender alguns poucos equipamentos da série: em 1971, um AKE-13 com um único processador entrou em funcionamento em Roterdam; mais tarde, outro com dois processadores no México e, ainda outro, com três processadores, na Holanda (Molina, 1990, p50).

A solução adotada foi original. Antecipando-se em vários anos uma tendência que se tornaria mundial, a Ellemtel projetou um processador parcialmente ‘distribuído’ em dois níveis: o primeiro, onde havia um processador central de grande porte, convencional, para as tarefas e funções telefônicas de complexidade média ou alta; e o segundo nível, onde o processamento das tarefas frequentes, repetitivas e de pequena complexidade (por exemplo, a varredura dos terminais para verificar se alguém levantou o gancho) era executado por inúmeros pequenos processadores ‘periféricos’. O objetivo da Ellemtel era simplesmente de evitar a necessidade de um processador de porte excessivo que, no final, seria sub-utilizado e, portanto, mais caro que o necessário.

A experiência anterior da Ericsson e da Televerket foi, portanto, decisiva na rejeição da técnica de multiprocessamento, com a qual elas não tinham conseguido obter os resultados esperados (serviços de qualidade e mais avançados, manuseio fácil e custo aceitável). A Ellemtel, sob pressão das duas “mães”, desejava um processador o mais simples possível. Não por acaso, a primeira versão seria de um processador central convencional cuja capacidade ficava aquém do especificado inicialmente.

Finalmente, o último problema, o da confiabilidade do novo sistema, foi resolvido sem grande novidade, adotando a solução da maioria dos outros sistemas de telefonia. O processador do sistema foi duplicado, tanto o central quanto os periféricos, de tal modo que qualquer falha podia ser detectada em funcionamento e o processador ‘gêmeo’ entrar em operação tão logo isso ocorresse. Com isso, a Ellemtel garantiu a especificação de 2 horas de falhas em 40 anos, estabelecida pela CCITT como padrão

internacional. A par disso, o sistema assegurava uma disponibilidade para qualquer ligação telefônica de 99,98 % das tentativas.

Como o projeto já projetava um futuro ‘digital’, em que componentes eletrônicos substituiriam totalmente os eletromecânicos, a Ellemtel planejou o módulo das chaves com a seguinte estratégia: num primeiro momento, enquanto as chaves eletrônicas não fossem econômicas, o novo sistema empregaria as chaves eletromecânicas ‘reed-relay’; num segundo instante, quando os preços dos componentes eletrônicos tivesse se reduzido o suficiente, esse módulo com chaves ‘reed-relay’ poderia ser substituído pelo das chaves eletrônicas, sem alterações substanciais do sistema como um todo. Era uma estratégia gradualista, que apresentava duas vantagens de ‘marketing’. Primeira, a Ericsson poderia divulgar o novo sistema como eletrônico que, entretanto, ainda empregava as chaves ‘reed-relay’, já testadas e comprovadas em centrais que funcionavam no mundo todo. A segunda vantagem é que o mesmo sistema poderia adotar as chaves digitais tão logo elas se tornassem confiáveis aos olhos das companhias operadoras e, é claro, comercialmente viáveis.

Essa estratégia por etapas foi responsável pela definição do tipo de chave utilizada. Os cientistas tinham diversas opções, mas somente uma delas – a ‘reed-relay’ com oito pólos (eight-pole reed-relay) – se adequava à técnica digital de chaveamento. Isto é, como a Ellemtel já previa a substituição das chaves eletromecânicas por eletrônicas em futuro próximo, ela definia o projeto de maneira que uma chave eletromecânica pudesse funcionar dentro de um sistema digital. Pode parecer estranho, porém em termos técnicos isso é perfeitamente possível. Assim, o projeto da nova central definia um sistema digital que empregaria, inicialmente, chaves eletromecânicas ‘reed-relay’.

A linguagem de programação bem como o sistema operacional seguiam, evidentemente, a estratégia de definição e construção do novo sistema. Tinha estrutura totalmente modular, e as funções e blocos de funções, definidas previamente, se tornavam módulos autônomos auto-contidos, que podiam ser programados e alterados posteriormente. Tais módulos funcionavam com base de dados própria e podiam se

comunicar com os outros por meio de sinais padronizados. A linguagem de programação – PLEX (programming language for exchanges) – foi definida desde o início para lidar com funções telefônicas e facilitar a construção de programas claros e fáceis de serem desenvolvidos, modificados e documentados. Anos mais tarde, a Ellemtel submeteu a linguagem criada à CCITT para torná-la padrão mundial. Ela foi aceita com algumas modificações e passou a ser denominada de CHILL (CCITT high level language).

