

Inovação e competição no mundo globalizado

Reflexões sobre o desenvolvimento competitivo da engenharia em países de industrialização tardia

Carlos I. Z. Mammana

Resumo

Este trabalho apresenta um conjunto de reflexões sobre as relações entre os agentes de inovação e o sistema tecnológico constituído pelos agentes econômicos que compõem a cadeia produtiva e o mercado. É feita uma discussão das características dos processos de inovação e competição em ambientes de tecnologia de ponta e de suas influências sobre a estrutura da indústria e o estabelecimento de seus paradigmas. São discutidos os papéis das entidades de pesquisa e desenvolvimento no âmbito dos sistemas tecnológicos de industrialização madura e tardia. Em seguida, são apresentados alguns conjuntos de ações no âmbito da atuação científica e tecnológica que potencialmente podem contribuir para melhorar as condições de inserção dos países com industrialização tardia no cenário global: reforço das competências e da operacionalidade do ciclo de inovação de produtos; reforço estratégico da cadeia produtiva; reforço do parque de pequenas e médias empresas de atuação tecnológica; reforço das condições tecnológicas que levam a atrair parceiros de atuação global; e vigilância da evolução dos sistemas global e local, visando o aproveitamento de oportunidades apoiado em financiamento de risco.

I. Introdução

Na última década ocorreram várias transformações no ambiente econômico internacional, com importante impacto sobre as economias locais, particularmente sobre as dos países de industrialização recente.

Nesse processo, seus eco-sistemas industriais e suas bases de geração de inovação foram expostos à competição internacional, o que exigiu a reformulação de suas estratégias e de suas políticas industriais e de ciência e tecnologia. Em um número expressivo de casos, essas mudanças tiveram importante impacto sobre o aprendizado e o exercício da engenharia, suscitando alterações de postura e de foco de atividades, muitas vezes promovendo a perda de competências básicas em favor da atuação em aplicações de tecnologias já bem estabelecidas em paradigmas.

A motivação para escrever este documento é tentar contribuir para a compreensão dos mecanismos de competição e de formação de paradigmas e ressaltar a importância da definição de políticas que visem o fortalecimento dos ecossistemas industriais e de sua posição competitiva no contexto internacional, particularmente através do desenvolvimento científico e tecnológico e das engenharias.

II. O cenário global

A aceleração dos processos de evolução dos sistemas sócio-econômicos ocorrida nas duas últimas décadas foi tão intensa que desmanteou a grande maioria dos agentes políticos e econômicos. A manifestação desta aceleração, que se convencionou denominar de “globalização”, levou ao estabelecimento de novos paradigmas para a distribuição do poder de competição, da renda, da capacidade de produção e do conhecimento. Suas conseqüências tiveram tal influência sobre o comportamento dos agentes dos sistemas sócio-econômicos, que se considerou ter havido uma solução de continuidade nos fenômenos subjacentes a esse processo, emergindo uma “nova” economia. No contexto dessa “nova” economia definiram-se novas estratégias de desenvolvimento que passaram a substituir as que foram válidas durante o processo de consolidação da sociedade industrial, procurando adequá-las aos paradigmas estabelecidos nas duas últimas décadas. As economias que desenvolveram tardiamente a industrialização tiveram que tomar decisões com muita rapidez para adaptar suas estratégias de desenvolvimento de modo a participar do contexto competitivo global, muitas vezes sem o capital e as condições institucionais e de infra-estrutura necessários para isso.

Ao adotar, nessas circunstâncias, métodos gerenciais válidos para os sistemas amadurecidos, mas não necessariamente adequados para adaptar sistemas de industrialização tardia às novas condições de contorno, essas economias chegaram a perder as poucas bases infra-estruturais de conhecimentos e a capacidade de inovação de que dispunham.

As empresas locais, que legitimamente expressam a capacidade de inovação, consolidação e utilização sócio-econômica do conhecimento tecnológico e de negócios, particularmente as pequenas e médias empresas que operam em setores de tecnologia de ponta, diminuíram em número, seja por terem encerrado suas operações, seja por terem sido absorvidas por grandes empresas de atuação global. Na maior parte das vezes essa diminuição contribuiu para a desestruturação da cadeia produtiva em vários setores, mais marcadamente nos de alta tecnologia, exigentes de capital e de riqueza cultural. Passada uma década de tentativas pouco frutíferas de mudanças estruturais que visaram a inserção competitiva na economia global, permanecem as questões básicas sobre quais as melhores estratégias de desenvolvimento local “vis à vis” com a consolidação dos paradigmas globais e seus desdobramentos.

Ao mesmo tempo, a instabilidade e a volatilidade inerentes à complexidade do sistema global, a limitação dos mercados locais e a fragilidade das instituições, associadas às dificuldades de acesso a capital de risco e de comercialização no mercado internacional, tornaram mais difícil a adoção de medidas unilaterais que viabilizassem a ruptura com os paradigmas estabelecidos através de trajetórias alternativas e inéditas de desenvolvimento.

Nestas condições, ou as forças vivas dessas economias adotam caudatariamente as estratégias dos grandes grupos, consolidando paradigmas vigentes, ou terão que buscar estabelecer novos paradigmas favoráveis a seu sucesso os quais, quase certamente, envolvem altos riscos, grandes volumes de recursos e experiência vivida, de difícil acesso.

Para fazer frente a essa situação de rigidez estratégica, a busca por alternativas adequadas para promover o desenvolvimento e o enriquecimento cultural requer uma profunda compreensão dos fenômenos que levaram a essa configuração estrutural, a partir da qual devem ser encontradas alternativas de curto, médio e longo prazos, para a manutenção do processo vital dos eco-sistemas.

A seguir são relatadas e condensadas várias interpretações dadas aos mecanismos subjacentes a esses fenômenos e discutidas algumas ações possíveis para, em um espaço de tempo toleravelmente curto, encontrar caminhos para superar as barreiras que restringem a participação das economias locais emergentes na economia global.

II.1 A economia em evolução

O sistema produtivo é constituído por um complexo de agentes de várias naturezas que interagem criando, fabricando, fornecendo bens e materiais, vendendo, gerenciando e consumindo. Esse conjunto de agentes constituíram, ao desenvolver-se no tempo, eco-sistemas industriais e de serviços de grande complexidade. Seus atores são os usuários de bens e serviços, as empresas de grande porte, empresas pequenas e médias e entidades com a missão de acelerar os processos de inovação.

Desde os tempos mais remotos, o processo de organização desses eco-sistemas tem-se mantido operante, de tal forma que, a partir das estruturas sócio-econômicas conformadas num dado momento, outras foram geradas, com crescente complexidade, acompanhando o aumento das populações e o conseqüente crescimento da demanda de bens e serviços.

Em pontos críticos do crescimento da população e da complexidade das relações sociais ocorreram transições tecnológicas com efeitos importantes sobre o crescimento sócio-econômico, embasadas em capacidades tecnológicas já estabelecidas no tecido cultural.

É exemplo desse processo a evolução dos suportes físicos utilizados para registrar, transmitir e armazenar a informação: o som, a escrita, a imprensa, o campo eletromagnético, as propriedades dos materiais. Nos ciclos de crescimento decorrentes desses pontos singulares de evolução, associaram-se sempre processos de expansão e concentração do conhecimento, dos recursos financeiros e dos meios de produção.

Em todos os momentos de transição, portanto, produziram-se alterações sócio-econômicas importantes, com substituição de lideranças, reestruturação de empregos, obsolescência de meios de produção, entre outras mudanças relevantes. Esse processo ininterrupto de “vir a ser” expandiu-se geograficamente no decorrer da história, deixando um rastro da evolução da complexidade da raça humana. Na transição do século XX para o XXI, ele alcança a maior área geográfica desde que se iniciou: tornou-se global.

II.2 Características recentes do processo de globalização: a "nova" economia

A globalização, portanto, se entendida como o processo continuado de expansão e organização das relações econômicas, culturais e legais envolvendo um número crescente de grupos humanos, iniciou-se há alguns milhares de anos. Sua manifestação observável é a expansão das estruturas econômicas e da área geográfica dominada pelos grandes impérios que se sucederam historicamente. No decorrer desse processo de evolução, os sistemas passaram por momentos críticos em que as estruturas sócio-econômicas se alteraram muito rapidamente, com a substituição de paradigmas e rearranjo dos polos de concentração.

Os motores desse processo têm sido a busca do sucesso na competição e sua consolidação. Os agentes atuam, promovendo a expansão da influência cultural e do conteúdo informacional (usos, costumes, língua, moeda, legislação), ao mesmo tempo procuram assegurar o respeito às regras e contratos sociais que desenvolveram para reger suas relações sociais¹.

Esse processo de expansão e integração cultural apresenta como principal característica a complexidade crescente, devido ao crescimento do número de atores e à variedade de relações que se estabelecem entre eles. A influência mútua de grupos humanos que interagem implica na ocorrência de laços de realimentação, os quais podem tornar suas relações instáveis.

Componente intrínseco da cultura de um grupo humano, a tecnologia revelou-se um fator extremamente importante para o desenvolvimento de sua capacidade de competição e expansão. O conhecimento de como fazer as coisas propicia, no processo integrado de crescimento-competição-expansão, vantagens comparativas diferentes a grupos diferentes, com história diferente e constituição específica.

O processo de globalização, embora venha se desenvolvendo como manifestação do crescimento da ocupação do globo pela espécie humana tem, em cada momento, suas características próprias, decorrentes dos graus de conhecimento e organização adquiridos. A globalização dos processos econômicos no final do século XX tem levado à intensificação da concentração de recursos e competências através de vários mecanismos, dentre os quais: a formação de paradigmas industriais; o fortalecimento do capital em sua relação com o trabalho, devido, principalmente, à automatização; a formação de blocos plurinacionais; e a re-estruturação do estado, através da redefinição de suas funções, com fortalecimento da atuação privada.

Estas características de concentração e re-estruturação das relações de poder, associadas à generalização explosiva do acesso à informação, surpreendem atores e observadores e trazem de volta à discussão questões filosóficas básicas, particularmente as referentes às bases conceituais do direito e suas conseqüências sobre o contrato social.

Os mecanismos de concentração, de estabelecimento de paradigmas e de automação da produção de bens e serviços observados no processo globalizador têm impacto sobre a gestão de pessoal e as profissões, particularmente sobre a engenharia. Esse impacto traduz-se numa forte tendência para a criação de bolsões de desemprego, em conseqüência da automatização e da flexibilização da atuação das organizações, com enxugamento dos quadros e enfraquecimento das carreiras e com a exigência de um aumento rápido na capacidade de mobilização de contingentes de mão de obra de uma especialidade a outra. Uma vez mais, a mudança estrutural em curto prazo traz à discussão temas de conteúdo filosófico, metodológico e político que muitos observadores consideravam estabelecidos e bem resolvidos.

Nota-se, ainda, uma alteração no processo de estabelecimento de lideranças empresariais e regionais explicitado nas formas de gestão e nas estratégias adotadas pelos atores. Aqueles que têm maior possibilidade de sucesso na conjuntura atual são os que, com boa capacidade de investimento, adotam estratégias com visão de longo prazo, tornam mais leve e flexível sua operação e estabelecem alianças estratégicas que diminuem sua vulnerabilidade em relação aos competidores em períodos críticos da competição e, através dessa ação, estabelecendo estruturas ecológicas empresariais harmônicas.

As lideranças empresariais são consolidadas com base em estratégias de natureza diversa das clássicas, em que o enfrentamento do imponderável passa a ser parte do cotidiano, particularmente no caso das tecnologias de ponta. As facilidades oferecidas pela informatização, associadas à internacionalização da produção, que viabiliza apreciáveis diminuições de preços (derivadas, muitas vezes, de diferenciais de taxação e custo de mão-de-obra), têm proporcionado a desintegração vertical das organizações e a estruturação de sistemas ecológicos industriais complexos.

Finalmente, a aceleração do processo de globalização dá-se através da agregação de valor aos produtos e serviços, o que reforça a atração do maior número possível de usuários para adotar um dado serviço ou produto e, em consequência, aumenta a remuneração do capital. Além da introdução de inovações funcionais ou estruturais nesses produtos, observa-se a aplicação de novas técnicas de produção e gestão, que transcendem a fábrica ou a empresa, se estendem pela cadeia produtiva e se expandem para o mercado. No ambiente industrial, a agregação de valor tem sido buscada através da gestão das tecnologias, das cadeias produtivas, da terceirização da criação de redes e organizações distribuídas e da gestão do mercado e das oportunidades.²

II.3 A tecnologia da informação

Foi apenas há cerca de três décadas que se começou a tomar consciência da importância que as tecnologias da informação têm para o desenvolvimento sócio-econômico. Embora essas tecnologias sempre estivessem subjacentes à história do desenvolvimento humano, foi a diminuição dos custos e o aumento contínuo da complexidade das informações tratadas que despertaram essa consciência, identificando-se esse processo como a “Revolução da Informação” ou como a entrada na “Era da Informação” e do conhecimento.

