

## **Capítulo IV**

### **Uma Abordagem ‘Externalista’: os Fatores Sociais e Técnicos**

#### IV.1 - Introdução

Examinarei neste capítulo os diversos fatores sociais e técnicos que impulsionaram e moldaram o desenvolvimento dos sistemas digitais de chaveamento telefônico – focalizando esses fatores de maneira ‘externalista’. Primeiro, abordo historicamente a evolução do sistema de telefonia de cada país até a véspera da concepção do projeto dos novos sistemas, e, a partir desse momento, analiso os diferentes fatores, comparando nos três casos seus aspectos semelhantes e suas diferenças fundamentais em função dos projetos iniciais, dos desenvolvimentos posteriores e de algumas das características técnicas principais dos três sistemas digitais de telefonia.

A idéia central da abordagem ‘externalista’, como foi discutida na 1ª Parte da tese, é de que são os fatores técnicos e sociais ‘externos’ que em última instância “determinam” as condições sob as quais ocorre o desenvolvimento das tecnologias e, portanto, a própria tecnologia criada e desenvolvida. Por vezes esses fatores são vistos de um ponto de vista estrutural, outras vezes como fatores ‘mais amplos’, indicando com isso, em geral, o papel de dinâmicas econômicas e políticas maiores. É importante deixar claro que a abordagem ‘externalista’ particular empregada aqui procura abranger algumas das características mais marcantes dos vários enfoques externalistas, porém não se confunde com nenhum deles. O objetivo deste capítulo é mostrar que embora os

fatores técnicos e sociais – vistos como fatores estruturais, como fatores econômicos e políticos mais amplos, ou como as condições técnicas e sociais pré-existentes – sejam essenciais, eles não são suficientes para uma análise mais acurada do desenvolvimento das tecnologias – a dos sistemas digitais de telefonia no caso examinado nesta tese.

#### IV.2 - Fatores históricos

Os sistemas telefônicos do Reino Unido, Suécia e Brasil já existiam e funcionavam no momento em que se decidiu, em cada um dos países, desenvolver um sistema digital de chaveamento telefônico público. Uma longa história já se desenrolara, a qual, ao mesmo tempo, possibilitava e limitava as oportunidades para o processo de criação de um novo sistema de telefonia. Em outras palavras, tal como expresso por Molina, as “bagagens históricas” diferentes dos participantes do setor de telefonia, em cada país, tiveram grande influência na concepção e no desenvolvimento dos novos sistemas (Molina, 1990, p70).

O fator histórico em si já é uma análise histórica das tecnologias de telefonia desenvolvidas antes das digitais. As três histórias contadas a seguir não seguem rigorosamente a perspectiva ‘externalista’. A análise realizada nesta Seção IV.2 segue um enfoque mais descritivo por onde se visualiza tanto os fatores estruturais como as iniciativas dos agentes do setor de telefonia. É o resultado dessas três histórias que se considera, pela perspectiva externalista, como sendo o ‘fator histórico’ que moldou a tecnologia dos sistemas digitais de telefonia.

##### IV.2.a - História da telefonia britânica

A rede telefônica britânica era formada até 1911 apenas por redes locais, que funcionavam com sistemas de chaveamento manuais. A companhia ‘National Telephone Company’ até então administrava e explorava comercialmente os serviços telefônicos (Young, 1983, p22). Naquele ano o governo britânico nacionalizou a rede de telégrafos e telefones, e o ‘British Post Office’ – BPO (Escritório Britânico de Correios ou, simplesmente, Correio Britânico) assumiu o monopólio da rede. Como revela o

próprio nome, esta organização também cuidava de serviços de correios e era constituída como um departamento de governo sujeito a rígido controle orçamentário. Desde a sua fundação, no século passado, o BPO sofria com o ‘Treasury stranglehold’ – o ‘estrangulamento’ do Ministério da Fazenda (Young, op.cit., p3).

Os equipamentos telefônicos manuais eram limitados e lentos, e os custos com a força de trabalho (operadores) muito altos. Em 1912, o BPO importou de Chicago, EUA, os primeiros equipamentos automáticos de telefonia com a tecnologia 'Strowger' (op.cit., p22). Porém, com o início da 1ª Guerra Mundial as importações e a expansão da rede telefônica foram paralisadas por conta do direcionamento de todos os recursos para a guerra.

No início dos anos 20, o BPO decidiu padronizar os equipamentos que viessem a ser instalados em sua rede com a adição de dispositivos chamados 'registradores-tradutores' ao sistema Strowger. Eram dispositivos que basicamente permitiam a contabilização de contas telefônicas. Esta padronização representou o primeiro passo para o início da indústria britânica de equipamentos de chaveamento telefônico que o governo britânico promoveu a seguir. O BPO e cinco empresas privadas assinaram um acordo para fabricar e suprir a rede telefônica britânica com equipamentos automáticos de telefonia. Essas cinco empresas formaram um grupo que ficou conhecido como “O Anel” (Hills, 1984, p124). Quatro delas eram britânicas – ‘Automatic Telephone Exchanges’ (ATE), ‘General Electric Company’ (GEC), ‘Siemens Brother’ e ‘Ericsson Telephones Ltd.’ (estas duas últimas nada tinham a ver com as empresas alemã e sueca de mesmo nome)<sup>1</sup>; e a última era subsidiária da empresa americana ‘Western Electric’ e se transformou mais tarde na ‘Standard Telephone Cables’ (STC) (Molina, 1990). O acordo assegurava ao BPO o suprimento de centrais telefônicas de que necessitava, e às empresas fabricantes um mercado protegido de concorrência, com uma fatia assegurada de 20% a cada uma, situação sem dúvida alguma muito cômoda para elas. Este acordo vigorou e estruturou o setor de produção de equipamentos de telefonia para a rede nacional até quase o final da década de 60, embora algumas dessas empresas deixassem então de existir como veremos adiante.

---

<sup>1</sup> Ignoro a origem do nome dessas empresas. Seria interessante pesquisar se não tinham originalmente alguma ligação com as correspondentes estrangeiras.

Apesar dos problemas de orçamento do BPO, que restringia a compra de novos equipamentos automáticos e, assim, a expansão da rede telefônica que tentava acompanhar com dificuldades o crescimento da demanda por novas linhas telefônicas, as empresas do 'Anel' estavam na realidade muito bem servidas com o vasto mercado representado não somente pelo mercado nacional, o terceiro do mundo (Molina, op.cit., p22), mas também pelo das colônias britânicas e da comunidade do 'Commonwealth'. Não foi por acaso que as cinco empresas se tornaram líderes no mercado mundial de equipamentos telefônicos automáticos nos anos 50, abocanhando uma fatia de 25% desse mercado (Molina, op.cit., p23).

Embora o BPO não fabricasse os equipamentos de telefonia de que necessitava e era, neste sentido, dependente das empresas fabricantes, ele tinha seu próprio departamento de pesquisas, que funcionava em 'Dolis Hill', em Londres. Este departamento era chefiado nos anos 30 e 40 pelo renomado cientista Teddy Flores, responsável pelo desenvolvimento de um dos primeiros computadores do mundo, o 'Colossus', utilizado durante a 2ª Guerra Mundial para decodificar códigos de guerra (Hills, op.cit., p130). Flores foi um dos primeiros cientistas a propor então a 'chave eletrônica' para os sistemas de telefonia, que na época consistia de válvulas termoiônicas.

Após a 2ª Guerra Mundial, uma delegação do BPO visitou os EUA e a Suécia para avaliar um sistema de chaveamento relativamente mais avançado que o Strowger, conhecido como 'crossbar' (barras cruzadas), e estudar a possibilidade de iniciar o desenvolvimento e a produção de equipamentos com essa tecnologia alternativa. O BPO decidiu no entanto continuar utilizando o sistema Strowger para a sua rede. O problema era que, embora o sistema 'crossbar' fosse mais avançado, também era mais caro até aquele momento, o que representava sem dúvida um fator decisivo para a recusa do BPO, dada sua limitada autonomia financeira. Porém, além disso, havia mais um fator: os cientistas e engenheiros do BPO já começavam a vislumbrar e, de fato, a se deslumbrar com a possibilidade de uma 'solução eletrônica' para a criação de um novo sistema de telefonia (Molina, op.cit. p26). "Se era possível fazer cálculos matemáticos

numa fração de segundos por meio de métodos não eletromecânicos com certeza os princípios poderiam ser aplicados no chaveamento de ligações telefônicas, especialmente no momento em que havia um equivalente em miniatura da válvula, o transistor ...” (Young, 1983, p115).

A promessa das novas técnicas e dispositivos eletrônicos era considerável, já que as chaves eletrônicas poderiam potencialmente funcionar centenas de vezes mais rápido que as chaves eletromecânicas. Essa perspectiva potencial era poderosa: “A ausência de desgaste mecânico (devido às partes móveis) sugeria que elas [chaves] seriam intrinsecamente mais confiáveis que suas correspondentes eletromecânicas, além disso, a adaptabilidade e a alta velocidade de operação dos componentes eletrônicos sugeriam que os custos de capital poderiam ser reduzidos pelo uso de equipamentos comuns. As técnicas eletrônicas também ofereciam possibilidades de reduzir custos com construções, na medida em que elas permitiriam menor espaço físico, peso, consumo de energia, além de melhor desempenho geral da transmissão.” (Harris, 1966, citado por Molina, op.cit., p28)<sup>2</sup>.

O caso da empresa STC (Standard Telephone Cables) é instrutivo a esse respeito, porque ela poderia ter empregado o sistema ‘crossbar’ da companhia francesa CGCT, associada à ‘Western Electric’, já que a STC era uma subsidiária desta. Porém, “a companhia [STC] não estava interessada. Sua perspectiva era a de que um sistema intermediário seria um desvio de rota nos esforços de pesquisas, e que um sistema eletrônico, muito mais confiável e rápido, não estaria longe de ser alcançado.” (Young, op.cit. p115).

Nos anos 50, houve uma grande variedade de pesquisas realizadas pelos cientistas e engenheiros do BPO e das empresas, embora ainda sem grande integração entre elas. Em 1956, quando já começava a se tornar claro que o sistema Strowger viria a se tornar obsoleto em futuro próximo, o BPO e as companhias fabricantes se

---

<sup>2</sup> ‘Equipamentos comuns’ a que Harris se refere é em particular o sistema de controle das chaves e das demais operações associadas a elas, que poderiam se tornar ‘comuns’ numa central telefônica, isto é, ao invés de cada chave ter um sistema de controle associado a ela, vários blocos de chaves poderiam ser controladas por um sistema de controle ‘comum’ a todas elas, posto que este sistema ‘comum’ seria presumivelmente muito mais rápido e confiável que os correspondentes eletromecânicos.

associaram e fundaram o Comitê Conjunto de Pesquisa Eletrônica (JERC), com o objetivo de desenvolver um sistema de telefonia totalmente eletrônico (Hills, op.cit. p132). Eles descartavam a criação de sistemas parcialmente eletrônicos, sistemas híbridos, e depositavam total esperança no futuro eletrônico.

Em dezembro de 1962 foi realizado um teste público com o sistema eletrônico em 'Highgate Wood', em Londres. O sistema, porém, revelou-se um retumbante fracasso. Ele sofria de sérios problemas, tais como consumo excessivo de energia elétrica, necessidade de ventilação por causa do super-aquecimento, resultando em extrema falta de confiabilidade, sem contar com o fato de ser extremamente complexo. A central telefônica era grande em comparação com os equipamentos então existentes, uma vez que utilizava válvulas termoiônicas, transistores e componentes eletrônicos *discretos*. “O sistema eletrônico de Highgate Wood utilizava um total de 377 mil componentes eletrônicos: 3 mil válvulas, 26 mil transistores, 150 mil diodos, 148 mil resistores e 50 mil capacitores.” (Molina, op.cit., p75). O curioso nesta tentativa frustrada, retrospectivamente, era que o sistema totalmente eletrônico ainda era analógico, utilizando a técnica de chaveamento/ transmissão chamada PAM-TDM, considerada a mais promissora na época. A tecnologia de chaveamento por pulsos digitais (PCM) não era ainda considerada viável e só veio a ser utilizada durante a década de 70.