É importante ressaltar novamente que a arquitetura modular do hardware e software surgiu como resultado da estratégia de enfatizar no projeto as funções e conjuntos de funções. Uma vez estes estivessem definidos e hierarquizados, os engenheiros passavam a examinar quais as soluções técnicas que melhor os executariam. Por exemplo, se as soluções mais adequadas eram via hardware, o projeto as definiam assim, se fosse via software, estas eram adotadas. Nesse sentido, o ‘hardware’ refletia a estrutura criada para o ‘software’ (Molina, 1990, p11).

### V.3.e - O lançamento do novo sistema e as primeiras vendas

As empresas suecas desejavam que o novo sistema fosse competitivo quando ainda utilizasse as chaves eletromecânicas. Nesse sentido, a estratégia de venda do novo sistema era, em parte, como já foi assinalado, divulgá-lo como um sistema ‘SPC’ que ainda usava chaves ‘reed-relay’, mas que poderia ser atualizado com chaves eletrônicas tão logo elas se tornassem viáveis. Por outro lado, a Ericsson tinha consciência que somente colocando em funcionamento equipamentos com a nova tecnologia é que o novo sistema ganharia o interesse de potenciais consumidores e poderia ser comercializado com sucesso. Assim, desde o início formal do desenvolvimento do projeto, em 1972, mal o projeto iniciara, a Ericsson já se preocupava e armava a melhor forma de garantir o sucesso comercial do novo produto. Primeiro, ela definiu, em conjunto com a Televerket, uma cidade próxima de Estocolmo que pudesse ser um local de fácil acesso a visitantes estrangeiros. Além disso, a central com a tecnologia AXE-10 deveria ser de pequeno porte e instalada numa construção ampla que pudesse ser

utilizada para exposição para os futuros consumidores – diretores e gerentes das companhias telefônicas – com uma sala para pequenas exposições (Meurling, 1984).

Mas a Ericsson precisava mostrar que o novo sistema funcionaria bem “fora de casa” também. Um contato pessoal de Meurling deu a Ericsson a chance que lhe faltava. Era o diretor de uma companhia telefônica da Finlândia, que garantia a aquisição de um equipamento com a nova tecnologia tão logo ficasse pronta. Assim, em março de 1977 a primeira central AXE-10 entrou em serviço em Turku, Finlândia (Meurling, op.cit., p111).

Uma oportunidade excelente surgiu em 1978 e contribuiu decisivamente para o sucesso do novo sistema. A Arábia Saudita instaurou em 1978 uma concorrência internacional para a compra de um sistema de telefonia completo para o país. A Ericsson e a Philips se associaram para propor um pacote conjunto e, em 1979, elas foram consideradas as vencedoras da concorrência. A partir de então a comercialização do sistema AXE-10 foi rápida, atestando o sucesso da nova tecnologia a nível mundial. Atualmente a Ericsson vende equipamentos AXE-10 para mais de 100 países do mundo inteiro, com mais 79 milhões de linhas instaladas (ver Tabela 4).

#### V.4 - A criação do sistema digital no Brasil

O projeto do sistema brasileiro de telefonia surgiu pela primeira vez em 1976, ano em que foi fundado o ‘Centro de Pesquisas da Telebrás’, o CPqD, e chamava-se ‘Siscom II’ (sistema de comutação). O CPqD planejava a construção de um sistema inteiramente digital de telefonia, chamado de ‘central telefônica temporal controlada por programas armazenados’, ou simplesmente ‘central CPA-T’.

##### V.4.a - O novo projeto na visão dos agentes envolvidos

Para o Governo, o projeto do sistema digital de telefonia brasileiro inscrevia-se na política industrial maior, que tinha como objetivo primordial a criação de uma indústria nacional em concomitância com a capacitação tecnológica em setores

considerados essenciais, como a petroquímica, a microeletrônica e as telecomunicações. Nesse sentido, a Telebrás desejava que a indústria brasileira de telecomunicações, que ainda iria ser criada, utilizasse as tecnologias mais avançadas, entre elas a tecnologia digital para centrais telefônicas. Sua intuição era de que no futuro todas as centrais seriam digitais, assim, só se justificaria a criação de uma indústria para o setor se ela desenvolvesse desde o começo pesquisas em sistemas digitais (Graciosa, 1990).

Para os estudantes, cientistas e engenheiros que estavam envolvidos com a área de telecomunicações o projeto representava uma grande oportunidade de se especializarem numa área científica e técnica de ponta e, principalmente, um enorme desafio no sentido de construir um sistema de telefonia praticamente do nada, já que muito pouco havia sido feito anteriormente em termos de P&D na área de telefonia. Governo e cientistas estavam inteiramente de acordo em um ponto: a estratégia de P&D em telecomunicações deveria alterar o quadro de dependência tecnológica do país (Furtado, 1990).