As várias transições por que passaram as culturas humanas e as relações econômicas e sociais ao longo da história da humanidade foram acompanhadas por uma mudança nas formas de armazenar e tratar as informações. Desde a “descoberta” da linguagem, passando pela escrita e a imprensa até a codificação eletromagnética, o aumento da eficiência no tratamento, armazenagem e transmissão da informação vem ocorrendo de forma continuada e simultânea com o aumento da complexidade das relações entre os agentes sócio-econômicos e com o enriquecimento cultural.

Portanto, podemos admitir que a revolução da informação é um processo que ocorre continuamente e está sempre presente e que foi sempre acelerado por um mecanismo de realimentação positiva. Na fase atual, a velocidade de penetração da tecnologia da informação no tecido social é extremamente alta, com risco de que alterações culturais decorrentes possam ter consequências imprevisíveis e incontroláveis, pois sendo o tempo de reação da sociedade muito longo, não há condições de absorver as mudanças e seus efeitos.

A “Revolução da Informação” caracteriza-se pela capacidade acelerada de gerar, processar e transmitir quantidades cada vez maiores de informação a um número crescente de pessoas a custos cada vez menores. De forma similar, outras tecnologias tendem a se disseminar muito rapidamente nos vários setores da sociedade. Assim, ao promover a aceleração do processo de transição cultural, as tecnologias da informação aceleram concomitantemente o processo histórico, deixando cada vez menos tempo para as adaptações sociais e econômicas necessárias.¹

As transições de natureza sócio-econômica provocam mudanças culturais profundas, que geram tensões tanto para os indivíduos como para os grupos sociais. Estas transições podem produzir elevado grau de desagregação, favorecendo a corrupção, o declínio moral e a ineficiência, pois ocorrem num momento em que as estruturas se transformam e, portanto, é perdida a coerência do sistema anterior.¹

produtiva. Um diagrama esquemático representando os agentes de uma rede, suas relações e o valor agregado por eles é mostrado na figura 1.

A rede produtiva estabelece-se através de um processo dinâmico, estruturando-se como um conjunto orgânico de agentes que dominam todas as competências e capacidade de produção necessárias à sua sobrevivência e sucesso na competição.

A operação da rede produtiva é coordenada por agentes de gestão que estabelecem as regulamentações necessárias para garantir o equilíbrio das relações entre o setor público e o privado, expressa nos contratos sociais, leis e regras.

A capacidade dessa rede sustentar-se e competir condiciona o sucesso do desenvolvimento sócio-econômico. Quando circunstâncias levam ao rompimento dessa rede de relacionamentos tecnológicos e econômicos, a probabilidade de sucesso do sistema diminui ou mesmo se anula. Condições semelhantes ocorrem se o sistema tecnológico se desenvolve de forma atrofiada, em que agentes da rede produtiva se encontram fora do ambiente sócio-econômico específico e, portanto, fora da influência do sistema de gestão que vincula sua organização.

Observa-se, por outro lado, que a densidade de conhecimentos tecnológicos e a capacidade de inovação, que contribuem para agregar vantagens comparativas ao processo de competição e ao estabelecimento de paradigmas, é maior nos agentes que produzem bens de produção¹, materiais, componentes e que concebem produtos do que nos que simplesmente os fabricam ou comercializam. Portanto, uma rede produtiva somente é efetivamente competitiva e auto-sustentável, se estiver fortalecida em toda a gama de seus agentes. Uma boa estratégia de capacitação para a competitividade deve, pois, buscar o fortalecimento sistêmico das redes.

¹ Bem de produção é entendido como o artefato que permite a concretização ou fabricação de outros artefatos e é o resultado do *conhecimento de como fazê-los*.

III. Mecanismos de formação de paradigmas

III.1 Sistemas complexos³

Sistemas complexos são aqueles compostos por um grande número de entidades capazes de executar ações umas sobre as outras e intensamente conectadas. São exemplos: os sistemas biológicos, em que um número muito grande de compostos orgânicos interage entre si no interior de uma célula viva; o sistema nervoso, com bilhões de neurônios interconectados; os sistemas sociais, dos quais milhões de indivíduos participam. Os sistemas tecnológicos, que são parte das estruturas sociais e econômicas, também têm essas características e, portanto, apresentam comportamentos semelhantes.

No desenvolvimento das relações entre os muitos agentes desses sistemas, produz-se sua auto-organização, como no caso das economias e das organizações sociais e políticos. Estes sistemas são adaptativos, no sentido de que os agentes respondem conscientemente às interações, procurando seu máximo proveito. Embora suas conexões e malhas de realimentação positiva possam produzir comportamento caótico, os sistemas complexos apresentam um comportamento diferente do dos sistemas de caos. Eles não tendem nem a ficar paralisados em um dado estado, nem adotam trajetórias caóticas imprevisíveis. Sua principal propriedade é a de manter-se num equilíbrio entre essas duas situações, num continuado processo de criação, estabilização e mudança de soluções, umas substituindo as outras.

A tendência à consolidação de certas soluções em detrimento de outras estabelece estruturas com maior probabilidade de adoção, que se denominam paradigmas. Um paradigma se estabelece como resultado de processos de competição entre alternativas. A alternativa que é adotada por um grande conjunto de agentes no final da competição é o paradigma estabelecido.

Um paradigma pode ser, portanto, definido como o resultado do processo de competição entre vários agentes, culturas, tecnologias, processos, produtos. São exemplos os motores a explosão nos veículos auto-motores, os sistemas operacionais de computadores, os modelos da realidade (cosmológicos, físicos, etc.), as religiões, os processos industriais (TTL, CMOS na microeletrônica) e os sistemas de telefonia.

No desenvolvimento dos sistemas dinâmicos complexos, os paradigmas passam por ciclos de vida e evoluem ao longo do tempo. Nos próximos parágrafos são discutidos alguns aspectos relevantes decorrentes do comportamento dos sistemas tecnológicos imersos em sistemas econômicos.

O estudo dos sistemas complexos recebeu contribuições importantes, entre as quais as de Norbert Wiener na cibernética, Ilya Prigogine em auto-organização dos sistemas, Herman Haker na sinérgica, Herbert Spencer na sobrevivência do mais adaptado, Charles Darwin com a teoria da evolução, H. Poincaré, E. N. Lorenz, R. Shaw e J. Crutchfield na teoria dos sistemas dinâmicos e caos, Stuart Kauffman e Norman Packard no modelamento de redes genéticas, auto-catálise e vida artificial, William Brian Arthur no estudo de ganhos crescentes e realimentação positiva na economia e Per Bak, Chao Tang e Kurt Wiesenfeld no estudo da criticalidade auto-organizada e comportamento "power law". Essas contribuições fornecem um arsenal de conceitos e ferramentas de análise para a compreensão dos fenômenos subjacentes ao processo de expansão global dos sistemas econômicos e sociais e de suas conseqüências para os agentes do processo.

III.1.1 Comportamento caótico de um sistema

A competição tem sido um dos motores de maior eficiência do processo de expansão global das economias. Por outro lado, em condições de regulamentação pobre ou ineficiente ela pode trazer conseqüências negativas para os agentes. A compreensão dos mecanismos que a produzem, portanto, tem grande importância para o desenho de estratégias adequadas para assegurar o contínuo aprimoramento dos sistemas e o progresso sócio-econômico.

Os sistemas econômicos e ecológicos são sistemas dinâmicos muito complexos, que apresentam muitos laços de realimentação interna e relações não lineares entre suas variáveis.

Sistemas dinâmicos não lineares realimentados podem apresentar características peculiares que são tratadas sob o nome de “caos”⁴. E. N. Lorenz, em 1963, observou, - ao trabalhar em um modelo para o fluxo de gases devido à convecção térmica com o objetivo de compreender as dificuldades em efetuar a previsão meteorológica através de simulação computacional - que as soluções para as equações diferenciais nunca se estabilizavam nem numa forma de equilíbrio, nem num estado periódico, mas tendiam a exibir um comportamento irregular e aperiódico. Observou, também, que se fossem utilizadas condições iniciais muito pouco diferentes umas das outras, as soluções obtidas para as equações podiam tornar-se muito diferentes. Ele mostrou que essas soluções tinham uma estrutura, apesar da forte dependência das condições iniciais as tornar imprevisíveis. Em 1979 M. J. Feigenbaum estabeleceu leis que governam a transição de um sistema de um comportamento regular para o caótico, mostrando que sistemas de diferentes naturezas podem fazer essa transição da mesma maneira.

O comportamento de um sistema dinâmico pode ser descrito pelas relações entre suas variáveis em função do tempo. A curva que representa essas relações é denominada trajetória do sistema, pois ela representa os valores adotados pelo conjunto de variáveis conforme o sistema evolui no tempo e o espaço onde ela é representada se denomina de espaço de fases.

Um exemplo clássico e simples de um sistema dinâmico não linear é o do pêndulo de um relógio. Deslocando-se ligeiramente o pêndulo de sua posição de repouso, ele oscila até parar, devido às perdas por atrito. Se o deslocamento for suficiente para que o mecanismo de reposição de energia (armazenada numa mola de relógio, por exemplo) seja disparado, o pêndulo manterá sua oscilação. A solução para o movimento do pêndulo depende, portanto, da condição inicial e sua trajetória no espaço de fases será totalmente diferente para determinadas regiões de valores da condição inicial.

A partir dos anos 70 passou-se a desenvolver estudos sobre sistemas caóticos em um amplo domínio de interesses, não apenas na física e engenharia, mas na biologia e, recentemente, na economia para tentar entender os mecanismos de competição. Os resultados desses trabalhos indicam que as questões do desenvolvimento sócio-econômico devem ser tratadas à luz dessas novas idéias e modelos, em contraposição aos raciocínios lineares clássicos.

Na próxima seção são apresentadas as condições em que o processo de competição e adoção de soluções pode apresentar comportamento caótico, de acordo com estudos recentes.

III.1.2 Sistemas realimentados na economia⁵

Entre as contribuições mais importantes para a compreensão dos processos de competição na economia e nas relações humanas encontra-se o modelo desenvolvido por W. B. Arthur, em que duas tecnologias competem pela adoção por um grande número de agentes econômicos. Estes agentes são consumidores dessas tecnologias e podem participar direta ou indiretamente de seu desenvolvimento, recebendo ganhos decorrentes do bom desempenho da tecnologia escolhida.

O modelo estuda os casos em que as tecnologias têm a propriedade de produzir ganhos constantes, decrescentes ou crescentes aos agentes que as adotam, assumindo que os retornos auferidos pelos agentes depende do número de adotadores anteriores, no instante de adoção. O autor considera que “pequenos eventos históricos” podem ser determinantes na trajetória do sistema e, portanto, no resultado da competição. Através da descrição matemática do processo de evolução dos sistemas em competição, o modelo mostra que o resultado da competição e a maneira como se comporta dependem da forma com que evoluem as vantagens recebidas pelos agentes e da ocorrência ou não de “pequenos eventos históricos” imprevisíveis.

Decorre do modelo que, se os ganhos são constantes ou decrescentes, a divisão do mercado entre os competidores, no limite, tende a ser equitativa. Se os ganhos são crescentes, entretanto, a solução obtida para descrever o comportamento do sistema não é previsível e depende do histórico da competição, sendo que os raciocínios derivados de modelos lineares clássicos de comportamento de oferta e demanda não são mais aplicáveis^{6,7}. Em regime de ganhos crescentes, a trajetória do desenvolvimento e “pequenos eventos históricos” que tragam, num dado instante, vantagens na adoção de uma das tecnologias em competição, poderão amplificar a adoção por essa tecnologia, de modo que ela poderá ocupar todo o mercado, alijando a outra.

Uma propriedade importante do processo de competição é que o evento que pode levar ao deslocamento do sucesso, de um competidor para outro, não precisa ser relevante, pois o processo de realimentação positiva tende a amplificar sua ação. Outra característica importante é que o evento ou eventos determinantes dependem do histórico do processo de adesão, ou, em outras palavras, da trajetória do sistema no espaço de fases.