Ao mesmo tempo, no final da década de 50 a demanda por novas linhas telefônicas aumentou consideravelmente. Havia por esta época meio milhão de britânicos em lista de espera por novas linhas telefônicas (Hills, op.cit., p116). A par disso, a exportação de equipamentos com tecnologia Strowger começa a declinar no mercado internacional, no início dos anos 60, devido em parte ao fim do colonialismo, quando o Reino Unido já não conseguia impor seu produtos às antigas colônias, mas também devido ao sucesso do sistema ‘crossbar’ – tecnicamente ainda mais avançado e competitivo em termos comerciais.

O fracasso da experiência de Highgate Wood evidenciava que a tecnologia dos componentes eletrônicos ainda não permitia o desenvolvimento de um sistema

totalmente eletrônico que fosse viável em futuro próximo. Deste modo, os principais atores envolvidos na matéria começaram a procurar soluções híbridas ou semi-elétrônicas, combinando chaves eletro-mecânicas ‘crossbar’ e ‘reed-relay’, por exemplo, com controles eletrônicos sobre as mesmas. Caminho semelhante fora adotado já havia algum tempo por empresas americanas e suecas, como veremos adiante. Assim, diversas foram as soluções pesquisadas. Algumas das empresas escolheram adaptar o sistema ‘crossbar’ para a rede britânica, o que levou à família dos equipamentos TXK1/ TXK2. Outras buscaram usar a chave ‘reed-relay’, combinando-a com controles eletrônicos já parcialmente desenvolvidos no projeto eletrônico fracassado: daí surgiu a família dos TXE3/ TXE4. Por sua vez, o departamento de pesquisa do BPO desenvolveu um sistema experimental com chave eletrônica ‘digital’, usando, para isso, as primeiras gerações de circuitos integrados, e testou-o na central chamada ‘Empress’ (bairro de Londres) em 1968 (Jones et al., 1979). Entretanto, para controlar a então revolucionária chave digital, o sistema experimental ainda usava os velhos controles eletrônicos ‘wired logic’ (lógica em circuitos) do sistema Strowger. Não por acaso, alguns engenheiros o chamavam de ‘Strowger digital’.

Entretanto, uma iniciativa conjunta foi bem sucedida e resultou na tecnologia de equipamentos de pequeno porte, os TXE-2, que combinavam, tal qual os TXE-3/ TXE-4, chaves ‘reed-relay’ com controle eletrônico rígido (wired logic). Todas as empresas do Anel produziram e venderam para o BPO equipamentos desse tipo.

O importante a ressaltar aqui é a diversidade de caminhos possíveis que estavam sendo pesquisados após o fracasso do Highgate Wood. Assim, em paralelo às pesquisas acima, duas das empresas desenvolviam também processadores em tempo real (computadores), pois consideravam que o controle sobre o sistema de telefonia seria o elemento mais importante para a criação de um futuro sistema eletrônico de telefonia, e buscavam aplicar tais processadores nas chaves Strowger e ‘crossbar’. A GEC desenvolvia o projeto ‘Mark’ e a Plessey o ‘P250’, ambos com ligações militares, pois também eram considerados projetos militares estratégicos (Molina, op.cit. p36).

No entanto, todas estas alternativas foram desenvolvidas num clima de fragmentação das pesquisas e de competição crescente entre as cinco empresas fabricantes, e isso resultou, em 1968, no fim do acordo de divisão eqüitativa do mercado britânico representado pelo BPO. Além disso, a nova situação, após o fracasso do Highgate Wood, contribuiu para alterar o número de empresas, que passaram de cinco para apenas três. A GEC comprou a AEI (ex-Ericsson Telephone Ltd.), e a Plessey, empresa que não pertencia ao 'Anel', comprou a ATE e a Siemens Brother. No fim dos anos 60, portanto, restaram apenas a GEC, a Plessey e a STC.

#### IV.2.b - História da telefonia sueca

No início deste século, a rede telefônica sueca era em larga medida gerenciada por uma agência governamental chamada 'Televerket'. Essa empresa estatal foi adquirindo pouco a pouco pequenas e grandes empresas privadas que operavam redes telefônicas manuais e locais, e se transformou, já nos anos 20, num monopólio de fato dos serviços de operação telefônica, embora não houvesse nenhum estatuto legal determinando isso (Molina, op.cit. p16).

A outra empresa, a Ericsson, é hoje em dia, primariamente, uma fabricante de equipamentos de telefonia, atividade que iniciou em 1878, quando Lars Magnus Ericsson produziu seu primeiro telefone, apenas dois anos após a invenção deste e a fundação da L M Ericsson (Meurling, 1985). Antes da 1ª Guerra Mundial a Ericsson também tinha subsidiárias oferecendo serviços telefônicos, principalmente na América Latina. Isto mudou após a guerra, e a partir dos anos 20 gradualmente a Ericsson se tornou basicamente uma empresa fabricante de equipamentos para as telecomunicações.

Portanto, uma característica marcante do setor de telefonia sueco, que chama a atenção quando comparada com o setor britânico, é a simplicidade institucional dos seus atores principais: duas empresas, uma estatal e outra privada. Ambas, ao contrário do caso britânico, estavam basicamente voltadas para o setor de telefonia (Molina, op.cit. p16). No Reino Unido, como já foi mencionado, a rede britânica era gerenciada pelo departamento de telecomunicações do BPO, que adquiria seus equipamentos de cinco

empresas privadas, que formavam juntamente com o BPO o grupo chamado “O Anel”. Além disso, algumas das companhias britânicas não se limitavam a fabricar apenas equipamentos de telefonia. A ‘General Electric Company’ (GEC), por exemplo, era uma vasta empresa de artigos elétricos variados, que possuía 13 departamentos, sendo um deles o de telecomunicações, que produzia equipamentos de telefonia.

A utilização de equipamentos automáticos de telefonia começou um pouco mais tarde na Suécia. A Ericsson e a Televerket iniciaram sua produção e implementação somente na década de 20, embora já realizassem pesquisas sobre tais sistemas desde a década anterior. Destes desenvolvimentos nasceu o sistema da Ericsson, chamado ‘500-Point Switch’ (chave de 500 pontos), que foi fabricado e comercializado por ambas as companhias, e posto em funcionamento em grandes cidades suecas como Estocolmo e Gotemburgo nos anos 20 (Molina, op.cit. p19). Em comparação, os primeiros sistemas Strowger foram instalados nos EUA em 1892, e no Reino Unido em 1913. O sistema sueco não era muito avançado tecnicamente e não foi bem sucedido comercialmente.

Entretanto, tecnologias mais avançadas para as chaves dos equipamentos de telefonia estavam sendo pesquisadas paralelamente. Em 1921, a Televerket iniciou o projeto de um novo sistema, com as chaves desenhadas na forma de ‘barras cruzadas’ (crossbar). Ela testou equipamentos com este sistema em duas cidades suecas em 1926 (Meurling, op.cit. p26). Porém, a nova tecnologia revelou-se muito cara ainda, se comparada com a do Strowger, que já estava relativamente bem desenvolvida, ou mesmo com a do sistema ‘500-Point Switch’ da Ericsson. A tecnologia do ‘crossbar’ foi momentaneamente abandonada, mas deixou lições valiosas para os cientistas suecos. Assim, nos anos 30, novas versões do sistema ‘crossbar’ foram desenvolvidas e utilizadas, agora com sucesso, para pequenos equipamentos de telefonia em áreas rurais da Suécia. O novo sistema começou então a mostrar suas vantagens, como explica Harris & Martin (1981). Um objetivo importante por trás da mudança das chaves Strowger para as chaves ‘crossbar’ [e mais tarde, as chaves ‘reed-relay’] era a melhoria na performance dos serviços em termos de qualidade e confiabilidade de transmissão, e ao mesmo tempo a redução dos custos com mão de obra na produção e na manutenção dos equipamentos. No entanto, pelo fato do custo individual dos pontos cruzados do

‘crossbar’ ou ‘reed-relay’ ser maior, novas formas de agrupamento e controle eram usadas para manter baixo seu número e permitir, com isso, compensações nos custos em termos de, por exemplo, quantidades menores de cabos entre os blocos de chaves... Por sua vez, isto era consistente com a provisão de equipamentos de *controle comum* que eram usados para determinar e estabelecer rotas apropriadas através da rede de chaves, e associar a elas os dispositivos de supervisão adequados” (Harris & Martin, 1981, p189-190, a ênfase é minha).

É importante ter em mente que o sistema ‘crossbar’ possibilitava uma utilização mais flexível e avançada de equipamentos de ‘controle comum’, tanto sobre as chaves em si como nas diversas funções do sistema. Os dispositivos eletrônicos estavam sendo cada vez mais aprimorados e empregados nos equipamentos de *controle comum* do sistema ‘crossbar’ (e mais tarde do sistema ‘reed-relay’). O mesmo não podia ser feito com o sistema Strowger, pelo menos na mesma extensão e com a mesma flexibilidade. Portanto, “o que é crucial sublinhar aqui é que a mudança para a chave ‘crossbar’ simultaneamente conduziu para formas mais flexíveis de controle comum. E uma vez que equipamentos Strowger não permitiam a mesma flexibilidade, torna-se claro que, ao adotar este caminho, em 1946, o desenvolvimento da capacitação tecnológica sueca em telefonia tomou desde então um rumo completamente diferente do percorrido pelo Reino Unido, onde na mesma época o sistema ‘crossbar’ tinha sido rejeitado” (Molina, op.cit. p20). Em outras palavras, na Suécia a capacitação eletrônica se deu de modo gradual e mais integrado com o desenvolvimento do sistema ‘crossbar’, e não como um sistema alternativo ao Strowger, como ocorreu no Reino Unido.

Após a 2ª Guerra Mundial, as duas companhias suecas entraram firmemente no desenvolvimento e comercialização de sistemas ‘crossbar’ de telefonia. Já em 1946, elas aperfeiçoaram esta tecnologia, e equipamentos telefônicos foram instalados com sucesso na Finlândia. Em 1955, a Ericsson desenvolveu o ‘codebar’ – versão miniaturizada e de maior capacidade da chave ‘crossbar’. Por volta de 1975, o grupo Ericsson produzia anualmente 500 mil chaves do tipo ‘crossbar’ (Meurling, 1985). Ou seja, enquanto o sistema ‘crossbar’ se beneficiava consideravelmente com os avanços eletrônicos que eram implementados no controle do sistema e se tornava, portanto,

qualitativamente mais avançado e comercialmente mais competitivo, o sistema Strowger, com suas limitações técnicas intrínsecas, entrava definitivamente em decadência como produto comercial no mercado internacional.

Ambas as empresas empregavam dispositivos eletrônicos nos sistemas de telefonia, porém suas linhas de pesquisas eram bastante diferentes (Molina, op.cit. p44). Nos anos 50, a Televerket trabalhava no projeto A-205E, que tentava “eletronificar” as estruturas das chaves ‘crossbar’ por meio da substituição dos marcadores e registradores eletromecânicos por seus correspondentes eletrônicos, e da adoção de um controle eletrônico do tipo ‘wired logic’ (ou ‘SLIC’) sobre aqueles dispositivos. Essa solução sem dúvida representava então um avanço, porém permitia um controle apenas limitado sobre as chaves e o sistema como um todo. A Ericsson, por seu turno, já tinha a atenção voltada para a chave eletrônica e trabalhava no sistema ‘Electronic Multiplex Automatic Exchange’ – EMAX (Equipamento Automático por Multiplexagem Eletrônica), que consistia numa tentativa de implementar técnicas de transmissão ‘PAM-TDM’ (com chaves eletrônicas) e, neste sentido, era bastante similar ao projeto pesquisado no Reino Unido no mesmo período.

A Televerket, porém, logo notou que sua solução eletrônica, centrada principalmente no controle não flexível ‘wired logic’, adotado pelo seu projeto A-205E, não prometia muito. E a Ericsson, por sua vez, através de um sistema experimental implementado em 1954, também encontrou dificuldades com seu sistema EMAX. Assim, seguindo a tendência de união de esforços, já em curso no Reino Unido, as duas empresas suecas se associaram e formaram, em 1956, o ‘Conselho Eletrônico’, com vistas a coordenar as pesquisas sobre telefonia eletrônica que estavam realizando. Este arranjo institucional levou as duas empresas a desenvolverem suas pesquisas de modo complementar. Por um lado, a Televerket começou a buscar técnicas de controle via processamento em tempo real (computador) e usando SPC – ‘Storage Program Control’ (controle por programas armazenados), o que a levou ao projeto ‘TEST I’ e permitiu-lhe criar sua primeira versão de ‘SPC’ já no início dos anos 60.