Para as empresas multinacionais, como Siemens, Ericsson e NEC, entre outras, o projeto brasileiro era visto como ameaça potencial a seus interesses comerciais. Porém, bem no início, elas provavelmente não o levavam muito a sério, pois a tarefa de criar um grupo de pesquisas que fosse capaz de desenvolver um sistema digital de telefonia era vista por todos como extremamente difícil. O que as preocupava mais era a política industrial do Governo de buscar a “nacionalização” da produção de equipamentos e insumos. Elas deviam concordar com a política desde que houvesse facilidades e incentivos suficientes para instalarem e desenvolverem a produção de insumos e equipamentos no Brasil como empresas “brasileiras”.

#### V.4.b - O nascimento do projeto e a fundação do CPqD

O projeto brasileiro nasceu de pesquisas exploratórias desenvolvidas por iniciativa da Telebrás, o monopólio estatal fundado em novembro 1972, que começaria a operar a rede telefônica brasileira a partir de então. A origem do projeto pode ser rastreada nos passos de Luiz de Oliveira Machado, o primeiro chefe do departamento de

P&D da Telebrás, bem antes da fundação do CPqD. Ele era um engenheiro elétrico com especialização em telecomunicações. Luiz de Oliveira Machado e Luiz Carlos Bahiana foram os primeiros promotores do futuro projeto brasileiro.

Pouco antes da fundação da Telebrás, o Ministério das Comunicações (Minicom) havia pedido aos diversos órgãos setoriais que apresentassem seus planos de pesquisa e desenvolvimento, que iriam compor o ‘1º Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico’ – PBDCT (Machado, 1990, p177). Nas palavras de Machado, “a solicitação do 1º PBDCT nos colocou numa situação curiosa, que foi a de ter que elaborar um primeiro plano de P&D a ser implementado pela Telebrás, antes mesmo da sua criação. Este trabalho foi feito basicamente por mim e por Luiz Carlos Bahiana, já então definido como o primeiro diretor técnico da Telebrás, e que havia me convidado para chefiar o futuro Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento da Telebrás (DPD). Eu havia trabalhado por seis anos como engenheiro da Marinha no seu programa de desenvolvimento tecnológico, e trazia, portanto, uma razoável experiência na área. Bahiana, na condição de secretário do Minicom, já tinha iniciado alguns contatos com grupos universitários. Resolvemos basear nosso primeiro programa nos grupos universitários que tivessem vocação ou trabalhos já iniciados na área. Não cogitamos de formar imediatamente um centro de P&D, porque consideramos que os recursos iniciais eram escassos, e, usando o potencial dos grupos universitários, poderíamos multiplicar os recursos humanos e atingir alguns resultados concretos enquanto a Telebrás se implantava, dando tempo a que as idéias amadurecessem e se pudesse formular com mais segurança a estratégia e o modelo institucional de P&D para o setor de telecomunicações.” (Machado, 1990, p177).

Como já foi dito no início, a necessidade de criar um sistema brasileiro de telefonia ainda não era evidente no Brasil nos anos 70, à medida que o projeto foi sendo desenvolvido sua necessidade foi gradualmente se constituindo. Assim, criada a Telebrás, sob a presidência de Euclides Quandt de Oliveira, foram logo alocadas as verbas necessárias, e o DPD pode iniciar rapidamente a contratação de projetos com os grupos universitários, que eram quatro:

- 1) área de comutação digital – FDTE/ USP;

- 2) área de transmissão digital – DEE/ Unicamp;
- 3) área de comunicações óticas – Instituto de Física/ Unicamp;
- 4) área de antenas e propagação – Cetuc/ PUC-Rio e ITA.

O objetivo desse programa de P&D da Telebrás era, basicamente, a) a formação e multiplicação de recursos humanos qualificados; b) a obtenção de resultados concretos em termos de produtos; c) a identificação de oportunidades tecnológicas; e d) a criação de bases para subsidiar a definição do modelo institucional e da estratégia de P&D da Telebrás (op.cit., p178).

O primeiro dos grupos, o da Fundação de Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia (FDTE/ USP), foi liderado pelo professor Hélio Guerra Vieira e produziu um protótipo de um pequeno sistema de comutação chamado Siscom, inteiramente digital (op.cit., p179). Embora não se tratasse ainda de um equipamento industrializável, o Siscom demonstrava claramente a viabilidade de se partir para o desenvolvimento de centrais digitais com aplicação comercial. O grupo contava com apenas 60 participantes. O plano de trabalho começou em setembro de 1973 e terminou em dezembro de 1976 (Borges et al., 1984, p1). O sucesso do protótipo, testado na Telesp em dezembro de 1975 (um importante ‘intermediário’), teve repercussão positiva entre as autoridades governamentais, que sentiram-se estimuladas a criar o Centro de Pesquisas e Desenvolvimento da Telebrás (CPqD). É voz corrente que o próprio Presidente Ernesto Geisel teria se entusiasmado com esse sucesso e dado sinal verde para a criação do CPqD, que ocorreu no dia 1º de Abril de 1976 (Borges et al., op.cit., p1; Hugueney, 1989, p11). Assim, o presidente Geisel era um aliado importante que o projeto conseguiu conquistar e fixar em sua ‘rede sociotécnica’. Vale salientar que esse tipo de conclusão é típico da perspectiva ‘internalista’ (em particular do enfoque ator-rede), que tende a visualizar o ator ‘presidente Geisel’ em função do projeto.