Como consequência da generalização da descrição desse processo, para o caso de tecnologias que competem entre si com ganhos crescentes, o modelo permite derivar as seguintes conclusões:

- Em condições de retornos crescentes e de *laissez-faire*, não se assegura necessariamente o sucesso da solução que apresenta melhor qualidade, podendo ocorrer que tecnologias inferiores dominem o mercado, pois o fator determinante da trajetória do sistema não depende da racionalidade do agente que adota, em decorrência da imprevisibilidade do comportamento do sistema.
- Ao final de um processo de competição em que os ganhos são crescentes chega-se ao estabelecimento de um paradigma rígido, em que apenas uma das tecnologias competidoras sobrevive. Nesse caso, tecnologias mais novas podem não se desenvolver, devido ao “lock-in” (travamento) do sistema no paradigma estabelecido; a tecnologia nova, para superar um paradigma estabelecido deve ter condições de oferecer vantagens comparativas extremamente favoráveis, o que torna seu sucesso pouco provável. Recém-chegados à competição têm mínimas possibilidades de superar competidores em paradigmas estabelecidos, particularmente se tentarem enfrentá-los nas mesmas condições de contorno, uma vez que o competidor estabelecido já

superou várias etapas de aprendizado, o que torna seus produtos crescentemente competitivos em preço, qualidade e funcionalidade.

- Passada a fase de competição inicial, em que a evolução dos produtos proporciona ganhos crescentes, o sistema pode evoluir, com o envelhecimento do paradigma, para uma condição de ganhos constantes ou decrescentes, em que se torna estável e previsível.

Os dois casos seguintes ilustram o comportamento de sistemas, um com ganhos decrescentes e outro com ganhos crescentes.

Num setor de economia extrativa, como é o caso da indústria de mineração, por exemplo, conforme as minas vão ficando mais profundas, para obter a mesma quantidade de minério é necessário maior investimento e, portanto, para uma dada quantidade de investimento, os retornos são decrescentes. Nestas condições, como a cada nova rodada de adesão não há razão para que os agentes mudem suas preferências, o sistema é estável, levando a uma divisão da ocupação do mercado de mineração por vários competidores.

Nas indústrias de alta tecnologia, em que os ganhos são crescentes, como no caso dos sistemas operacionais de computador, o processo de realimentação positiva se estabelece através de um ciclo semelhante ao descrito a seguir:⁶

- Tendo sido estabelecido o sistema operacional de uma dada máquina computacional, vários produtores escrevem software para ele.
- Cada próxima versão desse software pode ser produzida com menor preço.
- Como, para utilizar um programa de computador o agente econômico deve despende esforço, uma vez adotado um software que rode sobre esse sistema operacional o custo de mudar de programa é alto.
- Se um certo número de programas utilitários é escrito para um dado sistema operacional, os usuários finais passarão a preferi-lo, o que leva a um aumento no número de programas escritos para esse sistema.
- Com o aumento do número de usuários os custos de desenvolvimento de novas versões são compartilhados com um número crescente de compradores.
- Um número crescente de usuários adota o sistema porque existem mais programas escritos para ele, o que força o desenvolvimento de mais programas que determinam a adesão de mais usuários e assim por diante, estabelecendo-se um paradigma.

Outros exemplos de competição realimentada são a associação entre sistema operacional e microprocessador, sistemas de geração de energia nuclear, padrões de gravação de imagens em fitas magnéticas, entre outros.

III.2 Transitórios e regime na evolução de sistemas em competição

Considerando esse conjunto de características e comportamentos, podemos afirmar que um sistema tecnológico dinâmico, em que competidores buscam a adesão de agentes econômicos, passa por duas fases durante o seu desenvolvimento: uma fase transitória, definida pelo período durante o qual se processa a competição e se define a solução para o sistema e uma fase de regime, em que a solução já se estabeleceu na forma de um paradigma.

Portanto, é muito grande a dificuldade de inserção de economias de industrialização tardia no contexto global, em que paradigmas amadurecidos definem o

“status quo” em que os vários sistemas que interagem num processo aberto de competição.

O desenvolvimento das tecnologias da informação, por exemplo, propiciou oportunidades de mudanças durante a fase do transitório, ao levar à obsolescência um apreciável conjunto de tecnologias já amadurecidas, com impacto sobre praticamente todas as áreas da economia.

Uma vez estabelecidos os paradigmas alternativos na tecnologia da informação, entretanto, a capacidade de produção de soluções para um grande número de problemas diminui a probabilidade de que ocorram situações de competição em igualdade de condições que possam promover novas alterações. Eventuais soluções alternativas capazes de competir nessa fase deverão estar suportadas por um volume apreciável de recursos financeiros e oferecer vantagens inéditas ao mercado.

Situações semelhantes ocorrem em outras áreas de ponta, como a biotecnologia, energia nuclear, etc..

Os mesmos mecanismos descritos podem ocorrer em uma ampla gama de situações de competição, como entre tecnologias, produtos, processos, idéias, sistemas de avaliação, etc.

Outros trabalhos recentes buscam estabelecer modelos fenomenológicos e matemáticos que possam tratar a complexidade dos mecanismos da economia⁸ como um todo.

III.3 A proteção da propriedade intelectual e a padronização no processo competitivo

Na fase transitória da competição, em que a inovação tem papel muitas vezes decisivo na definição da solução de regime, tem grande importância o sistema de proteção à propriedade intelectual ao assegurar que, uma vez estabelecido um paradigma baseado em uma invenção determinada, o competidor que detém sua posse terá garantido o retorno para seu investimento de risco inicial.

O comportamento das tecnologias recentes, que proporcionam crescimento explosivo da concentração de recursos e da expansão de seu raio de ação, tem suscitado o questionamento do sistema de proteção à propriedade intelectual estabelecido no século passado, em que os transitórios de competição eram relativamente longos. Por outro lado, diversificou-se a natureza dos objetos de propriedade intelectual a serem protegidos e a amplitude de seu impacto sobre a distribuição de riquezas e recursos, de modo que alterações nas regras que definem as formas e transações relacionadas àqueles objetos são previsíveis no futuro próximo⁹.

No quadro da dinâmica do processo de competição entre diversas soluções, a proteção da propriedade intelectual e industrial pode ter efeito inibidor sobre os concorrentes, com isso definindo o resultado da competição. Essa situação pode ocorrer quando uma invenção pontual confere vantagens comparativas apreciáveis a uma dada solução, o que condiciona o próprio conjunto de soluções anteriormente dadas ao uso dessa invenção. Um evento como este, se utilizado adequadamente pelo agente proprietário da invenção, pode definir o paradigma.

Um outro aspecto importante no processo de estabelecimento de paradigmas é a padronização de produtos e de processos. À medida que uma dada solução tecnológica ou um produto tem sucesso ao ser adotado pelos usuários, torna-se um padrão em torno

do qual se desenvolve toda uma família de produtos derivados. Esses padrões podem limitar a possibilidade de entrada de produtos concorrentes que não preencham parte das especificações ou não atendam a normas baseadas na tecnologia vencedora e, portanto, tendem a reforçar um dado paradigma, dificultando ou impedindo a entrada de novos concorrentes que possam diminuir a fração de seu mercado.

III.4 Coevolução: cooperação num ambiente competitivo

Em inúmeras situações de competição, os atores nela envolvidos buscam várias formas de cooperação, o que parece um contra-senso. Entretanto, se a competição é um vetor de sobrevivência, outro vetor é a colaboração. Um agente não pode sobreviver se estiver atuando sozinho no cenário. Numa situação complexa e dinâmica, os agentes ganham vantagens competitivas ao se aliarem a outros, suprimindo deficiências e aumentando sua capacidade de suportar situações adversas. A cooperação é, portanto, um fator favorável para o desenvolvimento dos sistemas.

Ao aumentar a probabilidade de que o número de agentes não diminua em consequência de destruição mútua, a cooperação tende a reduzir a concentração de capacidade e poder nos sistemas, o que viabiliza a melhor distribuição dos meios necessários a sustentar o desenvolvimento.

A cooperação, ao contrário do que possa parecer quando se focalizam os mecanismos e efeitos da competição e se interpreta de forma superficial a seleção natural, é um fenômeno presente em todas as formas de vida e é tão mais presente, quanto mais complexas elas forem. As manifestações de solidariedade nos animais e no ser humano são tão “inatas” quanto as de competição. A convivência desses dois processos produz um outro processo, que se tem denominado co-evolução, em que os agentes buscam uma situação ótima de sobrevivência e desenvolvimento. Com ela os sistemas se auto-organizam e aumentam sua longevidade, com reflexos importantes sobre a qualidade de vida dos indivíduos.

Derivado da biologia, o conceito de *coevolução*, tem sido muito recentemente aplicado ao desenvolvimento das organizações e das relações econômicas.¹⁰ Num regime de coevolução, espécies que interagem têm suas trajetórias evolutivas conectadas ao longo do tempo, de tal forma que elas criam relações de potencialização, dependência e competição. Ao associar-se em um processo de coevolução, dois sistemas passam a constituir um sistema dinâmico complexo, cujas propriedades foram descritas na seção III.1.2. Uma propriedade destes sistemas é que sua eficiência é maior quando a inteligência é descentralizada e os vínculos estabelecidos entre os cooperantes é temporário. O número de vínculos é importante: poucos vínculos dão agilidade; muitos vínculos contribuem para a eficiência. A descentralização da inteligência e, portanto, das decisões não implica em falta de coerência ou em gestão anárquica. O que se busca é, uma vez estabelecido um contexto, deixar o conjunto de agentes evoluir através da cooperação e da competição. Cada agente, então, é remunerado pela eficiência ganha em sua ação dentro do contexto, a colaboração sendo um fator de potencialização da eficiência. A coevolução é crucial para corporações multi-negócio, em que os processos de adaptação rápida e aprendizagem exigem leveza nos negócios individuais e volume para assegurar a eficiência e a competitividade. É notável a importância da promoção de sinergias através da ação de grupos de interação de negócios diferentes.

Uma situação em que o uso do conceito de coevolução pode trazer vantagens importantes encontra-se nas entidades de P&D multidisciplinares. A formação de *equipes de articulação* na estruturação de projetos favorece o aproveitamento de sinergias, pode promover a proposição de inovações e cria condições para que a concretização dessas

inovações se torne viável pelo aproveitamento de capacidades e competências complementares.

Portanto, os sistemas que se utilizam da competição como mecanismo único são incompletos e correm risco de destruição catastrófica.

Estabelecer laços de cooperação é uma tarefa difícil na sua essência mais ainda para os sistemas sócio-econômicos em ambientes de competição a que não se podem furtar. Entretanto, embora a cooperação seja um instrumento que proporcione o aproveitamento de sinergias e aumente a probabilidade de sobrevivência, sua eficácia depende de que os agentes, dispostos a cooperar, possam compreender conscientemente quais os processos que produzem a coevolução. Uma das condições é de que não haja prevalência de um agente sobre outro. Caso a prevalência ocorra, não haverá enriquecimento mútuo, mas competição no seio da cooperação o que levará à perda de interesse pela manutenção do contrato e à falência da cooperação.

A cooperação estabelece-se com maior sucesso quanto mais fortes os laços que unem os parceiros em torno de interesses comuns, relacionados com o objeto que os faz cooperar. No ambiente de competição global, a cooperação visando a potencialização das riquezas é mais forte do que cooperação baseada em identidade cultural. Nesse ambiente, as alianças entre competidores podem ocorrer em focos restritos e de interesse comum, seja no transitório, seja no regime.

A cooperação em ciência e tecnologia busca a integração dos esforços de vários sistemas tecnológicos visando potencializar a ocorrência de soluções inovadoras.

Por seu grande potencial de inovação, o processo de coevolução pode contribuir para o aumento de vantagens comparativas que potencializem a capacidade de competição com terceiros. Em muitos casos, as peculiaridades de cada agente cooperante proporcionam oportunidades para o desenvolvimento de soluções específicas que, de outra forma, não ocorreriam.

Ao buscar a integração de complementaridades, programas de cooperação entre corporações ou países podem contribuir para o fortalecimento de laços de relacionamento cultural e para o desenvolvimento de competências, utilizando capacidades disponíveis nos vários agentes da cooperação.