A Ericsson, por outro lado, decidiu continuar as pesquisas sobre as chaves eletrônicas e aproveitou bem uma oportunidade histórica que lhe surgiu. Ela tinha realizado há pouco uma grande descoberta, que reanimava as esperanças nas técnicas PAM-TDM para as chaves eletrônicas: era o ‘princípio de transferência por ressonância’. Logo a seguir, em 1959, a ‘North Electric Company’ (NEC), subsidiária da Ericsson em Ohio, nos Estados Unidos, foi escolhida para conduzir um projeto destinado à Força Aérea dos Estados Unidos (USAF) (Meurling, op.cit. p29). Esta desejava um equipamento de telefonia totalmente eletrônico para fazer parte de um sistema tático de comunicações. A Ericsson enviou então à NEC um considerável contingente de pesquisadores para trabalhar nos aspectos de concepção do projeto, chamado 412L, enquanto a NEC se ocupava da produção propriamente dita do novo equipamento. O projeto 412L foi finalizado a contento, e o equipamento de telefonia foi entregue à USAF no início dos anos 60. O produto foi vendido até o final dos anos 60, o que prova o sucesso desse sistema.

Comparando esta experiência com aquela similar, mas fracassada, realizada em 1962 em Highgate Wood, Reino Unido, é importante assinalar as consideráveis diferenças entre os dois projetos. O equipamento demandado pela USAF era basicamente um sistema projetado por requisitos militares, portanto bastante diverso dos requisitos das grandes redes telefônicas públicas. No sistema 412L, que era pequeno – não mais que 200 linhas –, exigências rigorosas eram feitas com relação à segurança, rapidez e flexibilidade, mas não quanto ao custo. Assim, o sistema 412L era relativamente caro. Não por acaso, ele foi considerado de pouca relevância para servir como base no desenvolvimento dos grandes sistemas públicos de telefonia (Meurling, op.cit., 29).

Apesar disso, o projeto eletrônico da Ericsson foi muito importante, não somente devido a seu sucesso comercial, mas por ter fornecido aos suecos uma experiência valiosíssima, que seria aproveitada nos projetos subsequentes. Esta experiência sem dúvida influenciou as decisões posteriores do Conselho de Eletrônica, onde as duas empresas intercambiavam suas experiências. Nesse conselho foram examinados, no

início dos anos 60, os avanços e o potencial das diferentes linhas de pesquisas conduzidas até então.

O Conselho de Eletrônica chegou à conclusão crucial de que a tecnologia dos componentes eletrônicos não estava suficientemente madura para propiciar a criação de um sistema de chaveamento público que fosse comercialmente viável (Molina, op.cit. p47). Como já foi assinalado, os componentes eletrônicos utilizados até então – basicamente válvulas e transistores discretos – não estavam suficientemente avançados para realizar a função de chaveamento. É interessante observar que os cientistas e engenheiros britânicos chegaram, na mesma época, a essa mesma conclusão, mas com a diferença marcante de que os suecos chegaram a ela pela via do sucesso, construindo e vendendo para os americanos um pequeno sistema de telefonia militar.

O Conselho de Eletrônica considerou também, por um curto período, a possibilidade de utilização das chaves ‘reed-relay’, alternativa essa logo eliminada devido a seu custo elevado. Decidiu-se então continuar utilizando as chaves ‘crossbar’, que vinham sendo aprimoradas há várias décadas e, por isso mesmo, tinham um custo relativamente menor. Esta decisão crucial fez com que ambas as empresas concentrassem seus esforços de pesquisa em sistemas híbridos, que tentavam combinar chaves ‘crossbar’ com controles eletrônicos computadorizados e utilizavam programas armazenados (SPC). Em 1963, a Ericsson iniciou o projeto AKE-12, aproveitando a experiência inicial em ‘SPC’ da Televerket, e esta começou, um ano depois, a segunda geração de ‘SPC’ com o projeto A-210. Durante toda a década de 60 a Ericsson desenvolveu duas famílias de sistema ‘crossbar’, uma mais tradicional, os AREs, e a outra mais avançada, os AKEs, com controle ‘SPC’. A Televerket, por sua vez, desenvolveu o sistema A-210.

#### IV.2.c - História da telefonia brasileira

Até 1929, a rede telefônica do Brasil era formada por redes manuais e locais. Naquele ano – dois anos após se instalar no Rio de Janeiro, em 1927 –, a ‘Standard Electronic’, subsidiária da ITT no Brasil, iniciou a importação de equipamentos

automáticos de telefonia (Medeiros, 1990, p184). Eram equipamentos fabricados na Bélgica pela ‘Bell Telephone Manufacturing’ – uma associada belga da ITT – que utilizavam o sistema Strowger, do tipo 7A1. Entraram em funcionamento no Rio de Janeiro, então capital do Brasil, sendo operados pela ‘Companhia Telefônica Brasileira’ (CTB). A primeira central telefônica automática de prefixo 227 entrou em operação em Ipanema em 1930 (Cerqueira, 1996). Essa linha, que ainda hoje continua em funcionamento, tem 67 anos, e não por acaso provoca muitas dores de cabeças em seus usuários.

Durante a 2ª Guerra Mundial e por alguns anos posteriores, devido às dificuldades de importação de equipamentos inteiros, e mesmo de peças e componentes de aparelhos de comunicação em geral, iniciou-se um lento processo de fabricação no Brasil de aparelhos eletrônicos e de alguns de seus componentes (Moreira, 1953, p189). As válvulas, por exemplo, começaram a ser produzidas em 1946. A primeira fábrica de válvulas da América Latina foi estabelecida no Brasil pela SESA – Standard Eletrônica SA (ex-Standard Electronic) por iniciativa de um ex-empregado da ‘De Forest’, empresa fundada por De Forest, o inventor da válvula (Medeiros, 1990, p185).

No setor de telefonia, a mesma SESA começou a fabricar, em 1943, aparelhos de telefones e mesas telefônicas inter-urbanas (Lins de Barros, 1990, p236), e mais tarde equipamentos de telefonia com tecnologia Strowger, modelo 7A2, uma versão aprimorada do 7A1. Até 1957, foram instaladas no Brasil 24 centrais com o sistema Strowger, num total de 250 mil linhas (Medeiros, op.cit. p185). É válido lembrar que algumas destas centrais funcionam até hoje, a despeito de sua obsolescência, da deterioração provocada pelo tempo, e da baixa qualidade dos serviços (Cerqueira, op.cit.).

Em 1954, foi a vez da Ericsson se instalar em São José dos Campos, no estado de São Paulo, inicialmente com cerca de 100 empregados, e começar a produzir equipamentos de chaveamento telefônico, mas com a tecnologia ‘crossbar’ que a Ericsson desenvolvia (Lins de Barros, 1990, p210). O primeiro equipamento ‘crossbar’ entrou em serviço em 1958, operado pela CBT de São Paulo (Capellaro, 1990, p34).

Um pouco mais tarde, a SESA resolveu competir no mercado de telefonia com tecnologia ‘crossbar’ e iniciou a fabricação do seu bem conhecido sistema, o ‘Pentaconta’. A primeira central Pentaconta entrou em operação no Rio de Janeiro, em 1961, operada pela antiga ‘Companhia Telefônica da Guanabara’ (CTG). Apenas para lembrar, isto ocorreu na mesma época em que os britânicos se recusavam a seguir o caminho oferecido pela tecnologia ‘crossbar’ e tentavam sem sucesso um sistema totalmente eletrônico. A SESA produziu e instalou, de 61 a 74, mais de 30% dos equipamentos de telefonia vendidos ao mercado brasileiro de telefonia pública (Medeiros, *op.cit.* p186).

Vendiam também ao mercado brasileiro de telefonia, embora com menor participação, as empresas ‘ATE-Plessey’ britânica, a ‘Siemens’ alemã com seu sistema ‘cross-point’, e a NEC japonesa com um sistema ‘crossbar’ (Lins de Barros, 1990).

Até o início dos anos 70, a quase totalidade dos equipamentos de telefonia eram, ou importados diretamente do exterior, ou “fabricados” no Brasil (na realidade ‘montados’) pelas multinacionais do setor de telecomunicações, através da importação do exterior de grande parte de suas peças, componentes e outros insumos básicos. Ou seja, até a década de 70 não existia genuinamente uma indústria ‘nacional’ de telecomunicações. Tudo era importado ou montado com a importação dos componentes pelas empresas estrangeiras – Ericsson, SESA, Siemens, ATE-Plessey, NEC, entre as principais.

Portanto, uma diferença básica da situação brasileira em relação à britânica e à sueca é que, além de não ter uma indústria nacional, o Brasil não realizava, até o início da década de 70, praticamente nenhuma pesquisa ou desenvolvimento no setor de telefonia. A tecnologia desta área era sempre trazida pronta e apenas adaptada às condições e características da rede telefônica brasileira.

Em relação à situação das operadoras telefônicas, até o início da década de 60 imperava a estagnação no desenvolvimento dos serviços telefônicos. Havia então mais

de mil companhias telefônicas, envolvidas em uma ‘guerra de tarifas’ com o Governo (Medeiros, op.cit. p185). As companhias operadoras atuavam regionalmente, de modo isolado, exceto no eixo Rio-São Paulo, com padrões técnicos os mais diversos, métodos administrativos variados, e, na opinião de Wajnberg, “sob um regime de política tarifária aviltante, arbitrário e demagógico que não incentivava qualquer novo investimento” (Wajnberg, 1990, p49). Esta situação toda presumivelmente impedia que elas planejassem seriamente a ampliação da rede e a melhoria dos serviços oferecidos.

Na década de 60, o Governo tomou várias medidas políticas para tentar melhorar a rede telefônica. Entre elas, se encontram o estabelecimento do Código Nacional de Telecomunicações, para padronizar tecnicamente a rede nacional, a criação do Ministério das Comunicações, em 1962, e a fundação da Empresa Brasileira de Telecomunicações (Embratel), em 1963, para organizar o setor nacionalmente. Alguns anos depois se iniciou o processo de nacionalização da rede telefônica brasileira, concluído em 1972, com a fundação da Telebrás, a ‘holding’ estatal que passou a controlar as empresas operadoras regionais e a Embratel. Havia ainda uma lei federal que obrigava as empresas estrangeiras a contratar no mínimo 2/3 de empregados brasileiros em seus escritórios e fábricas (Silveira e Silva,1990). Isto induziu o surgimento de centros de formação de mão-de-obra especializada – técnica e superior – fundados pelas próprias empresas multinacionais.

A solução do Ministério das Comunicações para a ampliação da rede foi a compra maciça de equipamentos das multinacionais. Tecnicamente, a solução adotada não distinguia os diversos sistemas de telefonia. O Ministério das Comunicações encomendava o que era oferecido pelas empresas, aparentemente procurando apenas negociar melhores ofertas. Os primeiros sistemas automatizados de ligação interurbana foram instalados em 1971, permitindo então, pela primeira vez, discagens diretas interurbanas e internacionais (DDI e DDD). Nesse mesmo ano, foram produzidas e instaladas 450 mil linhas telefônicas novas. Fazia parte dos anos que ficaram conhecidos como do ‘milagre brasileiro’, com inflação relativamente baixa e crescimento econômico acelerado, da ordem de 10% por ano, a despeito da intensa

exploração da mão-de-obra barata e da forte repressão política estabelecida pelo regime militar, então sob comando do general Garrastazu Médici.

#### IV.3 - Características dos três sistemas digitais

De acordo com a perspectiva externalista, as distintas histórias da telefonia nos três países, descritas acima, tiveram influência decisiva na concepção dos projetos, na organização dos grupos que desenvolveram cada um deles, e nas características finais dos três sistemas digitais. Primeiro, porque elas constituíram as condições técnicas e sociais, gerais e específicas ‘pré-existentes’, sob as quais foram desenvolvidas as novas tecnologias. Segundo, porque elas revelam a ‘tradição’ do comportamento dos agentes envolvidos nos processos anteriores de criação e utilização dos equipamentos de telefonia. Por exemplo, na Suécia, a Ericsson tinha uma tradição de atuação no mercado internacional, o que fazia com que a empresa estivesse acostumada a prestar atenção e a responder rapidamente às perturbações desse mercado e às novidades das tecnologias criadas no setor de telefonia. No caso britânico, por sua vez, as empresas do Anel estavam acostumadas, devido ao arranjo institucional, a que seus gastos com P&D fossem pagos pelo BPO. Isso teve influência nas negociações que entabularam mais tarde com o BPO no estabelecimento dos contratos do novo projeto, já que elas contabilizavam P&D como gasto e não como investimento. Em suma, o fator ‘histórico’ é importante porque permite visualizar a origem das condições sociais e técnicas – a bagagem histórica nas palavras de Molina – sobre as quais as novas tecnologias foram desenvolvidas.