Com o apoio da Telebrás e a criação do CPqD, o caminho estava aberto para a ampliação do grupo inicial e para a implantação do projeto ‘Siscom II’, bem mais ambicioso que o anterior. Começou em março de 1977 e terminou, formalmente, em maio de 1981. “Ele deveria ser uma central de 1200 erlangs (para 10 mil assinantes,

aproximadamente), o tamanho típico das centrais eletromecânicas da época.” (Huguenev, 1989, p11). O projeto, porém, enfrentou sérios problemas em suas redes local e global (técnicos e políticos/ econômicos).

#### V.4.c - Problemas do projeto na primeira tentativa

A mesma Portaria 661, que em 1976 tinha fundado o CPqD, definia também a política de divisão do mercado para a produção dos equipamentos de telefonia que seriam adquiridos pela Telebrás (op.cit., p11). Estabelecia que o sistema híbrido (CPA-E) seria fabricado por uma empresa totalmente brasileira – com tecnologia estrangeira comprada no mercado internacional –, para a qual já estaria reservado 40% do mercado. O sistema digital (CPA-T), por sua vez, seria desenvolvido pelo CPqD, com participação da empresa brasileira escolhida para fabricar o sistema híbrido e que deveria se transformar, mais tarde, na fabricante exclusiva de centrais digitais no Brasil.

Tal portaria acabou não sendo respeitada (op.cit., p12). As empresas multinacionais que detinham a tecnologia de sistemas híbridos (NEC, Ericsson, Siemens, ITT) pressionaram para entrar no setor, e para isso até inclusive se “nacionalizaram”, transformando-se em empresas “brasileiras”, embora continuassem a ser controladas por suas matrizes no exterior. A Ericsson, por exemplo, foi comprada pelo Grupo Monteiro Aranha, formando-se o grupo Matel (Monteiro Aranha Telecom). Elas constituíram ‘holdings’ que controlavam 50% do capital votante, entraram na concorrência e ganharam (op.cit., p12). Mais precisamente, a Matel SA (Ericsson) e a Sesa (ITT) ganharam e disputaram até o fim a venda das centrais CPA-E para a Telebrás.

Em consequência, nem se criou a empresa genuinamente brasileira para produzir o sistema híbrido, nem se preservou para o Brasil a pretendida fatia de 40% do mercado. “Faltou decisão política e as pressões acabaram mudando as regras do jogo.” (op.cit., p12). Ou seja, ‘jogos de poder e estratégias políticas “agiram” para moldar o Governo brasileiro’. Além disso, fatores contingentes também contribuíram para enfraquecer o apoio do Governo ao projeto no final da década de 70, como a crise econômica que se

abateu sobre o país, e também o processo de democratização então em curso. Observe-se, novamente, que essas conclusões são típicas da perspectiva ‘internalista’. As dinâmicas ‘externas’ são vistas sob a lógica de quem está lidando apenas com o novo projeto.

Embora o projeto Siscom II tivesse evoluído, foi praticamente abandonado em 1979. Entre as causas estavam a falta de recursos financeiros e pessoal qualificado. Além disso, o projeto era ambicioso para os recursos que dispunha. As conclusões descritas em relatório do CPqD, em 1980, revelam e descrevem suas falhas, mas tentam minimizar o fracasso apresentando o projeto como um “projeto exploratório” (Borges et al., op.cit., p2). Basicamente, o Siscom II carecia de:

- a) interfaces mais padronizadas entre seus blocos e sub-sistemas;
- b) blocos construtivos básicos divididos por aplicação, não por capacidade de tráfego (modularidade);
- c) tecnologia de produto (desenvolver protótipos industrializáveis);
- d) estratégia mais adequada para enfrentar a escassez de recursos técnicos e financeiros.

Além disso, faltava a presença de uma empresa brasileira que apoiasse o projeto, desenvolvendo-o em conjunto com o CPqD, que não tinha condições de industrializá-lo. O CPqD não era uma empresa e, na verdade, a industrialização de tecnologias não era tarefa sua. Mas por outro lado, o projeto Siscom II teve um aspecto positivo: contribuiu para ampliar os recursos humanos qualificados na área de telecomunicações. Além disso, durante o projeto o Governo brasileiro estabeleceu um acordo de cooperação com a Itália para a) a transferência de tecnologia de filme espesso (placas de circuitos integrados); e b) o desenvolvimento de um processador de 16 bits (mais tarde abandonado em favor do 80286) (Hugueney, 1989, p12). Este último ponto do acordo revela com clareza a ambição do projeto Siscom II..