IV. Inovação e engenharia

IV.1 Conceito de inovação

Quando nos referimos à inovação, tratamos de um conceito que pode ter vários graus de complexidade. Na sua forma mais simples, ela corresponde à alteração de uma ou mais propriedades de um produto, de modo a agregar-lhe valor. Nas suas formas mais complexas, a inovação pode representar uma total modificação em conceitos, na forma de produzir bens, ou no modo de utilizar propriedades da natureza.

A inovação pode ser vista como um evento no desenrolar da trajetória de evolução de um conjunto de idéias, conceitos, produtos ou tecnologias.

A característica mais importante do processo que produz uma inovação é que ele não ocorre linearmente, em decorrência de um conjunto de passos preestabelecidos. Ao contrário, a maior parte das vezes é o resultado da convergência de idéias e conhecimentos cuja conexão e sinergia são percebidos num “insight”, permitindo uma quebra na forma de compreender e expressar uma dada realidade, de conceber um produto, de concretizar uma funcionalidade.

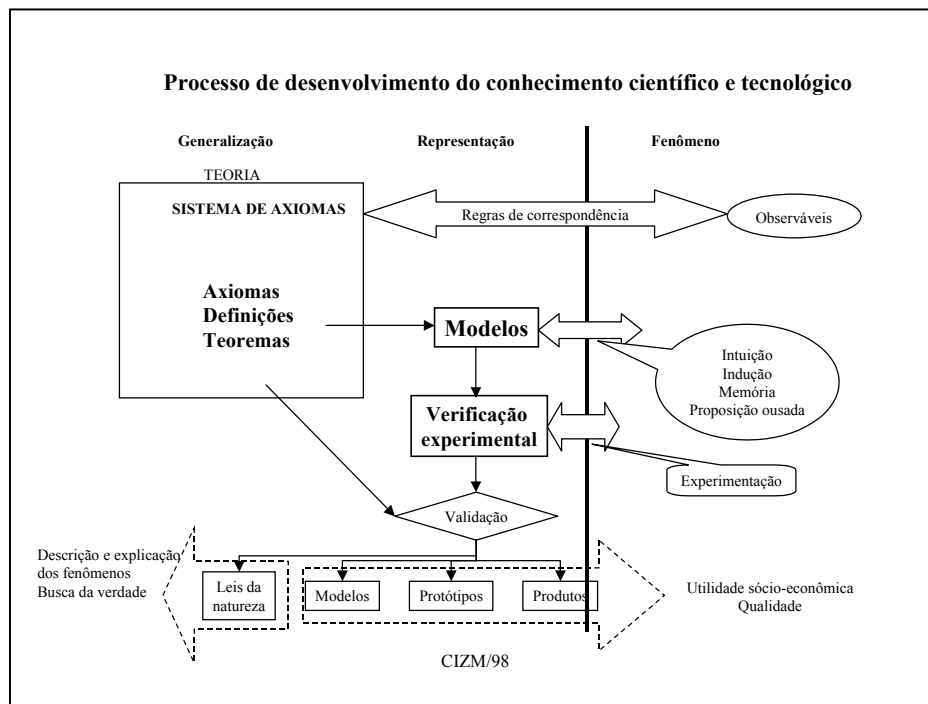


Figura 2

Fluxograma simplificado representando os processos de geração de conhecimentos científicos e tecnológicos e sua interação.

Esta característica de imprevisibilidade decorre da natureza do processo criativo, que se baseia naquilo que se sabe e que parte na direção do desconhecido, associando pedaços de conhecimentos, revendo soluções já propostas para situações semelhantes, propondo alternativas, fazendo-as coevoluir, testando-as, consolidando conclusões. A figura 2 mostra esquematicamente os processos de geração de conhecimentos científicos e tecnológicos e suas relações mútuas, que estabelecem sinergias e permitem que resultados de ambos sejam validados com o mesmo rigor. Enquanto o método científico busca o conhecimento dos mecanismos básicos da natureza, os métodos tecnológicos buscam pragmaticamente a solução de problemas específicos e de aplicação econômica.

Está fora do alcance destas reflexões uma análise dos modelos e das alternativas de descrição dos processos de inovação. Entretanto, algumas considerações de cunho

geral nos podem auxiliar na compreensão de condições para que as inovações possam contribuir para a inserção competitiva no mercado globalizado.

Quanto mais rica a base de conhecimentos, mais provável é a ocorrência de inovações, pois pode-se estabelecer um grande número de oportunidades para que ocorram os processos que as produzem. Quanto mais ativa a economia, maior a probabilidade de que as inovações produzidas sejam adotadas. Quanto mais rica a economia, maior a probabilidade de que tanto o processo de geração como o de adoção de uma inovação sejam financiados e, posteriormente, reembolsados.

O financiamento da fase inicial de geração de novos conhecimentos, portanto, somente trará retorno se houver possibilidade do financiamento da fase de competição e se ocorrerem condições peculiares que viabilizem a adoção dos resultados por um número expressivo de agentes econômicos. Por outro lado, mesmo em condições de riqueza econômica, se não houver consciência da importância da inovação no processo de competição e, portanto, se não ocorrerem tentativas de inovar, os investidores que poderiam atuar no estabelecimento de novos paradigmas, não terão oportunidade de fazê-lo.

IV.2 Ciclo de vida de engenharia e ciclo de inovação

O ciclo de vida ou ciclo de engenharia de um produto é definido como sendo o ciclo pelo qual passa um produto desde sua concepção até sua comercialização e manutenção. O sucesso de uma inovação depende da capacidade de se realizar as etapas do ciclo de engenharia que permitem transformá-la em produto. A literatura especializada em processos produtivos e de gestão da engenharia oferece grande

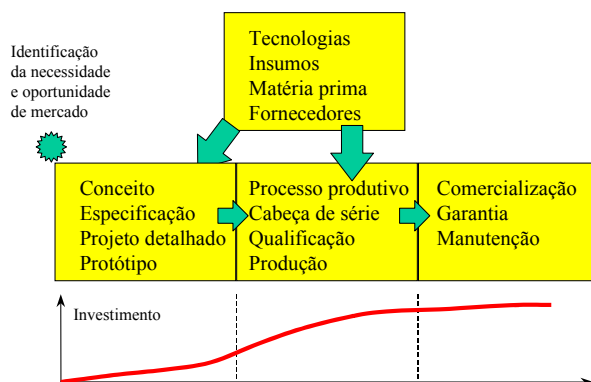


Figura 3
Ciclo de vida de engenharia de um produto e investimento acumulado ao longo do mesmo.

riqueza de contribuições referentes aos conceitos e à análise comportamental do ciclo de vida de engenharia em várias situações e condições de contorno. Neste trabalho, vamos nos limitar a mencionar suas principais características, que têm importância para as reflexões sobre as estratégias de inserção competitiva no ecossistema global. O diagrama da figura 3 mostra de forma muito simplificada um fluxograma representativo do ciclo de engenharia de um produto.

A concretização do ciclo de engenharia exige não somente pessoal capacitado e experiente em concepção, prototipagem, validação, testes e qualificação de produtos, como o exercício dessas funções num ambiente de competição.

Quanto mais eficiente o sistema que processa o ciclo de engenharia, mais provável é o sucesso na fase de competição. O domínio do ciclo também proporciona

maior controle do instante de lançamento de um novo produto num ambiente de competição, de forma sincronizada com janelas de oportunidades.

Quanto mais rápido o ciclo, mais cedo um produto pode ser lançado no mercado, ou uma versão mais adaptada à adoção dos agentes econômicos pode deslocar a solução para um dos competidores.

Portanto, em condições em que há poucos recursos, organizar e tornar mais rápido e eficiente o ciclo de engenharia melhora as condições de sucesso no desenvolvimento.

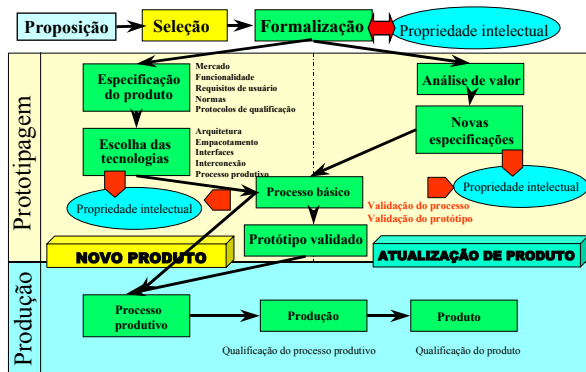


Figura 4
Fluxograma simplificado do processo de inovação para novo produto ou para atualização de produto. O valor agregado pela inovação corresponde ao potencial de competição e à propriedade intelectual dos resultados.

Como o ciclo de engenharia depende da disponibilidade de agentes que operam em vários setores da rede produtiva, políticas industriais que não promovam o enriquecimento da variedade dos agentes também não favorecem a inserção competitiva apoiada nas inovações.

Quando o ciclo de engenharia é aplicado à concretização de um protótipo, ele torna-se parte do processo de inovação. Há duas situações em que o processo de inovação ocorre: quando se cria um novo produto ou serviço e quando se introduzem alterações em produtos já existentes. O diagrama da figura 4 mostra os dois caminhos de concretização de inovações indicados e suas relações com a agregação de valor produzida no decorrer de sua execução, particularmente a produção de conhecimentos passíveis de registro de propriedade intelectual.

No processo de inovação, as entidades de P&D podem ter importância considerável, tanto na verificação da validade de novas propostas de soluções para os problemas industriais, como na validação de conceitos de produto, verificação de sua aplicabilidade no mercado, etc. Uma instituição dotada de competências com capacidade de se articular para executar processos com flexibilidade e adaptabilidade tem alto potencial para contribuir para o sucesso no teste e na validação de inovações. Vários métodos têm sido propostos e utilizados para organizar, facilitar e potencializar a produção de inovações, nos quais a experimentação exerce um papel muito importante.¹¹ A aceleração do processo de experimentação com a finalidade de diminuir o tempo necessário para que uma inovação chegue ao mercado tem sido uma das estratégias seguidas pelos agentes das redes produtivas. Para assegurar a eficácia das etapas de experimentação várias técnicas estão disponíveis, incluindo o projeto de experimentos, testes de hipóteses em condições controladas, identificação de variáveis, convergência de especificações, grupos de discussão e disseminação das informações, experimentos em sucessão. Elas buscam o refinamento a partir da utilização de técnicas já bem dominadas e padronizadas como blocos de construção de técnicas inovadoras e de maior complexidade.

IV.3 As redes produtivas e os processos de inovação

A aplicação de uma inovação no mercado é uma atitude de risco. Ela expõe investidores e agentes técnicos à possibilidade de fracasso ou sucesso mas, no caso de sucesso, os retornos podem ser muito altos em comparação com a atividade simplesmente produtiva de um bem consolidado como paradigma.

Como se depreende do que foi apresentado na seção III.2, a fase do ciclo de vida de um produto ou tecnologia em que os ganhos são crescentes é a que leva à formação do paradigma. Após esta fase, os ganhos diminuem, passando a se tornar marginais.

Um sapato produzido por uma máquina exclusiva dá ao produtor de sapatos vantagens comparativas na competição com outro produtor que utilize máquinas disponíveis no mercado, pois outros competidores têm acesso a mesma máquina para entrar no mercado.

Na conformação de novos paradigmas industriais capazes de competir no mercado global são fundamentais as inovações introduzidas por todos os agentes da rede produtiva.

Os agentes que operam na comercialização de bens conhecem os paradigmas das preferências culturais e podem indicar caminhos e alternativas aos agentes que fabricam bens de utilidade imediata para o mercado. Dos sabonetes aos aviões, os paradigmas de preferência cultural são os que determinam as estratégias das empresas produtoras de bens e serviços que atingem o grande público.

A mudança desses paradigmas só ocorre com o investimento de grandes volumes de recursos e tem impacto sobre toda a rede produtiva. Embora esquemático e incompleto, o diagrama de relações mostrado na figura 1 nos ajuda a explicitar as contribuições dos agentes da rede produtiva durante o processo de crescimento de um novo paradigma. Esse diagrama supõe a existência de vínculos de alianças e parcerias estabelecidos entre os agentes, o que é proporcionado pelos agentes de gestão. Os vínculos podem ser de várias naturezas, como contratos, acordos, alianças estratégicas ou estruturas verticalizadas que conferem coerência às ações.

Abstraindo esse dinamismo ao considerar um momento estático da evolução do sistema, podemos examinar a contribuição de cada agente para conferir capacidade de competição ao sistema como um todo.