Inverto aqui a ordem de apresentação e descrevo algumas das características principais das três tecnologias resultantes. Focalizarei, depois, gradualmente, os fatores técnicos e sociais responsáveis por essas características, relacionando-os também com outros fatores e suas influências recíprocas. À medida que se for aprofundando a análise, irei gradualmente comentando algumas das características dos três sistemas e, ao mesmo tempo, analisando alguns tipos de enfoques ‘externalistas’ particulares, observando suas especificidades e os aspectos falhos mais evidentes.

Embora as três tecnologias – ‘AXE-10’, sueca; ‘System X’, britânica; e ‘Trópico’, brasileira – sejam totalmente eletrônicas e digitais, elas apresentam capacidade de interconexão com redes e centrais telefônicas analógicas. Mesmo apresentando diferenças, elas oferecem capacidades similares de qualidade e tipo de serviços. Entre estes, podemos citar o ‘freephone’, ‘redes virtuais privadas’ (centrex), diversos ‘serviços automáticos’, ‘correio de voz’, ‘redes digitais de serviços integrados’ (ISDN), etc. Os três sistemas apresentam altíssima confiabilidade e, de modo geral, funcionam de acordo com os padrões da CCITT, órgão de âmbito mundial que estabelece os padrões internacionais de telefonia; apresentam também capacidade total de gerenciamento de linhas e de tráfego telefônico bastante similares. As três tecnologias utilizam programas armazenados (software) para controlar as funções do sistema e oferecer serviços variados e flexíveis, de acordo com as necessidades das companhias telefônicas.

Em termos de software, as semelhanças também são grandes: os três sistemas têm arquitetura modular. Cada módulo de funções associadas funciona com seus próprios dados e, quando necessário, comunica-se com os outros através de ‘sinais de programas’ (AXE-10) ou ‘passagem de mensagem’ (System X), ou ‘Vias de Sinalização’ (Trópico). O importante a destacar é que a interdependência entre os módulos é mantida no mínimo, reduzindo-se com isso a complexidade dos programas aplicativos. Além disso, a estrutura de programação modular facilita correções e novas implementações, com maior flexibilidade e confiabilidade.

Em termos de capacidade de transferência de dados de ISDN, todas oferecem a razão básica de  $2B + D$  e a razão primária de  $30B + D$  por canal. Uma diferença importante é que o sistema ‘AXE-10’ foi planejado para oferecer também o padrão americano de canais de  $23B + D$ , cujo padrão é essencial para se comercializar equipamentos de telefonia nos EUA. Não seguindo tal padrão, o sistema ‘Trópico’ somente desenvolveu essa capacidade em sua 2ª fase, completada em 1996, o que por sua vez é consistente com a pequena utilização de ISDN no Brasil.

As semelhanças, porém, terminam aí. A tecnologia sueca foi desenvolvida segundo um enfoque de ‘concepção global do sistema’, com o ‘hardware’ refletindo a estrutura do ‘software’. Assim, a linguagem do AXE-10, o PLEX (Programming Language for Exchanges) foi desenvolvida, desde seu início, em conjunto com a arquitetura do processador. A Ericsson reivindica possuir a maior biblioteca de programas para aplicações em telefonia, o que é consistente com sua enorme presença no mercado mundial. Além disso, o ‘AXE-10’ segue o padrão LSSGR (Local Switching Systems General Requirement) utilizado nos EUA, enquanto nem o ‘System X’, nem o ‘Trópico’ foram projetados para funcionar com esse padrão, o que também é consistente com a pequena ou nenhuma presença destas tecnologias no mercado internacional.

Como já foi mencionado na introdução, a maior diferença entre os três sistemas se encontra no processador da central. O sistema sueco utiliza uma arquitetura em dois níveis, com um processador central para tarefas pouco frequentes e mais complexas, e vários processadores secundários para tarefas simples e repetitivas. O ‘AXE-10’ foi projetado com três tipos diferentes de processadores, dependendo da capacidade requerida por uma aplicação específica. O processador APZ 212 era o maior disponível até o final dos anos 90, com capacidade máxima de 800 mil BHCA (Molina, op.cit.). Sua capacidade foi ampliada nos anos 90, chegando a 1,5 milhões BHCA (‘Dittberner Associates, Inc.’, 1995).

Por outro lado, o ‘System X’ tem um processador central que utiliza uma arquitetura de processamento em paralelo (multiprocessamento), com vários ‘clusters’ (agrupamentos), em cada um dos quais funcionam outros tantos processadores. Por causa destes agrupamentos, o processador é chamado de ‘multiprocessador em agrupamentos’ (cluster multiprocessor). O multiprocessador do ‘System X’ é formado, na sua maior configuração, por 4 agrupamentos contendo 4 processadores cada um, totalizando 16 processadores. Cada agrupamento conta com a capacidade de 250 mil BHCA, somando 1 milhão BHCA (Molina, 1990). Essa arquitetura possibilita até 8 agrupamentos, o que totalizaria uma capacidade de até 2 milhões BHCA (‘Dittberner Associates, Inc.’, 1995).

Tabela 3 Características Técnicas Gerais das Três Centrais Telefônicas

	System X	AXE-10	Trópico*
Processador	Central	Central (parcialmente distribuído)	Totalmente distribuído
Sistema operacional (linguagem)	POPUS (BT Coral)	PLEX (PLEX)	SO Trópico (CHILL)
Nº de linhas (máximo)	100 mil	80 mil	100 mil
Capacidade de tráfego em Erlangs (mil) em BHCA (mil)	25 450 a 1500	25 450 a 1500	12,6 680 a 1088

Fonte: 'Dittberner Associates, Inc.', 1995.

\* Telebrás, 1996

Em contraste com o sistema britânico, o 'Trópico' utiliza uma arquitetura de processamento descentralizado e totalmente distribuído por meio de dezenas de 'microprocessadores' comuns da Intel (8088, 80386, etc), em que cada módulo contém seu próprio processador, gerencia seus próprios dados e controla até 192 terminais de assinantes (linhas). Dessa maneira, a capacidade da central cresce quase que linearmente com o aumento dos módulos, resultando disso um sistema extremamente modular. Com esse tipo de arquitetura, o sistema 'Trópico' atinge a capacidade de 680 até 1088 mil BHCA (Telebrás, 1996).

Os três sistemas funcionam com grande variedade de sinais. No entanto, o sistema sueco embanja possivelmente a maior base acumulada de tipos de sinais – em

torno de 500 –, com características das redes telefônicas de quase todo o mundo, incluindo os EUA, Reino Unido e Brasil (Molina, op.cit.).

Quanto à confiabilidade, ela é extremamente alta nos três sistemas, todos com uma capacidade de funcionamento que determina menos de 2 horas de falha (downtime) em 40 anos, padrão recomendado pela CCITT. Na Tabela 3 são mostradas algumas das características mais gerais das três tecnologias.

Na Tabela 4 são mostrados alguns dados relevantes do desenvolvimento de alguns dos principais sistemas digitais de telefonia. Os dados não são precisos, embora venham de fontes seguras, mas mesmo assim eles fornecem ao leitor uma boa noção das diferenças entre os sistemas.

Tabela 4 Características do Desenvolvimento de Alguns Sistemas Digitais <sup>1</sup>

<b>Sistema</b> (país de origem)	<b>AXE-10</b> (Suécia)	<b>System X</b> (R.Unido)	<b>Trópico</b> (Brasil)	<b>EWSD</b> (Aleman.)	<b>5ESS</b> (EUA)	<b>DMS</b> (Canadá)
<b>Tempo</b> (ISDN incluído)	72-86	74 <sup>2</sup> -86	80-96 <sup>3</sup>	78-86	78-86	-86
<b>Gastos em desenvolvimento</b> (bilhões de dólares)	~ 1,3	1,2	0,4 <sup>4</sup>	< 1	~ 1,5	> 1
<b>Nº de linhas instaladas até 1995</b> <sup>6</sup> (milhões)	78,9	23,8	~ 1,5 <sup>5</sup>	81,7	90,6	93,5
<b>Total de pessoas que trabalhavam</b>	5000	~ 1500 <sup>7</sup>	~ 350 <sup>5</sup>	4000	3000	2000

Fonte: 'Dittberner Associates, Inc.', 1987.

<sup>1</sup> O número de linhas instaladas se refere também a outros sistemas comercializados pelas

<sup>2</sup> Data do nascimento oficial do grupo de desenvolvimento 'System X' (Molina, 1990).

<sup>3</sup> Data do término da 2ª fase do Trópico RA com implementação de 'ISDN' (CPqD)

<sup>4</sup> Cerqueira Leite (1993, p191).

<sup>5</sup> Telebrás, 1996.

<sup>6</sup> 'Dittberner Associates, Inc.', 1995

<sup>7</sup> Harris (1978, p15) (número de engenheiros que trabalhavam no projeto em 1977-78)

#### IV.4 - O avanço científico e técnico

O progresso da ciência na área de telefonia *determinou* a emergência de novas possibilidades de soluções técnicas para a construção de um sistema de telefonia totalmente eletrônico e digital, que possibilitassem novos tipos de serviços, além de conferir maior confiabilidade e qualidade aos serviços convencionais. Essa maneira de conceber o avanço científico e técnico é tipicamente ‘externalista’.

Esse progresso foi relativamente rápido. A idéia de serviços telefônicos que empregassem soluções eletrônicas já tinha surgido durante a 2ª Guerra Mundial, porém a tecnologia dos componentes eletrônicos, que permitiria a concretização desse avanço científico, não acompanhou esse ritmo veloz. Assim, as novas soluções na área de telefonia foram na realidade desenvolvidas lentamente, dependendo em larga medida dos avanços técnicos igualmente lentos na produção de componentes eletrônicos cada vez menores, mais integrados, confiáveis e baratos.

Devido, talvez, a esse descompasso entre os avanços científico e técnico, durante certo tempo, principalmente nas décadas de 50 e 60, diversas visões futurísticas de novos serviços (fax, videofone, redes virtuais, teleconferências) dominaram os temas de ficção científica, em que esses e outros tipos de serviços eletrônicos mostravam as virtudes dos aparelhos com tecnologia totalmente eletrônica. Embora muitos dos aparelhos idealizados fossem meras ficções, a discussão sobre eles nos meios culturais contribuiu para a visão de que o progresso eletrônico era inevitável e que, cedo ou tarde, ele chegaria ao sistema de telecomunicação.

À medida que a tecnologia de integração dos componentes eletrônicos evoluía e seus preços diminuíam, a possibilidade de um sistema eletrônico de telefonia começou a se vislumbrar como economicamente viável, em particular a partir da década de 70, embora ainda persistisse a incerteza quanto ao ritmo e potencial da indústria eletrônica. Foi somente no final da década de 60 que a associação das técnicas digitais, PCM e TDM – ‘pulse code modulation’/ ‘time division multiplexing’ (modulação por código de pulso e multiplexação por divisão de tempo) –, passou a ser de fato uma solução

viável para integrar as funções de chaveamento e de transmissão nos sistemas eletrônicos – ou seja, digitais – de telefonia.

De acordo com a perspectiva ‘externalista’, um dos tipos de enfoque passíveis de utilização é o que se apóia, de alguma forma, na idéia de difusão das técnicas e/ou do conhecimento científico em determinada área, como, por exemplo, o enfoque de Hounshell, que procura focalizar o processo de difusão dos métodos de produção de massa (ver Capítulo II). A análise do processo de difusão das novas soluções científicas e técnicas do setor de telefonia é relevante, particularmente no caso brasileiro, já que não havia aqui nenhuma experiência acumulada na criação de equipamentos telefônicos. A utilização de um enfoque que saliente em primeiro plano o aspecto da difusão do conhecimento da área poderia servir como ponto de partida para o exame do modo como esse conhecimento chegou ao Brasil. Pudemos identificar, por exemplo, que ele chegou através de empregados das empresas multinacionais instaladas no Brasil, e dos estudantes de pós-graduação que se especializavam em universidades estrangeiras com o auxílio de bolsas de pesquisas de agências governamentais de apoio à pesquisa, como a Capes e o CNPq. Esse processo ajuda a entender o início da capacitação científica e tecnológica do Brasil no setor de telefonia. Uma análise desse tipo poderia examinar então as condições políticas e econômicas que contribuíram, em maior ou menor grau, para a difusão da telefonia digital.