Concluindo, de acordo com a perspectiva ‘internalista’, o CPqD não conseguiu viabilizar os vários elementos do projeto Siscom II de forma a manter um apoio forte do Governo ao projeto. Em suma, o CPqD não viabilizou a rede local, não conseguiu

neutralizar as multinacionais, nem conseguiu ‘alinhar’ o Governo ao projeto (rede global), e, em consequência, o projeto não conseguiu se transformar em ‘ponto obrigatório de passagem’ dos atores e elementos envolvidos.

#### V.4.d - Mudanças no projeto e a estratégia gradualista

Diante das dificuldades apresentadas no projeto Siscom II, o CPqD adotou, a partir de 1980, uma estratégia gradualista. Primeiro, o grupo projetou o Trópico C, um concentrador de linhas. Caso fosse bem sucedido, eles buscariam desenvolver uma central telefônica de pequeno porte e, mais tarde, outra de grande porte. Tal estratégia se revelou adequada.

Para enfrentar a escassez de recursos e a pressão contrária das multinacionais o CPqD improvisou estratégias para proteger o desenvolvimento realizado, bem como criou soluções originais e baratas que viabilizaram a geração do sistema brasileiro. Duas delas ilustram bem o caso. Uma diz respeito ao processador do sistema, que empregava uma estrutura de processamento totalmente distribuída, pela associação de várias dezenas de microprocessadores pequenos e baratos – disponíveis no mercado desde o início da década de 80. Eles eram microprocessadores do tipo 8085 e, mais tarde, também 8088, 80286 e 80486. A solução imaginada era associar vários desses microprocessadores de modo a formar um ‘grande processador’ totalmente distribuído (Borges, 1985). “Com a evolução tecnológica e o aparecimento de microprocessadores comerciais num único circuito integrado LSI (integração em larga escala), se tornou possível a construção de sistemas de comutação com controle completamente distribuído, onde as funções de controle são providas por microprocessadores associados com pequenos grupos de circuitos terminais (linhas ou troncos). O emprego de controle completamente distribuído, adotado no Trópico R [e Trópico RA], possibilita o emprego de microprocessadores com requisitos de confiabilidade não tão elevados [e caros], software mais simples (cada microprocessador desempenha funções específicas associadas apenas ao grupo de órgãos controlados) e resulta em sistemas de confiabilidade global mais elevada porque a ocorrência de falhas só afeta pequeno número de órgãos.” (op.cit., p14). Podemos, claro está, desconfiar de avaliações feitas

por engenheiros interessados no sucesso do sistema, como as acima, porém, o importante a salientar é que o CPqD criou uma alternativa ao processador central de grande porte, provando-se (somente mais tarde, quando se tornou operacional) que este tipo de processador não era necessário.

A outra solução constitui particularidade do sistema brasileiro, e foi certamente uma das causas do seu sucesso no Brasil: ele era (e é) um ‘projeto de sistema’. Ou seja, ele era (e é) tão flexível que podia utilizar os componentes eletrônicos, e peças em geral, mais baratos que houvesse no mercado. Aliás, essa característica entrava em rota de colisão com a política de criação de uma indústria nacional de microeletrônica, desenvolvida em paralelo à geração da tecnologia de telefonia ao longo dos anos 80. Havia pressões para que o Sistema Trópico utilizasse somente peças e componentes fabricados pela indústria nacional. O fato é que, como o Sistema Trópico fora projetado para não depender de componentes eletrônicos locais ou especiais isso tornou possível que ele se beneficiasse do processo mundial de barateamento dos componentes eletrônicos. Foi, sem dúvida, um dos fatores que garantiu o sucesso comercial do sistema brasileiro no mercado nacional quando, mais tarde, ocorreu uma gradativa abertura desse mercado ao exterior, no início da década de 90, com a diminuição das tarifas de importação.

Um dos objetivos dessa estratégia era conseguir transferir para empresas brasileiras menores as tecnologias de pequenos equipamentos que já haviam sido criados, e projetar um concentrador de linhas, agora recriado de modo a viabilizar-se comercialmente. O Trópico C era um equipamento simples que podia ser ligado tanto às centrais eletromecânicas convencionais como aos novos sistemas híbridos. Servia para que as operadoras telefônicas pudessem obter economias no uso dos cabos telefônicos, uma vez que o dispositivo permitia concentrar até 30 ‘conversações’ num único fio. Em 1983, o protótipo industrializável do Trópico C foi submetido a testes de campo em sua configuração definitiva (Borges et al., 1984, p5). Esse pacote tecnológico foi transferido às empresas ‘Elebra SA’ e ‘P&D Sistemas Eletrônicos SA’, que passaram a produzir e comercializar o novo produto para a Telebrás e suas operadoras regionais a partir de 1984.