Os agentes que operam com engenharia de concepção são os responsáveis pela estrutura e funcionalidade dos novos produtos ou serviços e sua função prolonga-se por todo o ciclo de vida dos produtos e processos. Sua contribuição compreende as especificações funcionais, a definição de protocolos, normas e outros aspectos importantes para a estruturação da tecnologia.

A contribuição inovadora dos agentes de concepção somente pode ser materializada se houver possibilidade do envolvimento de quatro outros agentes da rede: os geradores de novos materiais, componentes, bens de produção e software.

Os agentes que desenvolvem e produzem materiais contribuem para o rompimento de paradigmas estabelecidos com novos materiais e processos de produção que podem apresentar vantagens de preço ou cujas propriedades podem viabilizar aplicações desejáveis mas inalcançáveis com os materiais até então disponíveis.

Os agentes que desenvolvem e produzem componentes contribuem através da melhoria do seu desempenho, diminuição de custo, aumento e melhoria da funcionalidade e da complexidade dos produtos finais.

Entretanto, são os agentes que atuam na base tecnológica, ou seja, na criação e fornecimento de bens de produção que consolidam e integram o conhecimento tecnológico. Desde o reator capaz de produzir um novo material com características reprodutíveis até um sistema robotizado de produção, é nesses equipamentos e no software a eles associado que se fixa o conhecimento criado e desenvolvido. Portanto, é condição para que o paradigma possa ser estabelecido que o setor de bens de produção seja capaz de produzir as máquinas para a fabricação dos bens finais.

Em decorrência das ações de todos os agentes envolvidos no processo, cresce com o tempo a complexidade das relações de dependência do sistema tecnológico e de negócios como um todo. Uma vez estabelecido o resultado dos processos de competição que ocorrem ao longo do ciclo de vida, esse sistema tende a diminuir sua velocidade de crescimento e mutação, atingindo um estágio de homeostasia que pode ser fatal: os agentes da base tecnológica, que atuam durante o processo de forte mudança decorrente da competição pelo estabelecimento do paradigma, são os que mais cedo perdem sua função, podendo deixar de existir por falta de demanda. O desaparecimento ou enfraquecimento desses agentes limita as possibilidades de participação do sistema em novo ciclo de desenvolvimento.

A inovação, portanto, ocorre e é utilizada desde que haja condições adequadas para isso. Ela decorre do processo contínuo de coevolução dos sistemas dinâmicos complexos, em que cada agente coopera e compete no seu entorno específico. Os ciclos vitais assim estabelecidos são, portanto, fundamentais para a manutenção da organicidade dos sistemas e de sua sobrevivência.

Esse comportamento mostra a importância que tem tido para o processo de globalização a obsolescência programada, o lançamento de gerações de produtos e serviços, a função dos agentes de comercialização e propaganda influenciando sobre as concepções de natureza cultural, preparando o consumidor para aceitar e desejar ciclos de desenvolvimento de novos paradigmas: a necessidade das novidades, das coisas que surpreendem, do descartável.

Resta perguntar sobre as conseqüências desse processo para o ser humano. É claro que os ciclos de desenvolvimento dos paradigmas industriais e de negócios não levam em conta o ser humano enquanto tal. Ele é apenas um fator entre tantos e indesejável, dadas suas complexidade, imprevisibilidade e fragilidade. A automatização pode, em boa parte dos processos, substituir o trabalho humano, gerando o bem conhecido fenômeno de exclusão econômica e social. No limite restam ao ser humano os processos de criação, dos quais somente participa um grupo extremamente reduzido de pessoas.

A consciência da importância e a compreensão dos processos de evolução das redes produtivas e da sua capacidade de inovação é, portanto, um aspecto de fundamental importância no desenho das estratégias de desenvolvimento e enriquecimento social e cultural.

Uma forma de fazer isso é concentrar e especializar competências necessárias para essa finalidade, estabelecendo organizações dedicadas exclusivamente à geração de inovações, à transmissão da memória cultural e à preparação de recursos humanos como, por exemplo, as instituições de pesquisa e desenvolvimento, as escolas e universidades.

IV.4 Instituições de pesquisa e desenvolvimento

São reconhecidos, presentemente, dois tipos de entidades que se especializam na produção de conhecimentos e inovações científicas e tecnológicas: as universidades e os centros ou laboratórios de pesquisa.

As universidades resultaram da necessidade de aumentar a eficiência da transmissão de conhecimentos estruturados que dão condições de sobrevivência e desenvolvimento às sociedades crescentemente complexas. Elas contribuíram para o aumento dos contingentes de indivíduos educados e, ao mesmo tempo, para a geração de novas idéias e potencialização da criatividade. Sua função primordial de formação de recursos humanos em um ambiente otimizado passou a incluir, progressivamente, a utilização desses mesmos recursos para contribuir diretamente para o desenvolvimento do conhecimento demandado pela cadeia produtiva.

Os centros ou laboratórios de pesquisa e desenvolvimento, por sua vez, resultaram da necessidade de focalizar esforços na criação de novos processos, produtos ou paradigmas industriais. Para isso, requerem fortes inversões financeiras justificadas por decisões de natureza política e estratégica feitas por nações ou grupos empresariais estruturados. A criação e operação dessas entidades objetivam o aumento da eficiência e a rapidez com que novas idéias, produtos ou processos são produzidos. Elas beneficiam-se da ação conjugada resultante da integração de idéias e conhecimentos numa dada área do conhecimento, da concentração de capacidade experimental e da estruturação dos processos de criação.

O centro de pesquisas profissionaliza o processo de criação e desenvolvimento de conhecimentos, bens e serviços, buscando interfaces ótimas com os agentes das redes produtivas. Do mesmo modo que as universidades, os centros de pesquisas devem manter a dinâmica de crescimento de suas competências, acompanhando a evolução da demanda de inovações.

Esse processo dinâmico exige constante inversão de recursos e um acoplamento adequado de seus resultados com a cadeia produtiva, a fim de que o crescimento das suas capacidades de competição e produção realmente o processo de criação, tanto pela colocação de novos desafios, como através da manutenção dos investimentos.

IV.4.1 O papel das instituições de P e D no processo de competição entre sistemas tecnológicos

Dependendo do estágio em que se encontra o processo de competição ou do instante em que um dado sistema entra na competição, a configuração ótima das relações entre os agentes e sua estratégia de atuação podem assumir conformações diferentes.

Se dois sistemas se lançam à competição num mesmo instante, o resultado pode ser muito diferente da situação em que haja um atraso de um competidor em relação ao outro. No primeiro caso, a inovação pode ser fundamental para o sucesso; no segundo caso, a aceleração do desenvolvimento de competências para queimar etapas pode ser preponderante.

Nos sistemas com alto grau de desenvolvimento, o processo de formação de paradigmas leva à concentração de capacidades, deixando poucos competidores no cenário. Em se tratando de tecnologias maduras, com paradigmas estabelecidos, fora, portanto, do transitório, a competição poderá estar se processando em regime de ganhos constantes ou decrescentes. Nessas condições, o processo tende a ficar estável, até o

momento em que, por força de inovações associadas a eventos específicos e estratégias adequadas, o equilíbrio possa se romper, estabelecendo-se um novo processo de competição com ganhos crescentes, o que poderá levar a um rearranjo do sistema.

Em todos estes exemplos, pode ocorrer que os agentes das redes produtivas precisem lançar mão de outros agentes capazes de reforçar sua capacidade de inovação, atuando com rapidez e segurança, materializados pelas instituições de pesquisa e desenvolvimento e pelas entidades de ensino.

As instituições de ensino e de pesquisa e desenvolvimento desempenham, portanto, papel importante no processo de competição. Sua mais importante contribuição pode dar-se no transitório de estabelecimento dos paradigmas, potencializando a capacidade de inovação e a disseminação de informações de modo a aumentar a probabilidade de sucesso. Entretanto, a mera existência de contingentes importantes de competências localizadas nessas instituições não assegura a contribuição para o desenvolvimento da capacidade de competição.

IV.4.2 Entidades de pesquisa e desenvolvimento e sua contribuição para a cadeia produtiva

Uma das principais preocupações presentes na análise do desenvolvimento da ciência e da tecnologia é a conexão entre o processo de aquisição do conhecimento e a utilização deste na promoção e aceleração do desenvolvimento econômico. As questões mais importantes referem-se às táticas de criação de competências com excelência, capazes de contribuir para inovações com alto valor agregado e às formas e fatores que propiciam sua utilização para o crescimento sócio-econômico.

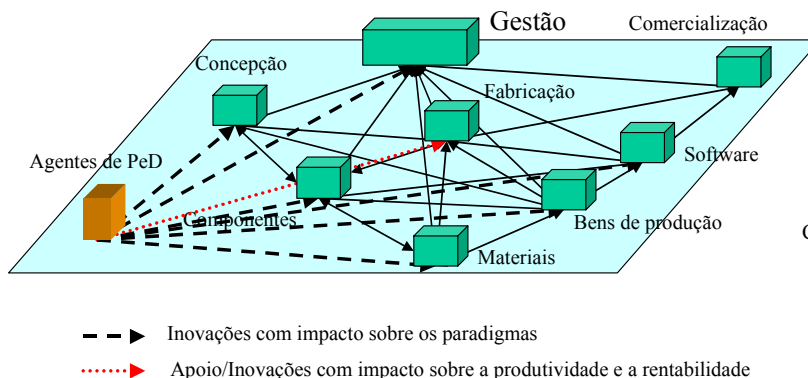


Figura 5
Contribuições dos agentes de P&D para o desenvolvimento das redes produtivas

- ▶ Inovações com impacto sobre os paradigmas
-▶ Apoio/Inovações com impacto sobre a produtividade e a rentabilidade

O sistema formado pela rede produtiva, ao alcançar altos níveis de especialização e ao operar no limite do conhecimento vigente, justifica o investimento nas instituições de pesquisa e desenvolvimento. Ao concretizar esse investimento, busca-se complementar o esforço individual do agente econômico carente de recursos próprios pelo esforço coletivo de financiamento.

O sucesso dessa complementação e da concentração de competências conseguida dessa forma depende da particular conjuntura econômica e do momento histórico em que ocorre. Em condições de contorno favoráveis, essa ação produzirá desenvolvimento de forma acelerada.

No concerto de suas relações com a cadeia produtiva, as entidades dedicadas à execução de trabalhos de pesquisa e desenvolvimento têm duas funções fundamentais, ilustradas na figura 5:

- aumentar o volume de conhecimentos e a velocidade com que são criados e
- memorizar e transmitir esse conhecimento de forma sistematizada.

O impacto das inovações produzidas por essas instituições pode ser de duas naturezas: um sobre o estabelecimento, desenvolvimento e substituição de paradigmas industriais, os quais têm importância para a evolução do sistema como um todo; outro, com impacto sobre a produtividade e a rentabilidade dos agentes dedicados à fabricação em série de bens já estabelecidos.

IV.4.3 Laboratórios estatais e laboratórios privados

Os laboratórios de pesquisa e desenvolvimento são estabelecidos tanto pelo estado como por agentes privados. A motivação de sua criação é diferente em cada caso.

Um laboratório instituído pelo estado corresponde a um investimento da sociedade na potencialização de um dado setor que requer investimentos inacessíveis para as empresas, seja individual ou setorialmente. Como se trata de investimento do grupo social, a propriedade dos resultados e sua utilização são facilitadas aos agentes econômicos de uma forma geral.

Um laboratório privado é criado em função das necessidades de potencialização da produção de inovações focalizadas na linha de atuação da empresa ou setor específico. A propriedade e a aplicação dos resultados normalmente se restringirá aos detentores do laboratório, ao menos durante o período em que eles sejam essenciais para o processo competitivo que motivou sua existência.

São requisitos importantes para o desenvolvimento e a sobrevivência das instituições de pesquisa e desenvolvimento, a busca da excelência em sua área de atuação, reconhecimento dos usuários quanto à sua eficácia e eficiência, financiamento sólido e continuado, acoplamento com o processo econômico vigente e disponibilidade de equipes de alta qualificação e continuamente aperfeiçoadas. O sucesso da atuação dessas entidades para potencializar a capacitação da cadeia produtiva depende, entre outros aspectos, da rapidez de resposta aos problemas propostos e de sua flexibilidade, o que permite que se adapte às mudanças, mantendo sua efetividade.