Numa linha de análise similar, há ainda enfoques que ressaltam a difusão da indústria microeletrônica e de seus componentes e produtos. Por exemplo, Antonelli (1991), já citado no Capítulo I, faz uso da idéia de que a difusão da microeletrônica segue quase sempre os seguintes passos:

1. importação direta dos produtos;
2. capacitação para adaptar os produtos;
3. capacitação para aprimorar e desenvolver partes dos produtos;
4. criação de capacitação própria em P&D para gerar novos produtos;

Antonelli apresenta uma discussão crítica sobre como a ‘difusão’ é levada em consideração em vários trabalhos. Em poucas palavras: o autor considera o processo de

difusão como sendo moldado pelo mercado, políticas governamentais, estruturas educacionais e condições sociais específicas dos países. Nesse sentido, o modelo considera a difusão como um processo moldado socialmente.

Para a presente discussão, o importante a perceber é o seguinte: a principal fragilidade de um enfoque centrado na idéia da difusão é que ele não leva devidamente em conta a *iniciativa* e a *decisão* dos agentes em relação à difusão ou não de certas tecnologias, e muito menos em relação a sua criação. Tudo se passa como se a tecnologia, uma vez “criada” (não se sabe como), passasse então a ser simplesmente “difundida”, quando, na realidade, o processo é muito mais complexo. Embora os fatores sociais sejam realmente considerados, eles são apresentados como aceleradores ou refreadores que apenas controlam a velocidade do processo de difusão, visto como inevitável. Sintoma claro dessa visão são as complexas fórmulas matemáticas usadas para modelar o processo de difusão da microeletrônica nos diversos países (Antonelli, op.cit.). Além disso, a própria concepção da difusão tecnológica através de ‘estágios lineares’, como apresentada acima, deixa escapar de forma inequívoca a idéia de que o progresso da ciência e da tecnologia teria uma lógica interna própria. É como se, para explicar o desenvolvimento das tecnologias digitais de telefonia, o pesquisador devesse levar em conta o processo de influências sociais e técnicas recíprocas, porém, para explicar o progresso da ciência da telefonia em si ou dos componentes eletrônicos, a análise tivesse de ser feita de outra maneira.

#### IV.5 - O fator ‘tecnologia existente’

Nesta análise, o fator ‘tecnologia existente’ diz respeito aos equipamentos produzidos e utilizados nas redes telefônicas dos três países e àqueles conhecimentos técnicos (adquiridos durante seu desenvolvimento) que tiveram, de algum modo, influência no projeto dos novos sistemas. Além disso, esse fator descreve as particularidades específicas da tecnologia dos sistemas de telefonia que a diferenciam substancialmente das outras.

Os equipamentos telefônicos têm duas características muito específicas em relação a outras tecnologias: precisam funcionar em tempo contínuo e os equipamentos que vão sendo instalados na rede telefônica têm de ser compatíveis com aqueles que já estão instalados (Hills, 1984, p77).

A rede telefônica é uma construção gradual, que evolui com a população das cidades e regiões. A operadora telefônica vai pouco a pouco expandindo sua rede de modo a atender às demandas residencial, comercial e pública por novas linhas e serviços. Assim, os avanços tecnológicos não podem tornar os novos equipamentos incompatíveis com aqueles já instalados na rede, ou seja, os equipamentos mais avançados devem ser necessariamente compatíveis com os antigos. Descartá-los e substituí-los por novos não se apresenta como opção viável para nenhuma rede: seu custo seria proibitivo.

A segunda particularidade é que, ao contrário dos computadores e de outros aparelhos eletrônicos, o sistema de telefonia como um todo não pode ser interrompido para manutenção ou revisão, ou seja, seu funcionamento tem que ser contínuo e com o mínimo de falhas, num nível de exigência que não encontra paralelo com outros aparelhos computadorizados, uma vez que os assinantes esperam utilizar sua linha telefônica a qualquer hora do dia. Assim, a confiabilidade do sistema de telefonia é normalmente projetada para alcançar índices elevados. Os sistemas 'AXE-10' e 'System X' foram projetados com processadores 'duplicados', de modo a evitar a queda do sistema caso o processador principal tenha algum problema. O sistema 'Trópico', desenvolvido um pouco mais tarde, adotou outro tipo de solução técnica, o 'controle totalmente distribuído', como veremos adiante, que, de maneira diferente, também garante alta confiabilidade ao sistema.

A idéia de processamento centralizado – no qual o processador deveria gerenciar de forma centralizada o funcionamento das chaves e demais funções telefônicas –, alcançara por esta época (meados dos anos 70) uma espécie de consenso. Na verdade, viu-se mais tarde que isso não era necessário. A solução de processamento descentralizado ou distribuído foi levada em consideração somente quando a

disponibilidade de microprocessadores pequenos e baratos se tornou realidade, no final dos anos 70, período em que os projetos sueco e britânico já estavam bem avançados e o brasileiro ainda dava seus primeiros passos. Esse tipo de descrição do desenvolvimento das soluções para o processador é, novamente, típico da perspectiva ‘externalista’, pois os acontecimentos se desenrolam como se tudo já estivesse pré-programado no caminho do processamento descentralizado e distribuído.

De qualquer modo, a necessidade de compatibilidade dos equipamentos telefônicos, os novos com os velhos, apresenta uma consequência muito importante: ela exige estreita integração das pesquisas desenvolvidas pelas empresas fabricantes com o trabalho de instalação e implementação prática realizado pelas companhias telefônicas (Molina, op.cit. p1).

#### IV.5.a - As técnicas no Reino Unido

O principal sistema utilizado no Reino Unido era o Strowger. Embora fosse obsoleto, isto é, mais atrasado em relação aos sistemas ‘crossbar’ (barras cruzadas) e ‘reed-relay’, ele teve influência crucial na concepção do projeto britânico. O sistema Strowger era intrinsecamente modular, característica essa muito positiva. Nas palavras de Roy Harris e John Martin, “Strowger é um sistema altamente modular que apresenta sub-sistemas funcionais com interfaces entre eles muito bem definidas. A utilização de chaves independentes [...], cada uma delas responsável por apenas uma chamada telefônica e associada intimamente ao seu dispositivo de controle, restringia as consequências das falhas e permitia o uso de práticas simples de manutenção” (Harris & Martin, 1981, p189). Desse modo, a propriedade mais importante dos novos sistemas talvez não fosse a de serem eletrônicos e digitais, mas a de serem projetados em módulos com interfaces padronizadas, de tal forma que o sistema como um todo pudesse evoluir continuamente com o avanço das técnicas e dos componentes eletrônicos, o que foi chamado por Harris de ‘potencial evolutivo’. A inclusão de novos módulos ou seu aprimoramento posterior poderiam ser realizados de maneira independente dos outros módulos, tornando o sistema à ‘prova do futuro’.

Para melhorar o controle das funções do sistema Strowger foram empregadas as técnicas eletrônicas de controle rígido (wired logic), desenvolvidas no fracassado projeto eletrônico de Highgate Wood. Essas técnicas foram, posteriormente, aperfeiçoadas para serem empregadas no sistema 'reed-relay'. Embora fosse depois abandonado em favor das técnicas de controle flexível (SPC), o controle rígido 'wired logic' funcionava com a técnica de multiprocessamento, a qual influenciou decisivamente a solução adotada para a construção do processador do 'System X'.

A chave digital, por sua vez, foi testada pela primeira vez em 'Empress', em 1968, e em 'Moorgate', em 1970 (Jones et al., 1979), evidenciando com seu sucesso a possibilidade concreta de uma central telefônica funcionar com chaves eletrônicas e digitais. Em contraste com esta realização pioneira, o Reino Unido estava muito atrasado na área de 'controle flexível por meio de programas armazenados' (SPC). O primeiro sistema de controle com 'SPC' foi desenvolvido apenas em 1976, em Pathfinder (Smith & Park, 1976) . Em função desse atraso, quando se precisou de um sistema operacional para o sistema 'SPC' do 'System X', utilizou-se o único disponível no Reino Unido, o sistema operacional usado até então para fins militares, denominado 'Coral'. A partir deste foi desenvolvido o 'PO Coral', atualmente chamado de 'BT Coral' (Coral da 'British Telecom').

#### IV.5.b - As técnicas na Suécia

Na Suécia, o sistema mais utilizado era o de barras cruzadas (crossbar) com controle eletrônico por meio de programação flexível (SPC), que permitia explorar técnicas avançadas de controle comum, como já foi dito. Ao contrário do caso britânico, os cientistas suecos tinham grande experiência de sistemas com controle eletrônico flexível (SPC), tendo já desenvolvido a segunda geração de 'SPC' antes de iniciar o projeto do novo sistema.

Os processadores desenvolvidos anteriormente pela Ericsson e Televerket exerceram forte influência no tipo de processador que o projeto iria desenvolver. As duas empresas tiveram problemas sérios com as técnicas de multiprocessamento.

Tecnicamente, ainda não era fácil usar e extrair benefícios efetivos dessas técnicas. Elas não funcionavam como esperado, eram caras e a vantagem de sua utilização só era evidente nos casos de equipamentos de grande porte, que representam apenas uma pequena fração do mercado de telefonia. Por esses motivos, o projeto do novo sistema estabelecia claramente um processador central “convencional” de grande capacidade, combinado com uma série de pequenos ‘processadores regionais’ para as funções telefônicas mais frequentes.

A experiência acumulada com os sistemas ‘SPC’, criados anteriormente, foi também responsável pela escolha da linguagem para o novo sistema. O sistema operacional e a linguagem de programação foram projetados de forma que o processador fosse complementar a esta, e definido, desde o início, pelas funções específicas de sistemas telefônicos, isto é, a linguagem foi criada especialmente para as funções de telefonia. Assim, a arquitetura do ‘hardware’, com seu processador central e vários periféricos, foi projetada de maneira a se ajustar à estrutura do ‘software’. A linguagem PLEX – ‘programming language for exchange’ (linguagem de programação para equipamentos de telefonia) – foi tão bem sucedida que, posteriormente, veio a ser adotada com certas modificações como linguagem padrão da CCITT e, atualmente, é largamente empregada em redes telefônicas do mundo inteiro (Meurling, op.cit.).

A tecnologia do sistema ‘crossbar’ permitia, como já foi mencionado, maior flexibilidade de utilização de controle eletrônico. Não havia, portanto, uma oposição entre o desenvolvimento da tecnologia ‘crossbar’ e o da eletrônica, como se dera no Reino Unido, até o início da década de 60, entre a tecnologia Strowger e a eletrônica. Na Suécia, as duas áreas de pesquisa, eletromecânica e eletrônica, evoluíam com maior proximidade e de forma mais integrada.

#### IV.5.c - As técnicas no Brasil

Funcionavam no Brasil diversos sistemas de telefonia – Strowger, barras cruzadas, pontos cruzados –, porém todos eles, como já foi descrito, ou eram diretamente importados, ou fabricados no Brasil, mas com importação parcial ou total

de suas peças. Nenhum deles fora desenvolvido aqui, de modo que a experiência no setor se originava do trabalho de adaptação e manutenção dos sistemas estrangeiros, e de cursos de aperfeiçoamento da mão-de-obra ou de estudantes no exterior.

Em suma, não havia nenhuma experiência prévia com projetos de sistemas eletromecânicos ou híbridos. Assim, tais sistemas tiveram pouca influência no projeto do sistema digital. No Brasil, os estudos sobre os sistemas criados nos países desenvolvidos representaram a principal fonte de recursos científicos. As novas idéias da área de telefonia eram examinadas em termos das características gerais mais adequadas para um novo sistema, como ‘modularidade’, conceito integrado de ‘sinalização, transmissão e chaveamento’, com a utilização de ‘técnicas PCM/ TDM’, controle flexível por ‘programa armazenado’ (SPC), ‘processamento em tempo real’ com ‘controle distribuído’, etc. Ou seja, as soluções mais gerais que surgiam como consenso nos congressos e publicações da área de telefonia se difundiam rapidamente pelo mundo inteiro nos meios acadêmicos, determinando as escolhas efetuadas pelo sistema brasileiro. É importante salientar que isto tinha pelo menos um aspecto positivo: soluções técnicas que tivessem se mostrado inadequadas ou caras podiam ser evitadas no Brasil. Exemplo disso foi a arquitetura totalmente distribuída do processador do sistema brasileiro, solução que evitava o trabalho complexo e extremamente caro de criação de um processador central de grande porte.