Em 1981, o Governo baixara a Portaria 215, retrocedendo da posição de 1976 e estabelecendo uma fatia de 40% do mercado de CPA-T para as empresas brasileiras (100% pela portaria anterior). Mesmo assim, essa reserva de mercado era vista como uma ameaça pelas empresas multinacionais que já dispunham de sistemas digitais, como a Ericsson com seu sistema AXE-10. Para impedir que o novo projeto viesse a ser bem sucedido, elas se declararam formalmente interessadas em participar dele, “mas argumentavam, nos bastidores lobistas, que era pretensioso, e jamais conseguiríamos concluí-lo” (Huguene, 1989, p12).

Assim, a estratégia do CPqD em relação à central de pequeno porte foi, primeiro, a de limitar a ambição do projeto, ligando-o à política de ‘interiorização das telecomunicações’ do então Governo Figueiredo. Desse modo, o projeto do Trópico R era, inicialmente, o de uma central telefônica de porte *diminuto*, idealizada para zonas rurais do país, com apenas 200 terminais, que poderia servir também como concentrador de linhas. Sendo o equipamento desse porte, o CPqD não teve problemas para selecionar uma pequena empresa para participar do projeto, pois seu porte desprezível não despertava maiores atenções das empresas multinacionais. Por meio desse artilo o CPqD conseguiu livrar-se das pressões daquelas empresas, adiando para mais tarde a decisão sobre quais empresas brasileiras participariam do desenvolvimento da central de grande porte; contornou, assim, também o problema político (op.cit., p13).

O projeto do Trópico R, desenvolvido entre março de 1981 e dezembro de 1984, “cresceu” e produziu uma central de porte não tão diminuto, já que permitia o gerenciamento de até 4 mil terminais. Aqui vale notar que a arquitetura modular e o controle totalmente distribuído permitiu esse “crescimento natural” (na realidade permitindo a estratégia gradualista do CPqD). O custo de todo o desenvolvimento (Trópico C e Trópico R) é avaliado por Borges em aproximadamente 55 milhões de dólares, gastos em 12 anos de 1973 a 1984 (Borges et al., 1985, p9). Aqui, novamente, temos de desconfiar um pouco da fonte, já que o engenheiro acima era parte interessada no projeto. Mas, mesmo que o custo fosse o dobro por exemplo, ainda assim ele seria

extremamente baixo se comparado com o custo da geração de sistemas desenvolvidos no exterior (ver Tabela 4).

As mesmas empresas brasileiras que produziram o Trópico C – a Elebra e a P&D (Promon Eletrônica, mais tarde) – também participaram do Trópico R. Em 1985, essas duas empresas já comercializavam diretamente com as operadoras regionais da Telebrás, tendo vendido um total de 75 mil terminais. A primeira central do Trópico R entrou em operação em julho de 1986. Até 1989 já estavam em operação quase 600 mil linhas com as centrais do Trópico R (Vieira de Souza, 1989, p7).

#### V.4.e - A etapa mais ambiciosa do projeto

O grande sucesso do Trópico R deu ao CPqD e à Telebrás a credibilidade que necessitavam para pavimentar o caminho em direção ao projeto de um equipamento digital de grande porte. O CPqD contava agora com o apoio mais decidido do Governo e das empresas nacionais, as genuinamente brasileiras, cada vez mais interessadas em cooperar para o desenvolvimento do novo projeto, o do Trópico RA. Não por acaso, às duas empresas que produziam o Trópico R juntaram-se a Sesa e a STC (sem ligação, respectivamente, com a ITT americana e a STC britânica).

De modo similar ao caso sueco, o novo projeto, o do Trópico RA, incorporava fortes preocupações com as características da rede telefônica brasileira e com o modo de administrar das companhias operadoras brasileiras (subsidiárias da Telebrás). Graças à experiência com o Trópico C e R, o CPqD planejou a continuação da família Trópico de forma mais integrada com as operadoras telefônicas e com as empresas fabricantes. As características técnicas são similares às dos sistemas ‘AXE-10’ sueco e ‘System X’ britânico, como a ‘modularidade’ e o ‘potencial evolutivo’, com a importante exceção do tipo de processamento do controle da central. As características do projeto podiam ser assim resumidas (Borges et al., 1985, p13; Diaz, 1988, apênd. 3):

1. arquitetura modular e flexível para cobrir todas as aplicações e tamanhos requeridos pelas companhias telefônicas;