Laboratórios privados ou governamentais, com forte apoio da indústria aderente ao paradigma vigente, são entidades que estão conectadas ao processo de realimentação positiva de crescimento do paradigma, têm sua função orgânica estabelecida no processo de concentração, são instalados em locais que favoreçam o desenvolvimento da empresa sede e, portanto, têm alta probabilidade de êxito no cenário global.

Laboratórios nacionais ou regionais que se estabeleceram em economias periféricas em relação aos paradigmas vigentes, ou em economias recém-chegadas à industrialização, dependem da implementação de estratégias para a inserção no cenário global. Esses laboratórios disputam recursos com outros setores que geralmente exigem atendimento urgente e demandam grandes somas de capital. No processo de globalização, passam a ter, na maior parte das vezes, o papel de veículo para a instalação de capacidade de inovação em grandes empresas, ao mesmo tempo em que apoiam o setor desconcentrado e descapitalizado das pequenas e médias empresas e, portanto, com menor probabilidade de êxito no cenário global.

Embora atuem em condições adversas, essas instituições são agentes chave para estratégias sólidas de inserção competitiva no mundo globalizado, uma vez que, atuando em cooperação com empresas de base tecnológica, poderão estabelecer as condições para a formação de novos paradigmas e ciclos de ganhos crescentes. Esta situação

desejável, entretanto, somente poderá ocorrer se políticas adequadas de financiamento e de comercialização acompanham as ações de natureza tecnológica.

IV.4.4 Laboratórios de grandes empresas

Nas últimas décadas, com a progressiva concentração da capacidade de criação, ganharam importância os laboratórios privados como elementos da estratégia de desenvolvimento das empresas. Compreender as condições em que esses centros são formados e como as empresas decidem a transferência de suas atividades de PeD para locais externos à sua sede é importante para instrumentar as reflexões sobre as possibilidades de regiões menos desenvolvidas atraírem centros como esses. Kuemmerle¹² realizou um estudo da estratégia para o estabelecimento de laboratórios fora da sede para 32 empresas de várias origens e setores. Identificou duas motivações mais importantes para sua criação:

aumento da base de competências da sede - o laboratório é estabelecido para drenar conhecimento de competidores e universidades ao redor do mundo, criar novos conhecimentos e transferi-los para o centro de PeD da sede.

exploração da base local - o laboratório é estabelecido para suportar suas fábricas localizadas fora da sede ou adaptar produtos para a demanda local; e também para viabilizar a comercialização de conhecimentos, transferindo-os do centro de PeD de origem para suas manufaturas locais e para o mercado.

O processo de instalação desses laboratórios envolve a escolha da localização pela sua excelência científica, assegurando ativa inserção na comunidade científica local, o que implica em que os locais escolhidos já tenham investimentos de infra-estrutura científica e tecnológica historicamente consolidados e reputados e, ao mesmo tempo, um mercado que demande e produza inovações. É notável, no trabalho citado, o fato de que quase a totalidade dos laboratórios fora da sede de grandes empresas se situa no hemisfério norte.

Podemos inferir, portanto, que as condições acima se verificam para um sistema em que os agentes tecnológicos se desenvolvem de forma integrada, como é o caso das economias desenvolvidas. Nas economias de industrialização tardia, os sistemas tecnológicos foram constituídos em épocas de colonização externa. Neste caso, as condições são substancialmente diferentes, e é baixa a probabilidade de que eles consigam atrair investimentos na base tecnológica quando da instalação de unidades fabris fora da sede de grandes empresas.

Um sistema tecnológico de constituição tardia necessita de tempo e investimentos para conseguir atingir o grau adequado de capacidade de competição e deve fazê-lo ao mesmo tempo em que vários paradigmas já se encontram estabelecidos.

V. Posturas e ações para superar as barreiras à inserção no cenário global

A inserção competitiva no cenário global entende-se como sendo o conjunto de ações necessárias para que um agente atue no contexto das relações econômicas que ultrapassam as fronteiras do país ou região onde se encontra sediado.

A necessidade de racionalidade nos processos competitivos é um fator vital para a sobrevivência e auto-sustentação da co-evolução. Os sistemas complexos e dinâmicos podem e devem ser submetidos a regras e procedimentos que permitam a correção de distorções decorrentes da adoção de paradigmas que os levem a condições catastróficas e auto-destrutivas.

Uma estratégia de inserção competitiva, portanto, deve levar em conta vários aspectos que permitam que suas ações estejam sob controle e que os agentes envolvidos tenham condições de executar e manter suas atividades; ou seja, depende de uma ação regulatória adequada exercida pelos agentes responsáveis pela gestão do sistema, sejam eles pertencentes a uma corporação ou a um país, o que se traduz numa política industrial.

Essa ação se materializa na gestão tecnológica do sistema, para encontrar soluções que aumentem a capacidade de produzir inovações, protegê-las e comercializá-las. Essas ações serão tanto mais efetivas, quanto mais sólida e flexível se tornar a rede produtiva. É, também nessa dimensão estratégica que se definem as linhas gerais das ações de pesquisa e desenvolvimento e a dimensão do investimento em seus agentes.

Nos últimos dez anos processou-se uma profunda alteração nos setores industriais das economias de industrialização recente. Observou-se uma concentração muito grande nas empresas produtoras de bens finais de grande volume e um esgarçamento no tecido das redes produtivas. As grandes empresas locais atuam, em sua maior parte, em mercados de produtos no final de seu ciclo de vida e em nichos de mercado de “commodities”. As pequenas e médias empresas com maior mobilidade e configurabilidade que as tornam fundamentais como introdutoras de inovações, tiveram seu número diminuído e foram levadas a atuar em nichos estreitos do mercado de commodities.

A mudança de foco na capacitação para a inovação forçou o investimento na base científica e tecnológica a atrelar-se exclusivamente à estratégia das empresas, a maior parte das quais voltadas para a produção de bens em fim de ciclo de vida tecnológica. A retração do investimento público e a falta de mecanismos adequados para motivar as empresas a introduzir inovações capazes de mudar paradigmas e, portanto, q investir em novas idéias com risco, refletem, em muitos setores sensíveis, num encolhimento do meio acadêmico, com o envelhecimento das equipes, a rarefação de competências e a degradação da infra-estrutura tecnológica.

Não obstante o esforço de integração por parte dos gestores públicos, não diminuiu substancialmente o distanciamento entre os setores acadêmicos e empresarial, o que mostra que as estratégias para o desenvolvimento deve poder contar com um mínimo de coerência de objetivos na estratégia individual dos agentes econômicos para ter sucesso.

V.1 Inserção competitiva de agentes de economias de industrialização recente

O momento atual exige uma reflexão sobre as estratégias possíveis para o desenvolvimento científico e tecnológico e para potencializar sua influência sobre o ritmo

de desenvolvimento sócio-econômico, de modo a superar deficiências dos sistemas de industrialização tardia.

A estratégia adotada durante algumas décadas pelos países de industrialização tardia teve por objetivo assegurar a formação de recursos humanos, com investimentos pontuais em sua capacidade de treinamento avançado e através de estágios de treinamento e de cursos de formação nos países de industrialização estabelecida. O arranjo propiciou o acesso a conhecimentos que, de outra forma, não poderiam ser alcançados e viabilizou o contato com estruturas alternativas de gestão em ambientes de alta densidade de conhecimentos. Por sua vez, os países e instituições que receberam esse pessoal, puderam usufruir da contribuição de indivíduos bem formados e custeados, em geral, integralmente por seus países de origem.

Ao retornar, os especialistas foram absorvidos pelo setor acadêmico e, em menor número, contribuíram para o desenvolvimento industrial. Foram várias as razões para isso, a mais importante sendo o desacoplamento entre as duas bases industriais, com estruturas de emprego distintas e fase de desenvolvimento diferentes.

O fortalecimento da capacidade local de desenvolvimento de pessoal com competências aderentes às necessidades das cadeias produtivas, por outro lado, é um fator importante na criação de sinergias e de oportunidades de inovação.

Outro aspecto da estratégia tem sido a concentração de investimentos nas chamadas áreas da ciência básica, em que se objetiva a criação de idéias que possam viabilizar o rompimento de paradigmas, como ocorreu com a energia nuclear ou a engenharia genética. O aproveitamento desses resultados pelo sistema sócio-econômico, entretanto, depende de uma indústria bem estabelecida e de um sistema tecnológico e científico maduro e adequadamente integrado a ela.

Recentemente, tem-se buscado forçar a conexão entre os agentes técnico-científicos e as empresas nos vários países em que essa conexão é pobre ou ineficiente, condicionando o financiamento à existência de laços entre ambos. O processo ainda está se estabelecendo e requer amadurecimento, cabendo uma análise crítica dos resultados já concretizados ou em fase de concretização.

Entretanto, a inserção das economias emergentes na competição global exige um concerto de ações que modifiquem efetivamente o quadro atual. Devido às características do processo de competição e de integração da cadeia produtiva, essas ações implicam em investimentos na base tecnológica das empresas, especialmente as pequenas e médias, para acelerar o processo local de aprendizagem da ação tecnológica e empresarial competitiva.

Com a finalidade de levantar essas questões e tomando como base os conceitos de sistema tecnológico e de rede produtiva anteriormente analisados, fazemos, a seguir, considerações sobre a gestão do sistema tecnológico e sobre o fortalecimento das instituições de pesquisa e desenvolvimento como uma estratégia para potencializar o processo de desenvolvimento.

O comportamento da economia nos últimos dez anos indica a necessidade de se estabelecer uma política de desenvolvimento capaz de criar condições para o desenvolvimento continuado e progressivo das competências e capacidades locais, imprescindível para viabilizar sua inserção no meio econômico internacional.

V.2 Transição competitiva

Embora a análise das várias opções estratégicas de inserção competitiva no ambiente global esteja fora do alcance destas considerações, as observações de natureza geral feitas a seguir podem auxiliar a avaliação de alternativas diante do contexto.

A transição de uma postura aderente a paradigmas já estabelecidos para uma postura que busca liderar novos paradigmas e sobreviver ao seu envelhecimento deve levar em conta vários aspectos do comportamento dinâmico dos sistemas tecnológicos em competição.

As posturas estratégicas aderentes aos paradigmas vigentes, baseiam-se em análises de mercados vigentes de produtos maduros, no fim de seu ciclo de vida e em projeções de fluxo de retorno de curto prazo, visando a remuneração do capital investido em níveis equivalentes aos do mercado financeiro. Esta postura costumeiramente leva à focalização na produção de commodities estabelecidas no mercado, envolvendo baixo risco e, principalmente, previsibilidade dos resultados.

Nas economias de industrialização tardia, esta postura leva a uma estratégia de substituição pura e simples de importações, com o estabelecimento de capacidade de produção de partes e componentes através da importação de bens de capital e do licenciamento de tecnologias e processos estáveis, que não produzem contribuições competitivas. Estas ações são acompanhadas de providências regulamentadoras da propriedade intelectual e industrial, de barreiras alfandegárias, normativas e outras.

Um raciocínio que se encontra no fundo desta postura é de que, exercitando a base tecnológica de empresas e recursos humanos nesses processos transferidos de empresas competitivas no mercado internacional, opta-se por um atalho que acelera o fortalecimento da capacidade de competir. Contudo, embora possa contribuir para o enriquecimento da base de conhecimentos da cultura local, essas ações estão focalizadas nos processos finais do ciclo de vida e só excepcionalmente o cobrem de forma completa. Nessas condições, os ciclos de mudança de produto para produto realizados pelas empresas e sistemas locais na busca contínua pela participação nos paradigmas globais que evoluem à sua revelia, não produzem o aprendizado necessário para a inserção competitiva.

De fato, é preciso promover os processos de aprendizado necessários para uma estrutura saudável e pró-ativa, assim como é preciso escolher o objeto desse aprendizado, sob pena de reforçar posturas caudatárias, conservadoras e não competitivas.

As posturas estratégicas que objetivam o rompimento com os paradigmas vigentes, com participação nos ciclos de desenvolvimento com retornos crescentes, demandam uma visão da contínua mudança produzida pelos processos de co-evolução.

Essa visão exige, antes de mais nada, assumir posições de risco e a transição de postura deve se dar com base nos resultados obtidos e através da reserva de investimentos especificamente para esse fim. Implica, também, em participar da aceleração dos ciclos de vida dos paradigmas, conscientizando-se da necessidade de criar estruturas com flexibilidade tal que possam aproveitar as especialidades de forma construtiva e associativa, em contraposição à otimização da eficiência local e da imobilização promovida pela especialização.