#### IV.6 - Fatores sociais

Embora este termo, ‘fator social’, possa indicar, de modo geral, tanto os fatores sociais, como os econômicos, os políticos e os culturais, aqui o utilizo para me referir em particular à demanda social por telefones. A difusão do uso do telefone, desde as primeiras décadas do século, transformou-o numa necessidade social que já faz parte da cultura contemporânea. Atualmente, o telefone é uma necessidade básica nas interações sociais diárias, tanto no trabalho como fora dele. Esta necessidade se tornou patente, ao longo dos anos, pela demanda sempre crescente por novas linhas telefônicas e pela exigência cada vez maior de qualidade nos serviços prestados. A Tabela 2 da introdução desta 2ª Parte da tese permite visualizar o crescimento recente dessa demanda.

No Reino Unido, na virada da década de 60 havia meio milhão de britânicos em lista de espera por novas linhas. O BPO não conseguia atender a essa demanda. Como as linhas mais rentáveis eram aquelas que se encontravam em áreas comerciais, o BPO, por dificuldades de caixa, preferia atender primeiro a essas áreas e diminuir o ritmo de expansão da rede nas áreas residenciais, agravando ainda mais o problema da lista de espera. Para se ter uma idéia, o crescimento da demanda no início do anos 60 alcançou 12% ao ano (Hills, op.cit., p116). Este problema, conjuntamente com outros ligados à falta de autonomia administrativa do BPO, transformou a questão da expansão da rede telefônica em assunto de debate público e tema eleitoral (op.cit., p115).

Na Suécia, por outro lado, onde o mercado era bem menor, a estatal Televerket conseguia atender melhor e mais rapidamente aos anseios da população por novas linhas e serviços. Alguns problemas ocorriam, no entanto, nas áreas rurais menos densas em termos populacionais, em que a relação custo-benefício era menor. A estatal sueca se esquivava de expandir a rede telefônica até essas áreas.

Também no Brasil era crescente a demanda por novas linhas. O que chama atenção, porém, é o fato de que ainda não tinha sido atendida a demanda dos serviços básicos à população, tanto residencial quanto comercial. A infraestrutura básica de telecomunicações estava ainda a caminho de ser construída. Esta infraestrutura precária – característica, aliás, de muitos países do terceiro mundo – prejudicava as atividades econômicas em geral. Como resultado, muitos desses países estão, atualmente, entrando na era digital e celular sem nunca ter passado pelos estágios anteriores, tentando suprir a demanda simples e básica com os sistemas digitais e celulares mais avançados (ver Relatório do ITU, 1995).

#### IV.7 - Fatores econômicos

Os sistemas eletromecânicos, e mesmo os híbridos, estavam se tornando obsoletos: tinham capacidade limitada de gerenciamento de linhas telefônicas, apresentavam serviços relativamente deficientes em termos de rapidez e qualidade, sua

manutenção era cara devido aos custos excessivos com a mão de obra e, em particular, não eram capazes de fornecer serviços mais avançados e flexíveis. Aqui já estamos examinando o lado econômico das tecnologias mais antigas. Tais ponderações fazem sentido, claro está, porque tais tecnologias funcionam dentro de uma economia capitalista, em que as empresas com frequência competem entre si e, quando isto ocorre, a dinâmica do mercado as obriga a melhorar seus produtos ou, caso não consigam fazê-lo, a se arriscarem a perder sua fatia no mercado. Este é um fator comum nos três países, porém possui repercussões radicalmente diferentes em cada um deles em função das particularidades do sistema econômico e do setor de telefonia. As empresas da Suécia e Reino Unido participavam do mercado local e mundial e precisavam de novos sistemas de telefonia para substituir as antigas tecnologias, isto é, necessitavam de novos produtos para comercializar e exportar e, assim, poder competir em melhor posição com as empresas rivais, como a Alcatel, ITT, Nortel, etc. Estas já desenvolviam novos sistemas que se mostravam mais avançados e competitivos do que os do Reino Unido e Suécia. No Brasil, por sua vez, não havia empresas brasileiras que fabricassem equipamentos de telefonia. O mercado brasileiro estava integralmente nas mãos das empresas multinacionais, e era uma arena de competição entre elas.

Outro aspecto importante é que o alto custo econômico do desenvolvimento de sistemas mais avançados exigia forte concentração dos esforços, de modo a não desperdiçá-los com desenvolvimentos paralelos. Essa concentração se referia tanto à área científica como à econômica e exigia uma política para o setor que viabilizasse a integração das iniciativas.

#### IV.7.a - Na Suécia

A Suécia já era, no início do século, um país relativamente industrializado, com forte participação do Estado na economia e com tradição política operária e social-democrata marcante. Havia relativa estabilidade econômica e política no país. No setor de telefonia, uma característica que chamava a atenção, ao lado da estabilidade, era a simplicidade institucional, como já foi assinalado, pois havia apenas uma empresa

estatal – a Televerket, que administrava a rede sueca – e uma empresa privada – a Ericsson.

Ao contrário, porém, da situação confortável das empresas britânicas na metade do século, a Ericsson sempre viveu uma condição muito peculiar, uma vez que não contava, nem nunca contou, com um mercado interno expressivo. Primeiro, porque a população da Suécia sempre foi relativamente pequena – menos de 9 milhões atualmente, em comparação com os quase 68 milhões do Reino Unido. Este fato tornava, por outro lado, mais fácil para a outra empresa, a Televerket, conduzir uma administração eficiente da rede telefônica sueca. E, de fato, esta ultrapassou um milhão de linhas telefônicas já em 1942, para uma população que alcançava então 6,4 milhões de habitantes. No início dos anos 70, este número subiu para 4 milhões de linhas numa rede telefônica já então totalmente automatizada (Molina, 1990).

Segundo, porque o já exíguo mercado sueco foi sempre suprido basicamente pela estatal Televerket. Essa situação obrigou a Ericsson a ser uma companhia orientada para o mercado internacional, com vistas a encontrar não apenas mercados para vender seus produtos, mas também subsidiárias para a produção de equipamentos, e ainda locais para desenvolver P&D, que a Ericsson mantinha em diversos países (Meurling, 1985). Essa situação peculiar tornou a empresa muito sensível à competição e às tecnologias que vinham sendo desenvolvidas fora da Suécia, especialmente nos EUA. Como resultado de tudo isso, ela pôde acumular durante dezenas de anos valiosíssima experiência no mercado internacional de telefonia.

Em função do seu reduzido tamanho, porém, o mercado sueco tendia com o passar dos anos a tornar-se insuficiente para sustentar empresas que precisavam dispor cada vez maiores somas em P&D para manter atualizados os sistemas que comercializavam (Molina, *op.cit.*). Esse foi, sem dúvida, um dos fatores que mais aproximou as duas empresas e contribuiu para que elas cooperassem na construção do novo sistema, quando os sistemas híbridos ‘crossbar’ começaram a perder seu mercado. Esses sistemas tinham feito sucesso no mercado mundial de telefonia nos anos 60, varrendo dele os sistemas mais antigos. Porém, no início dos anos 70, uma nova

tecnologia, a dos sistemas híbridos com chaves ‘reed-relay’, começou a se difundir com rapidez, ameaçando a posição dos fabricantes dos sistemas ‘crossbar’ no mercado mundial. Em particular, o sistema ‘Metaconta’, da empresa americana ITT, começou a ganhar concorrências públicas importantes que os sistemas ‘crossbar’ da Ericsson não costumavam perder. Exemplo disso ocorreu na Austrália em 1969 (Meurling, 1985, p34). Em suma, o mercado sinalizava para a Ericsson que já era o momento dela começar a planejar o futuro substituto do seus sistemas ‘crossbar’.

Na Suécia, as duas empresas dividiam o mercado da seguinte forma: a Televerk vendia para o mercado interno, e a Ericson, para o externo. Nos anos 20 a participação da Ericsson no mercado sueco era de um terço (Meurling, 1985), em 1978 esta participação diminuiu para 18% (Hills, 1984). Assim o conflito de interesses entre elas sobre o novo sistema, por exemplo, não era substancial, isto é, elas não competiam pelo mesmo mercado. Isso contribuiu para que a cooperação científica fosse de fato efetiva e veio a refletir-se na concepção do projeto.

Portanto, podemos concluir (empregando a perspectiva ‘externalista’) que o desenvolvimento do sistema ‘AXE-10’ foi resultado dessa situação particular em que as duas empresas se associaram e planejaram a nova tecnologia fortemente condicionadas pelo mercado internacional. Assim, as características da nova tecnologia, como a arquitetura de ‘hardware’ refletindo a de ‘software’ numa ‘concepção global’ do sistema, foram *determinadas* pela necessidade de que o novo sistema tivesse maior facilidade de adaptação e implementação comercial nas diversas redes que a Ericsson atendia.

Faz-se necessária aqui uma observação. Pelos dados descritos acima pode-se afirmar que enfoques que enfatizam os fatores econômicos, baseados no impulso da demanda ou da estrutura do mercado, por exemplo, seriam especialmente adequados ao exame do caso sueco. A partir dessa dinâmica inicial, uma análise desse tipo poderia examinar o papel dos demais fatores técnicos e sociais, alguns deles já aqui mencionados.

#### IV.7.b - No Reino Unido

Em contraste com a da Suécia, a situação britânica era de relativa instabilidade econômica. O Reino Unido, país fortemente industrializado desde o século passado, dispunha de extenso mercado colonial, o Império Britânico, que entrou gradativamente em declínio, principalmente após a 2ª Guerra Mundial, com as guerras de libertação das colônias. Esse declínio era especialmente visível no setor de telefonia. No final da década de 50, as cinco empresas britânicas que fabricavam equipamentos Strowger abocanhavam nada menos que 25% do mercado mundial de centrais telefônicas, formado em grande parte pelas colônias ou ex-colônias e pela Comunidade do Commonwealth. Até o final da década de 70, as empresas britânicas já tinham perdido quase que inteiramente esse mercado. Primeiro, porque não dispunham de um substituto do sistema Strowger para oferecer a seus clientes no exterior e, segundo, porque não conseguiam mais impor seus equipamentos na base da diplomacia da força do antigo Império Britânico.

A situação de crise no setor de telefonia propiciou o fim do oligopólio das empresas fabricantes – o Anel – e levou, na década de 60, a um período de competição aberta entre elas. A principal consequência negativa dessa situação competitiva se fez notar na área científica, uma vez que ela prejudicava consideravelmente a cooperação científica das empresas em torno do novo projeto.

Novamente em contraste com a situação sueca, o mercado interno britânico não é desprezível. Como já foi mencionado, a população do país chega, atualmente, a quase 68 milhões. Assim, seu mercado de telefonia era até recentemente o terceiro do mundo, só perdendo tal posição para a Alemanha após a reunificação desta, em 1989. Assim, a situação das empresas britânicas, mesmo sendo difícil por causa da perda do mercado externo, não era inteiramente crítica, uma vez que o mercado britânico assegurava-lhes a continuidade de seus negócios.

A situação financeira do departamento de telecomunicações do BPO poderia ser caracterizada como permanentemente crítica. Ao contrário da estatal sueca Televerket, e

mesmo em comparação com a Telebrás, o BPO não tinha autonomia administrativa, pois era organizado como um departamento de Governo, sujeito ao controle rigoroso do Ministério da Fazenda (the Treasury). Além disso, o lucro obtido pelo BPO era fonte legal de receita para o Governo, e só parte dele retornava depois ao BPO. Assim, as frequentes trocas de subsídios entre seus vários sub-departamentos eram utilizadas para fechar o balanço do BPO como um todo. Como já foi dito, essa organização não gerenciava apenas a rede telefônica, mas também os serviços de correios e diversos outros menores. Em suma, o BPO era uma organização sujeita a sérias limitações orçamentárias, e a influências políticas diversas por parte dos governos e, em consequência, seu departamento de telecomunicações apresentava capacidade limitada para planejar a médio e longo prazo a expansão da rede telefônica britânica. Não por acaso havia uma longa lista de espera por novas linhas telefônicas se acumulando durante vários anos. Uma das consequências disso, foi a necessidade de comprar equipamentos mais baratos, o que, por sua vez, também estimulou o fim do oligopólio das empresas fabricantes.