2. sistema preparado para acompanhar a evolução tecnológica e poder usufruir dos benefícios inerentes às tecnologias mais modernas;
3. especial preocupação com as especificações das operadoras brasileiras e com suas práticas usuais de operação e manutenção;
4. especificações particulares estabelecidas em conjunto com as operadoras brasileiras, mas sem deixar de seguir as recomendações da CCITT;
5. diversas facilidades para o trabalho de manutenção utilizando recursos modernos;
6. simplicidade de fabricação, com potencial para ser produzido de forma totalmente automatizada;
7. capacidade para atingir 35 mil terminais (1ª fase), e 100 mil terminais (2ª fase);
8. fornecimento de todos os serviços mais modernos, como RDSI (ISDN), redes virtuais, serviços automatizados, redes inteligentes, etc;

Ao contrário dos primeiros projetos, o CPqD trabalhou em conjunto com as empresas fabricantes desde o início, assim, em 1987 a arquitetura do 'hardware' do Trópico RA já havia sido definida e, com isso, os custos de produção da nova central já puderam ser calculados, de forma que as quatro empresas brasileiras já planejavam desde então sua industrialização (Huguenev, 1989, p11). Nesse projeto participaram cerca de 300 pessoas, entre cientistas, engenheiros, técnicos e pessoal de apoio.

#### V.4.f - Os resultados do novo sistema e sua comercialização

O projeto do Trópico RA começou oficialmente em 1986, sendo que a primeira fase terminou em 1990, e a primeira central entrou em operação comercial em 1991, instalada na cidade de Brasília. Seus custos diretos de desenvolvimento são calculados em torno de 35 milhões de dólares anuais (pessoal e infra-estrutura), o que resulta num montante de 210 milhões de dólares em cinco anos aproximadamente. Uma outra estimativa calcula que o custo total da família Trópico (C, R e RA) estaria em torno de 350 milhões de dólares (Cerqueira Leite, 1993, p191). Se compararmos essas cifras com as aquelas que foram despendidas com os sistemas produzidos fora do Brasil, o desenvolvimento do Trópico RA se revela muito barato (ver Tabela 4).

O lançamento do sistema Trópico teve forte impacto no mercado brasileiro de telefonia. “Quando o Trópico [RA] entrou no mercado em 1990, o preço unitário por assinante de centrais digitais caiu de US\$ 1100 para US\$ 400 dólares. Em setembro de 1994 esse valor já estava em US\$ 190” (Revista Telebrás, set. 94, p147), subindo ligeiramente desde então. Não há dúvida de que a Telebrás economizou bastante desde então, “deixando-se de gastar US\$ 720 milhões ao ano na aquisição de centrais” (op.cit., p147). Com isso, se pôs a nu a política de cartel possivelmente adotada pelas empresas multinacionais do setor até 1990, quando o Trópico RA foi lançado. Tanto isso é verdade que no mercado americano esse mesmo tipo de central telefônica custava menos de 200 dólares por terminal, preços praticados pelas gigantes ATT e Nortel (Cerqueira Leite, 1993, p192). A Tabela 5 mostra a receita propiciada às empresas fabricantes pelas centrais digitais Trópico nos primeiros anos da década de 90.

Tabela 5 Receita Obtida com as Centrais Trópico

<b>Receita (milhões de dólares)</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1994</b>
<b>STC</b>	10	31	80
<b>Promon</b>	40	68	261
<b>Elebra<sup>1</sup></b>	60	-	-
<b>Sesa<sup>1</sup></b>	114	-	-
<b>Alcatel</b>	-	354	355 <sup>2</sup>
<b>Total das empresas</b>	224	453	696

Fonte: Anuário Telecom (Britto, 1996, p35).

<sup>1</sup> A Elebra e a Sesa foram compradas pela Alcatel em 1991 (Brito, op.cit, p 41).

<sup>2</sup> Esses números também incluem as vendas do ‘Sistema 12’ da Alcatel, porém como sua adaptação à rede brasileira se revelou bastante problemática (Brito, op.cit., p42), pressupõe-se que a receita de 94 seja na maior parte propiciada pelas centrais ‘Trópico’.

## V.5 - Algumas conclusões

As três análises, feitas agora sob o ponto de vista ‘internalista’, permitem chegar a algumas conclusões sobre os três casos, e, ao mesmo tempo, sobre a perspectiva ‘internalista’. As conclusões sobre os três casos não diferem inteiramente das que foram obtidas utilizando-se a perspectiva externalista.