Ao realizar ações visando a inserção competitiva, é necessário buscar a estruturação de sistemas crescentemente complexos, capazes de suprir e consumir os

bens necessários para a sustentação dos ciclos de vida dos produtos e tecnologias associadas e, se possível, expandir para além dos mercados locais. Nestas condições é possível produzir vínculos de realimentação entre os nós das redes produtivas, promovendo os processos de competição e a cooperação necessários para manter o sistema vivo.

Atitudes que privilegiem a evolução e o aprendizado, a prospecção de cenários futuros, a conectividade, o balanço adequado da competição e da cooperação, o estabelecimento de regras que permitam controlar situações explosivas são condições favoráveis para o sucesso da inserção competitiva.

É importante notar que, embora uma empresa ou entidade possa ter sucesso na busca individual desses resultados, é o sistema no qual ela está mergulhada que irá viabilizar a manutenção do seu processo vital.

Estudo recente¹³ do comportamento da indústria de vídeo-games domésticos nos EUA mostra a ocorrência de seis gerações tecnológicas nos consoles e produtos complementares. Os autores observam que a introdução de inovações tecnológicas, adequada temporização da entrada no mercado, proteção da propriedade intelectual e industrial, precificação competitiva, consolidação de marca, entre outros fatores tiveram importância na definição das lideranças nas várias transições. Este estudo mostra um importante exemplo de emergência de padrões de indústria como decorrência do processo de estabelecimento dos paradigmas.

V.3 Ciclo de evolução dos paradigmas

O ciclo de evolução de um paradigma pode ser decomposto, de forma simplificada, nas seguintes fases:

Fase 1: Competição entre os atores

Fase 2: Estabelecimento do paradigma (resultado imprevisível)

Fase 3: Estabilização do vencedor e do mercado

Fase 4: Crescimento vegetativo: commodity

No curso do desenvolvimento dessas fases, pode-se ressaltar algumas ações importantes que potencialmente darão vantagens comparativas ao agente da competição.

A contínua evolução dos paradigmas não assegura que, tendo estabelecido uma posição competitiva ou mesmo de domínio total do mercado, uma empresa ou conglomerado possa manter-se indefinidamente nessa posição. Portanto, é essencial o fortalecimento da base de conhecimentos, seja na grande empresa, seja nas pequenas e médias, sua proteção e estratégias para conservá-la. Esse fortalecimento pode lançar mão das entidades de pesquisa e desenvolvimento, como forma de suplementar os recursos de que dispõem.

A busca de investimentos de risco necessários para financiar as transições de tecnologia pode ser facilitada através da conquista da confiança de parceiros, da demonstração de excelência, da flexibilidade, resposta rápida e uma visão sólida das potencialidades do negócio.

A integração dos agentes através de redes de parceiros e fornecedores, buscando sinergias para alcançar os resultados de interesse comum, pode potencializar os processos de transição competitiva, sendo estrategicamente importantes os

investimentos feitos nos segmentos que agregam maior valor, como é o caso dos agentes produtores de componentes e de bens de produção.

V.4 Ações tecnológicas que fortalecem a indústria no processo de competição.

Ao desenhar a estratégia de transição para um novo paradigma tecnológico há que levar em conta a natureza do conhecimento tecnológico requerido e sua dependência da memória cultural acumulada pelo sistema. O conceito de tecnologia-chave² explicita o conjunto de conhecimentos de saber-fazer que é essencial para o novo paradigma e seu desenvolvimento.

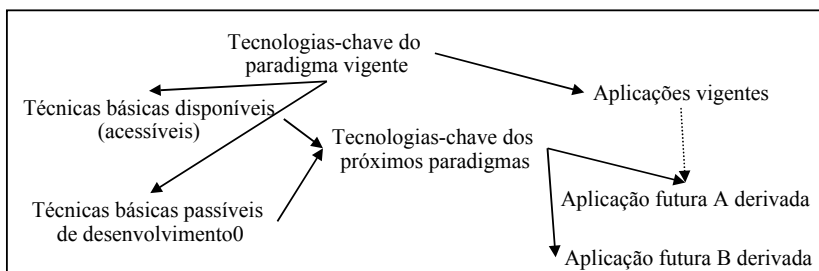


Figura 6
Conexões na evolução das tecnologias-chave.

Um conjunto de tecnologias-chave desenvolve-se durante o processo de estabelecimento de um paradigma e evolui a partir de tecnologias disponíveis anteriormente. A escolha de tecnologia na qual investir depende de uma análise de pertinência, oportunidades e do “insight” de sinergias potenciais.

As tecnologias-chave de um paradigma são necessariamente diferentes das de um novo. A evolução de uma conjunto para outro pode ser representada na figura 6. O aprendizado realizado como durante a evolução de um paradigma gera técnicas básicas e aplicações que estabelecem uma base de conhecimento que se difunde pelos agentes. Esses conhecimentos são aproveitados como base para o desenvolvimento de novas técnicas que serão usadas em processos inovadores e para a concretização da base tecnológica do paradigma em formação.

V.5 Gestão da tecnologia

Em decorrência da complexidade dos sistemas tecnológicos, as ações de gestão a serem adotadas para que o sistema tecnológico tenha efeito sobre o desenvolvimento sócio-econômico são também complexas.

Entende-se por gestão da tecnologia o conjunto de métodos que levam à decisão sobre qual a melhor estratégia e quais as ações a concretizar numa dada situação de inserção competitiva.

Espera-se, como resultado da prática da gestão tecnológica, diminuir o número de insucessos, aumentar a capacidade de previsão de oportunidades e das janelas de tempo em que elas estão disponíveis, minimizar os custos de desenvolvimento, diminuir

² A definição dos conceitos de tecnologia-chave e “core technology” dependem da estrutura metodológica adotada. Neste texto, utilizamos a propriedade de essencialidade da tecnologia para a obtenção dos resultados desejados como dominante na sua definição.

os riscos envolvidos no processo de introdução de inovações e planejar ciclos de desenvolvimento.

Vários conjuntos de métodos e ferramentas têm sido usados com a finalidade de tornar viável a gestão da tecnologia nas empresas e nos sistemas tecnológicos de redes produtivas e não se pretende introduzir uma análise exaustiva destas reflexões.

As pesquisas e análises de mercado são uma ferramenta importante para caracterizar o mercado vigente, fornecendo uma fotografia dos paradigmas estabelecidos e informações sobre as tendências de sua evolução. Se complementadas com pesquisa de expectativa dos agentes usuários do universo de produtos em foco, poderá fornecer dados sobre alternativas e evolução dos paradigmas vigentes. Estas informações são importantes para o planejamento da estratégia, mas não necessariamente permitem uma visualização de rupturas em relação à situação vigente.

A prospecção tecnológica, praticada em vários países, com uma experiência recentemente realizada no Brasil pelo Ministério da Ciência e Tecnologia através do Projeto PROSPECTAR, é um exercício de visão estruturada de soluções tecnológicas ou produtos que poderão existir no futuro. Ela é realizada através de um conjunto de propostas feitas por um segmento escolhido do universo de especialistas nos vários temas, submetidas a um processo de refinamento baseado, por exemplo, na metodologia Delphi. Esse processo produz vários efeitos importantes, entre eles: o estabelecimento de um fórum de discussão de inovações de interesse sócio-econômico, a instrumentação de políticas de desenvolvimento, a instigação de novas idéias e a disseminação dessa informação.

Os métodos, de vários níveis de complexidade, disponíveis para a negociação e a estruturação de projetos são peça fundamental na gestão da tecnologia, pois eles são as ferramentas que permitem escolher os parceiros a engajar no processo de desenvolvimento, dimensionar os esforços, otimizar investimentos, gerenciar a propriedade intelectual e definir as características dos resultados a conseguir. A figura 7

Proposição	Negociação	Articulação	Detalhamento	Concretização
Prospecção Suporte Disseminação Permeabilidade	Negociação e articulação com o parceiro	Comissão de Articulação interna	Plano de trabalho	Execução e controle Correto por construção
		Análise de custos recursos fornecedores	Especificações objetos processos	Sistema de Acompanhamento Registro das Informações Gerenciais Tecnológicas
Proposta	Análise da propriedade intelectual	Pertinência Inovação Competitividade Oportunidade Risco Disparo de evolução	Simulação e Validação do do processo	Evolução das competências Tecnologias-chave
	Direitos e obrigações			Qualidade
Manutenção de esforço cooperativo Auto-organização Integração dos objetos e seus processos Foco no aprendizado da instituição e seus agentes		Grau de detalhamento apropriado Consistência, flexibilidade, variabilidade Re-utilização de resultados Co-evolução (parcerias, conexões, acesso)		

Figura 7
Exemplo de processo de estruturação de projetos.

Processo CenPRA - Brasil

mostra um processo de seleção e otimização de projetos que visa a escolha dos projetos mais adequados à missão da entidade, aumentar sua probabilidade de êxito, assegurar sua economicidade, integrar competências e promover o desenvolvimento das tecnologias-chave envolvidas. Um processo como esse passa por ciclos de aprendizado e validação, de tal forma que suas ferramentas e mecanismos vão sendo agregados e exercitados ao mesmo tempo que a cultura da entidade evolui.

Outras ferramentas fundamentais para o controle do acesso ao mercado e para a proteção de posições competitivas alcançadas são estratégias e métodos para estabelecer normas e padrões e escolher a correta temporização de agregação de inovações aos produtos ou serviços.

A gestão da proteção da propriedade intelectual tem as mesmas características de proteção e criação de condições favoráveis para o aproveitamento futuro de janelas de oportunidade.

A priorização de políticas públicas ou privadas locais e regionais, que potencializem soluções ao alcance do sistema vigente e que propiciem a ocorrência de laços de realimentação para acelerar o crescimento das competências, pode ter importância na definição de mercados futuros.

Nas tecnologias intensivas em processos industriais, a estruturação eficiente da base tecnológica, estabelecendo parcerias com entidades de PeD, estabilizando competências e reforçando sua capacidade de ação e gestão de modo a torná-la flexível e rápida, são fatores importantes na gestão do ciclo de vida de produtos e tecnologias inovadoras.

Estas são algumas das condições que se podem derivar das reflexões expostas nas seções anteriores, mas que não pretendem ser uma receita genérica, em virtude da variedade e complexidade das interações entre os sistemas.

V.6 Adequação e fortalecimento da atuação das instituições de P&D.

Como parte do sistema tecnológico que busca a inserção competitiva no mundo globalizado, as Instituições de Ciência e Tecnologia terão maior potencial de sucesso se definirem suas missões de modo a contemplar o atendimento das demandas tecnológicas de seus usuários no curto e no longo prazo.

Quando as instituições de P&D devem contemplar o atendimento à demanda de curto prazo, numa conjuntura cambiante, as instituições de P&D devem ter capacidade de operar com alta flexibilidade, de modo a adaptar-se a essa constante mutação.

Um aspecto importante dessa flexibilidade é a capacidade de atender à demanda de inovação nas condições em que a cadeia produtiva necessita, particularmente as empresas emergentes. Devem buscar rapidez de resposta de forma a viabilizar o aproveitamento de janelas de oportunidade.

Objetivando estabelecer a confiança dos usuários em sua capacidade de atendimento, seus recursos e competências devem ser aprimorados com base em um sistema de qualidade assegurada rigoroso e voltado para as finalidades da estratégia; portanto, esse sistema de qualidade, embora possa utilizar indicadores do “establishment”, deverá ter seus parâmetros próprios e evolutivos de modo a permitir a alteração de paradigmas que estejam inibindo o crescimento local.

A maior riqueza das instituições de PeD são as equipes, cuja estabilização e fortalecimento é essencial para consolidar a capacidade de inovação. Assim, uma estratégia dirigida para a participação no mercado global, requer o aporte de recursos que assegurem a estabilização e fortalecimento das equipes, otimização das carreiras técnica, científica e de gestão. Associado a esse esforço de consolidação de competências, é também importante a abertura para a cooperação local e internacional de forma estruturada, bem como o estabelecimento de políticas bem definidas para a participação dessas instituições, no esforço de crescimento industrial e na propriedade intelectual de seus resultados. A abertura para a intensa cooperação internacional em

bases realistas, não caudatárias, é parte de uma estratégia de manutenção do fluxo de informações sobre técnicas e conhecimentos.