#### IV.7.c - No Brasil

A situação econômica no Brasil era bem diferente da existente na Suécia e no Reino Unido, no período em que o novo sistema foi pensado pela primeira vez, no início da década de 70. O Brasil era um país de economia capitalista dependente, de industrialização tardia, com enormes desigualdades sociais, características que ainda prevalecem atualmente. O início da década de 70 foi, no entanto, um período de elevado crescimento econômico, com taxa anual da ordem de 10%, a época do “milagre brasileiro”, como se tornou conhecido. Havia forte presença de empresas multinacionais no país, que se beneficiavam da infraestrutura e mão-de-obra baratas nele existentes. No setor de telefonia, o mercado brasileiro era integralmente ocupado por empresas multinacionais, como a Sesa (ITT), Ericsson, NEC, Siemens, entre outras. Em sentido estritamente econômico, a necessidade de equipamentos de telefonia estava perfeitamente suprida pelas multinacionais do setor. Ou seja, sob o prisma do jogo de mercado não havia necessidade alguma de se criar um sistema brasileiro.

Não existia nenhuma empresa brasileira de porte que pudesse almejar a criação e a industrialização de uma tecnologia de equipamentos telefônicos 100% nacional. De modo geral, o Brasil não dispunha de empresas que pudessem tomar a iniciativa de gerar produtos genuinamente brasileiros. Elas sempre foram dependentes das tecnologias oferecidas pelas multinacionais. Tal situação era radicalmente oposta à da Suécia, do Reino Unido e dos países do primeiro mundo em geral, onde sempre houve empresas nacionais que empreendiam o desenvolvimento de tecnologias no próprio país, com ou sem ajuda do Estado. O que havia, no Brasil, era apenas o potencial para desenvolver uma indústria nacional de equipamentos de telefonia.

Pelo jogo de mercado então existente, o custo de se promover um desenvolvimento tecnológico independente era muito alto, ou seja, para as empresas brasileiras era, via de regra, mais vantajoso importar tecnologias de fora do que tentar desenvolvê-las aqui. A entrada tardia no desenvolvimento de novas tecnologias, sem infraestrutura adequada em ciência e tecnologia, tinha como consequência a relutância por parte das empresas brasileiras em investir em novas tecnologias. Este processo, aliás, prossegue até hoje, quando observamos inúmeras empresas que estão falindo por não conseguirem competir com as tecnologias produzidas no exterior (Ferraz, Kupfer & Haguenaer, 1995). Além disso, essa atitude já faz parte de uma cultura empresarial que menospreza a importância da geração nacional de tecnologias. De modo geral, pode-se constatar que a ausência de capacitação científica e domínio sobre a produção de tecnologias redundava quase sempre na dependência econômica.

#### IV.8 - Fatores políticos

Como nos três casos em exame as redes telefônicas estavam aos cuidados de empresas telefônicas estatais, as 'PTO's (operadoras telefônicas públicas), elas foram sempre consideradas como terreno de iniciativa de políticas públicas, nas quais os governos têm, em geral, grande peso. Desse modo, é normal que os fatores políticos tenham tido sempre algum tipo de influência no desenvolvimento das tecnologias de telefonia.

A situação de instabilidade econômica do Reino Unido se refletia, é claro, no processo político, conturbado com trocas frequentes de Governo (trabalhista/conservador), e fortes pressões políticas para dinamizar a economia. Em 1966, o Governo Trabalhista de Wilson iniciou uma política econômica coordenada pelo IRC (Industrial Reorganisation Committee) (Hills, 1984), que tinha como objetivo eliminar os monopólios e oligopólios da indústria, considerados como responsáveis pela estagnação do desenvolvimento e pela falta de competitividade da indústria britânica. Logo, a indústria de equipamentos de telefonia também foi alvo dessa política. A política industrial para o setor de telecomunicação foi detalhada no ato governamental de 1968 (Hills, op.cit., p125). Estabelecia o fim do oligopólio das empresas – ‘O Anel’ – e definia as novas regras de competição nas indústrias de setor. Segundo essas regras, (a) o BPO deveria se limitar a fornecer as especificações técnicas da rede telefônica britânica e a avaliar de modo global as novas possibilidades técnicas que estavam sendo desenvolvidas pelas empresas, e (b) cabia às empresas fabricantes a tarefa de desenvolver e produzir os equipamentos telefônicos em regime de competição.

Tal decisão, porém, deu início apenas formal ao período de competição entre as empresas que, na realidade, já tinha começado a partir do fracasso do sistema eletrônico, em 1962, quando elas começaram a seguir caminhos próprios de P&D na área de telefonia e, pouco a pouco, a competir pelo mercado britânico, representado pelo BPO.

Na Suécia, por sua vez, os fatores políticos eram muito menos pronunciados, porque as duas empresas tinham autonomia para conduzir os investimentos e as pesquisas na área de telefonia sem a intromissão direta do Governo. Embora a Televerket fosse 100% estatal, ela tinha grande autonomia para gerenciar o setor de telecomunicações sueco. A par disso, existia uma convergência de interesses entre a Televerket e a Ericsson, de modo que a demanda social por novas linhas vinha sendo atendida a contento, o que, aliás, pode explicar a ausência de ingerência direta do Governo sueco<sup>3</sup>. Finalmente, a divisão ‘política’ do mercado – o externo para a Ericsson e o interno para a Televerket – contribuía para a situação estável do setor.

---

<sup>3</sup> O leitor atento perceberá que esta noção de ‘político’ representa uma visão reduzida do que é ‘política’. O que importa aqui é que, via de regra, o ‘político’ na perspectiva ‘externalista costuma aparecer como sinônimo de políticas governamentais ou ligadas às dinâmicas da estrutura do Estado.

Em forte contraste com o caso sueco, os fatores políticos foram fundamentais no caso brasileiro. Como não havia nenhuma indústria nacional, nem muito menos pesquisas desenvolvidas no campo da telefonia, a geração de uma tecnologia brasileira e o surgimento de empresas brasileiras que fabricassem equipamentos de telefonia com tecnologia produzida no Brasil foi fruto de uma política industrial *nacionalista* (Furtado, 1990; Graciosa, 1990). Aqui podemos identificar o papel crucial da situação política particular do Brasil na década de 70, sob domínio de um governo militar, que empregava métodos autoritários para conduzir o país<sup>4</sup>.

Apesar da orientação adotada, de abertura do Brasil aos interesses de grupos econômicos internacionais, havia dentro do regime militar setores nacionalistas, que viriam a ser fortalecidos com a subida ao poder, em 1974, do general Ernesto Geisel. Com uma política de apoio à indústria brasileira, seu Governo implementou medidas econômicas estratégicas no sentido de aprofundar a política de ‘substituição de importações’ da economia brasileira e de propiciar o surgimento de empresas nacionais em três setores-chave: petroquímica, micro-eletrônica e telecomunicações (Furtado, 1990). O que antes era simplesmente importado, ou fabricado no país por meio da importação de peças e insumos básicos, passaria a ser efetivamente produzido no Brasil, por empresas controladas por brasileiros.

A política vigente no momento forneceu apoio extra às pesquisas realizadas por alguns grupos isolados que atuavam desde 1973 com o apoio da Telebrás. Uma de suas consequências foi a fundação, em 1976, do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Telebrás ‘Padre Landell de Moura’ – o CPqD –, que viria a ser responsável pela maior parte das pesquisas em telecomunicações realizadas no Brasil a partir de então. Assim, como fruto da política nacionalista, pôde nascer uma indústria brasileira com maior ‘índice de nacionalização’, e, ao mesmo tempo, iniciar-se um processo de capacitação tecnológica própria na área de telefonia. Essa capacitação já entrava diretamente no caminho audacioso das pesquisas em telefonia digital, sem trazer consigo, é bom

---

<sup>4</sup> O período ditatorial, que se iniciara em 1964 através de um Golpe de Estado, teve sua fase mais dura entre 1969 e 1974, especialmente durante o governo do general Garrastazu Médici, como é notoriamente conhecido.

lembrar, qualquer experiência anterior no desenvolvimento de equipamentos automáticos de telefonia, ou seja, de sistemas eletro-mecânicos ou híbridos. Em suma, foi o processo político brasileiro que determinou o surgimento de projetos tecnológicos em diversos setores, como no de produção de centrais telefônicas.

Cabe aqui uma observação sobre a maneira de visualizar os fatores sociais relevantes. Uma análise feita por meio de uma abordagem econômica, que colocasse em primeiro plano o papel da demanda econômica, do contexto econômico, ou do jogo do mercado para explicar a emergência de tecnologias, apresentaria dificuldades para examinar o caso brasileiro, como se pode vislumbrar pelos dados descritos acima. Nesse caso, fica patente que um enfoque que enfatizasse o papel do Estado e do processo político maior na definição de políticas industriais e tecnológicas para explicar a emergência de tecnologias se mostraria bem mais adequado. Assim, a partir do exame do contexto político o analista poderia identificar e examinar os demais fatores técnicos e sociais, aí incluídos os econômicos.

Focalizar o papel central desempenhado pelo Estado na geração de tecnologias não significa, portanto, menosprezar o papel dos fatores econômicos. No próprio caso brasileiro eles estavam bem presentes. Com o enfraquecimento do Governo no final da década de 70, devido à crise econômica que se abateu sobre o país, e também ao lento e tortuoso processo de democratização então em curso, escassearam as verbas destinadas ao CPqD, obrigando-o a diminuir seus gastos com pesquisas. Embora o apoio político do Governo se mantivesse, essa situação de escassez de recursos determinou que o projeto do sistema brasileiro fosse desenvolvido por etapas. Desse modo, foi construído primeiro um concentrador de linhas, o Trópico C; depois, a central telefônica de pequeno porte, o Trópico R; e finalmente, a de grande porte, o Trópico RA, já em 1990.

#### IV.9 - Fatores trabalhistas

Outros fatores tiveram influência nos projetos sob análise. Entre eles encontra-se o relacionado com os problemas trabalhistas que os novos sistemas iriam provocar com o desemprego no setor de telefonia. No Reino Unido, de acordo com os planos iniciais,

o novo sistema digital iria precisar de aproximadamente um sexto dos empregados das fábricas de equipamentos Strowger então produzidos (redução de 30 mil para 5 mil trabalhadores), e dos 11 locais em que eram produzidos apenas um seria necessário, como revelou em entrevista um dos promotores principais do projeto, pelo lado do Governo. Além disso, o fato do projeto ser patrocinado por um governo trabalhista tornava a questão mais espinhosa, pois este, em tese, defendia os trabalhadores e seus direitos, entre os quais o do emprego. Entretanto, essa questão foi contornada pelo BPO e afetou apenas o ritmo do projeto. O BPO teve o cuidado de apresentá-lo publicamente como projeto absolutamente necessário ao país, que supriria a rede com equipamentos de melhor qualidade e mais baratos; justificando-se assim a perda de empregos em nome do avanço tecnológico.

Cabe aqui uma indagação importante a respeito do papel dos conflitos em torno das relações de trabalho nas empresas fabricantes e nas companhias telefônicas operadoras. Qual seria a relevância de um enfoque que chamasse a atenção para esses fatores no exame da geração das três tecnologias? A resposta, é claro, depende do material empírico. É óbvio que, se desempenham papel crucial na definição das feições da nova tecnologia, esses fatores deverão ser analisados mais a fundo, e um enfoque que os examinasse em primeiro plano seria possivelmente adequado para este hipotético caso.

Duas observações podem ser feitas sobre esse aspecto no processo de moldagem da tecnologia. Primeiramente, nos casos analisados parece claro que não há influência direta dos conflitos nas relações de trabalho na definição dos novos sistemas de telefonia. Eles aparecem sim, mas de forma indireta: no objetivo de baixar os custos com a mão-de-obra e com o serviço de manutenção da rede telefônica. Ao contrário de outras tecnologias, usadas para reorganizar o processo de trabalho em fábricas e empresas já existentes, a antiga indústria de equipamentos eletromecânicos foi inteiramente substituída por novas fábricas de equipamentos eletrônicos de telefonia, cuja montagem necessitava empregados com novas qualificações profissionais, bastante diferentes das exigidas na fabricação dos equipamentos antigos. No trabalho de Brian Bolton (Bolton et al., 1991), já mencionado no Capítulo I, busca-se relacionar a

introdução dos novos sistemas eletrônicos de telefonia com as mudanças organizacionais do trabalho e da estrutura dos novos empregos em empresas do setor, em particular, as companhias operadoras estatais – as PTO's –, em diversos países do mundo desenvolvido, e, também, com as políticas de privatização destas empresas. O que, no entanto, transparece nesse trabalho é a carência de um exame mais detalhado da própria tecnologia eletrônica, considerada como dada de antemão, e não como passível de modificação de acordo com os interesses dos seus promotores. O ponto de vista desse tipo de análise é o de que a mudança tecnológica é unidirecional e inevitável, e, assim, o foco da atenção volta-se apenas para o exame das 'alternativas que restam aos trabalhadores para minorar a destruição de todo um setor industrial – o de equipamentos eletromecânicos de telefonia – e dos empregos relacionados com ele' (op.cit., p111).