Pode-se perceber, no Capítulo IV, que a iniciativa dos três projetos partiu de grupos diferentes em cada caso. Aqui, porém, não nos referimos mais a “fatores” econômicos, políticos ou técnicos, mas, sim, à “iniciativa” de grupos sociais. Na Suécia, a iniciativa foi basicamente tomada pelos altos escalões das empresas Televerket e Ericsson, e, além disso, a estratégia da Ellemtel durante todo a evolução do projeto refletiu suas preocupações comerciais. No Brasil, a iniciativa nasceu de grupos políticos nacionalistas que atuavam dentro do governo militar e desejavam um desenvolvimento econômico com maior independência tecnológica. Inicialmente, o apoio do Governo foi fundamental, mas, uma vez criado o CPqD, ele foi capaz de desenvolver estratégias próprias com o objetivo de tentar criar o sistema brasileiro de telefonia, embora sempre contasse com a proteção do Governo via Telebrás. No Reino Unido, finalmente, houve conflitos sérios entre as diferentes estratégias do BPO, das empresas, do Governo e dos próprios cientistas e engenheiros, que se alteravam durante o projeto. Bem no início, foi o AGSD que tomou a iniciativa de promover o projeto, depois o BPO assumiu a tarefa com a ajuda do Governo. No fim, após o atraso no desenvolvimento do novo sistema, o Governo interferiu e entregou a finalização do projeto às empresas Plessey e GEC. Fica patente que o trabalho dos cientistas e engenheiros britânicos foi bastante prejudicado pelos conflitos entre os vários participantes do projeto.

Essa análise nos permite perceber com maior nitidez algumas fragilidades da perspectiva internalista. Primeiramente, ela enfatiza excessivamente o papel dos agentes da inovação. Isso pode ser considerado por dois lados. As escolhas e estratégias dos agentes tendem a ser vistas como os determinantes principais do curso de suas ações, o que não deixa de ter um lado verdadeiro; porém, quando superestimadas, elas podem

acabar obscurecendo o fato de que suas iniciativas estavam condicionadas por fatores estruturais maiores, isto é, não resultaram apenas de encontros e negociações casuais (dimensão *situacional* de Mouzelis), mas, também, foram frutos de interesses e comportamentos moldados pelas regras do contexto e de suas contradições estruturais (dimensão *posicional* e *disposicional*, ver Capítulo III). Embora esse contexto maior seja mostrado, pelo menos em parte, fica patente a falta de um modo mais sistemático de articular o contexto específico com a iniciativa dos grupos sociais. E somente com essa articulação se poderá entender porque os estratagemas e iniciativas foram tão diferentes nos três casos.

Por outro lado, como o foco da análise recai sobre o processo social que envolve o planejamento, a definição e a geração da nova tecnologia, isso pode obscurecer o fato de que os agentes da inovação estavam envolvidos em outras negociações e conflitos que pouco tinham a ver a tecnologia em questão. Por exemplo, o CPqD estava envolvido com o desenvolvimento de vários outros produtos e entabulava negociações sobre eles com o Governo e outras empresas. Outro exemplo, no longo período de negociações entre as empresas britânicas e o BPO, de 1970 a 1974, em que este buscava convencê-las a se associarem para desenvolver o projeto do novo sistema, o foco de análise centralizado na formação desse grupo oficial corre o risco de encobrir o fato de que os conflitos entre empresas e BPO tinham muito pouco a ver com o novo projeto em si, e muito mais, sim, com a definição sobre a divisão do mercado britânico e com a escolha do sistema interim ('crossbar' ou 'reed-relay'), que substituiria provisoriamente o velho sistema Strowger.

A segunda debilidade, portanto, é que a perspectiva internalista tende a eclipsar da análise a dinâmica particular das áreas econômica e política maior, que não pode ser examinada somente do ponto de vista dos agentes da inovação em relação ao processo específico de geração da tecnologia em questão. Em outras palavras, esta perspectiva encontra dificuldades para focalizar o processo de criação tecnológica – a dinâmica de suas estruturas e agentes particulares – como instrumento de jogos econômicos e políticos.

Em resumo, a análise sob a perspectiva internalista mostra com clareza que a forma e o sucesso dos projetos dependeram crucialmente dos estratagemas dos agentes da inovação para lidar tanto com os recursos sociais maiores (apoios econômico e político), quanto com os recursos científicos do setor de telefonia, como pessoal qualificado e infra-estrutura técnica. Ou seja, os projetos dependeram da criação de duas redes e das negociações e relações estabelecidas entre elas. Porém, torna-se claro, igualmente, que esses estratagemas precisam ser melhor articulados com o contexto estrutural de esferas sociais de atividades humanas não diretamente ligadas ao desenvolvimento das tecnologias.

Em suma, é preciso articular de alguma maneira o contexto estrutural com as estratégias dos agentes. Essa maneira, apresentada no Capítulo III, consiste em examinar como o contexto particular de cada país propiciou aos agentes da inovação diferentes capacidades de transformação, e como esses agentes evoluíram num processo de moldagem recíproca.