V.7 Algumas considerações sobre ações estratégicas que visam o desenvolvimento

A partir das considerações feitas nas seções anteriores, é importante focalizar as ações que visam proporcionar o crescimento do sistema sócio-econômico de tal forma que realimentem positivamente o processo dinâmico de desenvolvimento dinâmico do sistema tecnológico aumentando a probabilidade de que ele adote uma solução de crescimento auto-sustentado.

Podemos identificar, para a conjuntura atual, as seguintes ações possíveis que podem compor uma paleta de opções para a gestão do sistema tecnológico:

- Compreender os mecanismos de competição e de formação de paradigmas
- Criar condições para a recuperação das redes produtivas industriais e de serviços
- Criar condições para a recuperação da infra-estrutura de geração e consolidação de conhecimentos (de pesquisa, desenvolvimento e ensino)
- Criar condições econômico-financeiras favoráveis para o estabelecimento de conexões entre os agentes
- Desenvolver mecanismos que promovam a criação de inovações: posturas do empresário e do investidor
- Assegurar a proteção das posições conquistadas e dos processos que possam criar vantagens comparativas em relação ao paradigma vigente

As contribuições tecnológicas que efetivamente podem alterar um paradigma estabelecido derivam da capacidade de criar bens de produção, materiais e componentes. Daí a importância de priorizar ações que fortaleçam e dêem oportunidade para o desenvolvimento dos agentes em que se obtenham resultados de maior valor agregado, como os agentes que atuam em concepção, software, componentes especiais diferenciados e bens de produção.

A capacidade de criar e produzir bens de produção é muito importante no transiente de competição, pois viabiliza o estabelecimento de condições de ganhos crescentes e constitui-se em vantagem comparativa de grande valor nas condições de regime de um paradigma estabelecido.

A ação em segmentos que exigem menor risco para o capital, como a concepção e comercialização, desenvolvem-se com maior facilidade, mas não asseguram o desenvolvimento dos outros agentes.

Mecanismos e providências que contribuam para o fortalecimento das redes produtivas são, portanto, muito importantes para o sucesso de uma estratégia de inserção competitiva no mundo globalizado. São exemplos de medidas eficazes para favorecer o enriquecimento cultural através da recomposição de redes produtivas empobrecidas ou fragmentadas: o acesso ao financiamento de risco e para a produção, medidas fiscais e de várias naturezas inclusive de proteção das empresas, particularmente nas fases iniciais do desenvolvimento das redes, criando vantagens comparativas que assegurem sua sobrevivência, o fortalecimento das instituições de pesquisa e desenvolvimento e a facilitação do acesso das empresas à tecnologia,.

A potencialização das empresas emergentes nos sistemas sócio-econômicos de industrialização tardia é fundamental na transição para a atuação global. São essas

empresas os potenciais núcleos a partir dos quais se poderá estabelecer processos de mudança de paradigmas.

Um aspecto a ser considerado, é a conveniência de que essas empresas possam constituir aglomerados coerentes com as empresas de maior porte - seus clientes – desde que esses aglomerados sejam estruturados de forma a lançar as bases de uma cadeia produtiva que atue com eficiência e possa produzir condições de realimentação positiva que dispare o processo de crescimento.

As pequenas e médias empresas dos países de industrialização tardia apresentam um conjunto de fragilidades que podem ser compensadas pela atuação das instituições de pesquisa e desenvolvimento. Entre as mais importantes, podemos mencionar: a necessidade de suporte para soluções completas de engenharia para seus produtos, cobrindo todo o ciclo de vida dos mesmos; necessidade de apoio nas questões de propriedade intelectual, tanto para evitar investimentos inúteis em soluções já existentes, como para assegurar a propriedade de suas inovações; necessidade de apoio para a qualificação de seus processos e produtos; acesso a componentes no estado da arte em pequenas quantidades, compatíveis com as dimensões dos nichos de mercado em que tendem a atuar; dificuldade de acesso ao apoio para o desenvolvimento de novos produtos a custos baixos; dificuldade de acesso a capital de risco.

Nas condições conjunturais vigentes, a maior parte dos países tem dado grande atenção à atração de capitais, preferencialmente se associados à instalação de indústrias, de forma a torná-las imediatamente produtivas e buscando inseri-los na cultura e economias locais. Os principais mecanismos de atração têm sido o oferecimento de vantagens fiscais e financeiras, o acesso a mercados de dimensões adequadas, a disponibilidade de infra-estrutura e competências locais e infra-estrutura de pesquisa e desenvolvimento.

Na balança de decisão para esse tipo de investimento pesam mais as condições financeiras de curto prazo do que as de crescimento tecnológico local, de modo que as ações estratégicas realizadas nessa direção não são suficientes por si sós. Entretanto, as operações dessas empresas geram volume de negócios e podem complementar ações específicas de enriquecimento da cadeia produtiva que venham a ser levadas a efeito pela gestão do sistema tecnológico local.

A proteção das posições adquiridas no processo de inserção competitiva é um aspecto de grande importância para assegurar sua continuidade e eventual sucesso, principalmente nos momentos de maior fragilidade do esforço de recuperação das estruturas de inovação e produtivas. A competição no mercado global depende do fortalecimento das ações no mercado local e do enriquecimento das capacidades e competências dos agentes.

A contribuição das entidades de PeD para o crescimento da capacidade de competição do sistema de industrialização tardia povoado pela migração de empresas que atuam na produção de produtos amadurecidos, (ou seja, na fase de regime do paradigma), se dá nos aspectos operacionais da produção desses bens. Essa contribuição torna-se desprezível se essa capacidade de produção for instalada com sistemas de alto grau de automatização, pois o “saber fazer” está embutido nos bens de produção.

VI. Perspectivas

À guisa de conclusão, se se pode falar em concluir algo quando estamos frente a frente com sistemas que se transformam dinamicamente, podemos tentar olhar o futuro e citar alguns exemplos de oportunidades, observando propostas de soluções tecnológicas e inferindo sua probabilidade de sucesso.

São visíveis, no início do século XXI algumas tendências na evolução das tecnologias e dos sistemas tecnológicos:

- Celularização dos sistemas: portabilidade, autonomia, configurabilidade e personalização do uso;
- Crescente integração de atividades: redes cooperativas, acesso à informação;
- Convergência de tecnologias;
- Concentração da capacidade industrial;
- Ocorrência de oportunidades em nichos de alta tecnologia demandados tanto no cenário nacional como internacional.

Essas tendências mostram possíveis oportunidades para ações concertadas entre os agentes das redes produtivas e as instituições de pesquisa e desenvolvimento visando a inserção competitiva em futuros paradigmas.

Consideremos alguns exemplos de oportunidades decorrentes da evolução de algumas tecnologias no futuro próximo.

Os mostradores da informação são elementos fundamentais para as interfaces visuais homem/máquina. Os paradigmas estabelecidos são o tubo de raios catódicos e os dispositivos de cristal líquido. A evolução de um para o outro paradigma significou a diminuição do volume ocupado pelo mostrador, conferindo-lhe novas propriedades como a portabilidade e baixo consumo, viabilizando a celularização dos sistemas. O dispositivo de cristal líquido constitui uma das possíveis soluções tecnológicas para a produção de mostradores planos da informação. Várias outras soluções alternativas competem para resolver deficiências apresentadas pelos mostradores de cristal líquido de grande área, como, por exemplo, as limitações do ângulo de visada, de brilho, contraste, entre outras. Estas são inerentes à tecnologia, podendo-se antecipar que outras soluções poderão constituir oportunidades para a inserção competitiva de recém chegados ao setor. O mercado é apreciável, da ordem de dezenas de bilhões de dólares, sendo cerca de 90% desse valor para mostradores de grande área e 10% de pequena área. O mercado apresenta, também, nichos para dispositivos de vários níveis de complexidade tecnológica, inclusive possibilitando o envolvimento de pequenas e médias empresas.

Outro exemplo de resposta produzida pela tendência à celularização ocorre na produção de energia elétrica. As várias soluções tecnológicas para sistemas autônomos incluem a conversão químico-eleto-mecânica, utilizando motores a explosão e a conversão químico-elétrica utilizando células de combustível (fuel cells). Estas últimas podem ser construídas utilizando técnicas já consolidadas em várias tecnologias básicas, inclusive as desenvolvidas para os dispositivos microeletrônicos, vislumbrando um mercado considerável e amplo espaço para o desenvolvimento evolutivo.

Várias outras oportunidades ocorrem nas telecomunicações, tanto em tecnologias duras como, principalmente, no desenvolvimento de software para interconexão e tratamento de dados, multimídia e outros.

A convergência de tecnologias e as sinergias entre as tecnologias-chave criam oportunidades para o desenvolvimento de soluções competitivas para bens de produção,

tanto nas vertentes da automação industrial como nas empresas dos paradigmas em evolução.

A tendência à celularização oferece oportunidades de mudança de paradigma nas soluções para problemas derivados da biologia e medicina, do controle do meio-ambiente, indústria pesada e indústria de extração, a partir de soluções inovadoras decorrentes do acervo de conhecimentos acumulados nas tecnologias de tratamento de dados, comunicações, desenvolvimento e produção de novos materiais, robótica, entre outras.

Outras trajetórias se iniciaram nos últimos anos e, embora não se possa prever sua probabilidade de sucesso, como futuros paradigmas de importância econômica, são alternativas interessantes.

Os objetos da nanotecnologia, por exemplo, área ainda em processo de definição, poderão constituir solução para cumprir vários requisitos de produtos ainda não disponíveis, tanto na área médica e da saúde, como na produção de novos materiais, análise química e no processamento da informação.

A bio-eletrônica molecular, por exemplo, com desenvolvimento projetado num horizonte de cinco a quinze anos, representa a convergência da física molecular, da química e da biotecnologia e, portanto, apoia-se na base de conhecimentos e na indústria gerada por paradigmas anteriores. Desenvolvidos os conhecimentos básicos e superados problemas tecnológicos de demonstrações produzidas nos últimos anos (microcircuitos moleculares, memória tridimensional molecular, processadores associativos, câmara holográfica utilizando proteínas, sensores biológicos e orgânicos) esse filo de inovações poderá representar rupturas importantes em relação aos anteriores, possibilitando novas formas de produção (auto-construção e auto-organização), nova concepção das aplicações, mudanças drásticas nas dimensões e complexidade (de 10^8 a 10^{12} bits).

VII. Referências

- ¹ J.D. Davidson, W. Rees-Moog, “The sovereign individual – how to survive and thrive during the collapse of the welfare state”, Simon and Shuster Editores, 1997.
- ² “75 years of management ideas and practice” – A supplement to the Harvard Business Review – Set. – Out. 1997.
- ³ M. Mitchell Waldrop, “Complexity, the emerging science at the edge of order and chaos”, Simo & Schuster, 1992.
- ⁴ Steven H. Strogatz, “Nonlinear Dynamics and Chaos”, Addison Wesley, Nov 1994.
- ⁵ W. Brian Arthur, “Positive Feedbacks in the Economy”, Scientific American, Vol 262, No. 2, págs. 80-85; Fev. 1990.
- ⁶ W. Brian Arthur, “Competing Technologies, increasing returns and lock-in by historical events”, The Economical Journal, Vol 99, No. 394, págs. 116-131; Mar 1989.
- ⁷ W. Brian Arthur, “Increasing returns and the new world of business”, Harvard Business Review, Vol. 74, No. 4, págs. 100-109, reprint 96401, Jul-Ago 1997.
- ⁸ W. Brian Arthur, S. N. Durlauf, David A. Lane, “The Economy as an Evolving Complex System II”, Santa Fe Institute Studies in the science of complexity, Addison Wesley, 1997.
- ⁹ Lester C. Thurow, “Needed: A new system of intellectual property rights”, Harvard Business Review, Vol. 75 No. 5, págs. 95 – 103, Set. – Out. 1997.
- ¹⁰ Kathleen M. Eisenhardt e D. Charles Galunic, “Coevolving: at last, a way to make synergies work”, Harvard Business Review, 91,101, jan-fev, 2000.
- ¹¹ Stefan Thomke, “Enlightened experimentation: the new imperative for innovation”, Harvard Business Review, 66,75, fevereiro, 2001.
- ¹² W. Kuemerle, “Building effective R&D capabilities abroad”, Harvard Business Review, Vol. 74, No. 2, págs. 61-70, Mar-Abr 1997.
- ¹³ Scott Gallagher, Seung Ho Park “Innovation and Competition in Standard-Based Industries: a historical analysis of the U.S. home video game market”, IEEE Transactions on Engineering Management, Vol. 49, No. 1, February 2002.