A segunda observação, derivada da primeira, refere-se à falta de participação dos trabalhadores na definição das três tecnologias. Pelos dados reunidos, não há de fato participação efetiva de trabalhadores em nenhum dos três projetos. Eles foram excluídos do seu planejamento e desenvolvimento. Pode-se especular sobre o porquê disso. A exclusão talvez possa ser explicada pelo fato de os trabalhadores desconhecerem a natureza social da tecnologia – já que o discurso sobre o conhecimento científico e técnico via de regra o define como algo neutro e dado, e, além disso, ultrapassa a capacidade de entendimento de trabalhadores leigos. Muitos trabalhadores terminam por aceitar este tipo de discurso. Mas, por outro lado, não se pode esquecer que os primeiros planos dos novos sistemas de telefonia já esboçavam claramente, em particular no Reino Unido, a grande diminuição do número de empregos em consequência da nova tecnologia. É possível que o Governo britânico e as empresas tenham deliberadamente excluído os representantes dos trabalhadores para evitar negociações com eles. Ou ainda, talvez, a questão nem se colocasse, na medida em que “temas puramente técnicos não eram da alçada dos trabalhadores”. As únicas negociações havidas com eles visavam à implementação da produção dos novos equipamentos e foram feitas bem mais tarde, quando a tecnologia do 'System X' já estava praticamente pronta.

Em suma, enfoques que enfatizam o papel dos conflitos trabalhistas seriam de pouca valia para analisar a geração das três tecnologias em questão, muito embora tais fatores estejam sempre presentes no contexto externo.

#### IV.10 - Fatores organizacionais

Os fatores organizacionais apontam para as peculiaridades das organizações criadas nos três países, responsáveis pelo desenvolvimento dos novos sistemas. Todos os fatores descritos anteriormente contribuíram para moldar os três projetos, porém o peso de cada um deles e a maneira específica como exerceram sua influência foram distintos em cada caso.

No Reino Unido, o grupo de desenvolvimento, formado oficialmente em 1974, era coordenado pelo BPO. Sua estrutura organizacional refletia a situação de competição entre as três empresas britânicas e as tensões entre elas e o BPO, evidenciando ao mesmo tempo a condição de dependência mútua entre os quatro atores principais. Esse arranjo organizacional *determinou* o grande atraso no desenvolvimento do 'System X'. Esse tipo de conclusão, como já foi assinalado, é típico de uma análise sob a perspectiva 'externalista', pela qual a 'estrutura' determina o comportamento do agente. Desse modo, o arranjo organizacional britânico estimulava a competição entre as empresas pelos "melhores" módulos do novo sistema, as disputas pelos contratos e patentes, e pelo controle da condução do projeto. Isso tudo, claro está, contribuiu consideravelmente para atrasar e encarecer a geração do novo sistema de telefonia. É importante salientar que a característica modular da arquitetura do 'System X', embora criada inicialmente para atender a outros objetivos, refletia o clima de competição entre as empresas e serviu para acomodar seus interesses conflitantes. Neste sentido, alguns módulos chegaram a ser redivididos apenas para satisfazer as empresas.

A situação de competição entre empresas e de disputas com o BPO teve ainda outra consequência negativa para o andamento do projeto. As negociações para a escolha da empresa que iria desenvolver o módulo do processador central do novo sistema encobriram as reais dificuldades de se utilizarem as técnicas de

multiprocessamento. A GEC e a Plessey disputaram esse módulo estratégico por mais de dois anos (Hills, 1984). Critérios técnicos, que apontavam o projeto do processador da GEC como o mais adequado para o ‘System X’, definiram a decisão do BPO a seu favor. Porém, as técnicas de processamento em paralelo ainda engatinhavam nos anos 70. Em particular, houve problemas sérios com a sincronia entre os vários processadores do sistema, que só foram resolvidos em 1980 com o auxílio de tecnologia americana.

A posição do BPO como coordenador do projeto garantia que os requisitos técnicos a que o novo sistema deveria atender seriam, em primeiro lugar, os da rede britânica que o BPO administrava. A estrutura deliberativa do comitê conjunto impedia que as empresas colocassem exigências próprias de requisitos de redes menos complexas, prejudicando o objetivo comercial de exportação do novo sistema.

Na Suécia, em forte contraste com a situação acima, a criação da empresa Ellemtel eliminou em larga medida a eventual possibilidade da Ericsson e a Televerket entrarem em disputas sérias. O controle acionário da nova empresa estava nas mãos das duas empresas “mães”, de modo que possíveis conflitos sobre as patentes criadas com o novo sistema e sobre a responsabilidade por certos módulos ou partes do sistema foram simplesmente cortados pela raiz. Os cientistas envolvidos com o projeto estavam todos numa única organização, a Ellemtel. Houve, sim, disputas, mas sobre a condução técnica e as soluções adotadas no projeto. Parece não haver dúvida de que este arranjo organizacional contribuiu decisivamente para que o novo sistema de telefonia sueco fosse desenvolvido de maneira mais rápida e integrada.

Quanto ao Brasil, não houve disputas entre empresas, no início porque elas simplesmente não existiam e, mais tarde, por causa de sua situação de dependência em relação ao Governo, que fornecia de forma centralizada a maior parte de sua infraestrutura técnica e financeira. O CPqD era a organização responsável pela geração do novo sistema de telefonia. Como no caso sueco, os cientistas estavam todos integrados num projeto único. Houve conflitos, claro, mas relacionados com a forma mais adequada de conduzir o projeto, ou com a diminuição do apoio financeiro do Governo e as pressões das empresas multinacionais, e também com as maneiras de

solucionar os problemas técnicos que normalmente ocorriam. Mas nada disso se compara com a situação mais complexa existente no Reino Unido.

#### IV.11 - Outros fatores

Outro fator que teve bastante influência foi o dos “traumas” de experiências passadas, já parcialmente mencionado nos ‘fatores históricos’, no desenvolvimento dos novos sistemas. Nos casos sueco e britânico, eles tiveram um papel importante. Na Suécia, o fato das duas empresas enfrentarem sérios problemas com as técnicas de multiprocessamento, desenvolvidas na década de 60, sem dúvida contribuiu para que elas desistissem de prosseguir nesse caminho de pesquisas, pois seria arriscado continuar buscando o aprimoramento daquelas técnicas, embora elas fossem as preferidas dos cientistas e engenheiros suecos (Meurling, 1985).

No Reino Unido, o fracasso do sistema eletrônico desenvolvido no início da década de 60, em Highgate Wood, ajuda a explicar muitas das reações e estratégias das empresas britânicas durante a década de 60, quando buscavam soluções próprias e, mais tarde, quando o BPO tomou a iniciativa de reuni-las para cooperarem na construção do novo sistema. O projeto fracassado fora coordenado pelo mesmo BPO de forma centralizada, muito semelhante à forma com que ele desejava coordenar o projeto do novo sistema. As empresas, é claro, temiam repetir o fracasso anterior.

#### IV.12 - Algumas conclusões

Pode-se já perceber claramente a utilidade da comparação transnacional feita aqui: ela permite captar mais nitidamente a problemática dos fatores relevantes dos três casos na geração tecnológica e o ordenamento mais adequado desses fatores, no sentido de chegar à identificação dos mais cruciais e à explicação de suas influências historicamente específicas. Ao mesmo tempo, ela também permite identificar as fragilidades da perspectiva empregada.

A primeira fragilidade é que os fatores técnicos e sociais foram listados e descritos como se estivessem isolados dos demais. Creio ter ficado patente sua falta de integração recíproca. Mas, mesmo assim, a descrição dos vários fatores permite ao leitor identificar formas de integração em que uns ou outros dentre eles são assumidos como os preponderantes. Vimos, por exemplo, algumas possibilidades de integrar os fatores por meio de alguma idéia-chave ou processo primordial, como a) a difusão do conhecimento científico e das novas técnicas; b) o papel do mercado e fatores econômicos de modo geral; c) a atuação do Estado e das políticas governamentais; d) o papel dos conflitos sobre as relações de trabalho; e e) a experiência passada, vista na forma de ‘tradição’ e ‘trauma’.

Uma ou outra dessas idéias-chave parece ser de fato a mais influente em cada um dos casos. Assim, caso puséssemos numa balança os fatores que tiveram influência sobre a concepção do projeto, a formação do grupo que o desenvolveu, bem como as características técnicas finais dos três sistemas de telefonia criados, verificaríamos com certeza pesos diferentes para o papel de cada um deles. Parece bastante evidente que no caso sueco o peso maior foi o da demanda econômica por um novo sistema, uma vez que os principais atores suecos na área de telefonia, em especial a Ericsson, estavam fortemente sintonizados com a evolução do mercado mundial. No caso brasileiro, em flagrante contraste com o sueco, o papel do Estado – cujo Governo assumira uma postura nacionalista ao tentar criar uma indústria de equipamentos de telecomunicações – foi o fator decisivo na formação do CPqD, a organização que desenvolveu o sistema de telefonia brasileiro. O Governo fez, é claro, uso do seu poder de compra, via Telebrás, para conduzir a política industrial e tecnológica no setor de telefonia. No Reino Unido, por outro lado, pesou a falta de harmonia entre os fatores políticos, representados pela estrutura do Governo e BPO, e os fatores econômicos, representados mais explicitamente na situação competitiva no mercado de telefonia. As tensões oriundas do choque entre esses fatores prejudicaram a integração e o trabalho dos cientistas e engenheiros das quatro organizações, provocando grande atraso no projeto.

Em resumo, no caso sueco foi o fator econômico o preponderante, isto é, aquele que impulsionou o desenvolvimento do novo sistema de telefonia. No caso brasileiro,

esse fator foi o político. E, por fim, no caso britânico, ambos os fatores – políticos e econômicos – foram responsáveis pelo projeto e, ao mesmo tempo, pelo seu atraso. Mas será que esses fatores maiores são suficientes para explicar os resultados específicos dos três casos? Creio que a mera descrição deles já nos permite afirmar que não.

A segunda fragilidade da perspectiva ‘externalista’ é que a ênfase da análise recai demasiadamente nos processos sociais mais amplos que definem as condições gerais sobre as quais as tecnologias foram projetadas e desenvolvidas, ou seja, nas estruturas e jogos que, de maneira geral, são externos à atividade dos agentes mais diretamente ligados à criação das condições locais do desenvolvimento do projeto e das soluções técnicas. Embora não haja dúvidas de que são fundamentais, essas condições, gerais ou específicas dos três casos, não resultam diretamente, por si só, nas características técnicas dos novos sistemas digitais de telefonia criados. Fica patente a necessidade de se examinar – nas condições específicas de cada país – o que de fato fizeram os agentes para gerar as novas tecnologias, em particular, os atores da inovação, os cientistas e engenheiros entre eles.

Isso nos conduz à terceira fragilidade da perspectiva ‘externalista’, que, de maneira geral, tende a dar peso maior ao papel das estruturas sociais e a diminuir a importância do papel dos agentes como *criadores* do processo de inovação. Nessa perspectiva, a ‘estrutura social’ prévia determinaria a ‘ação dos agentes’. É importante notar que os agentes, nesse tipo de análise, com frequência nem aparecem. E, quando isso ocorre, muitas vezes, é na situação de ausência de escolha. Por exemplo, à empresa Ericsson não restaria outra opção senão obedecer às leis do mercado e da competição. Logo, foi a estrutura do mercado que *determinou* o comportamento estratégico da empresa, o que não deixa de ter seu lado de verdade, porém não elimina a necessidade de se analisar como esse mercado foi percebido e moldado pela própria Ericsson.

Em suma, a perspectiva ‘externalista’ permite ao analista o exame de um dos lados do processo de inovação tecnológica, o que é de extrema relevância, mas não suficiente. Apresentaremos no próximo capítulo uma maneira de integrar os fatores sociais e técnicos de acordo com outra perspectiva, a ‘internalista’.

