

1 – Introdução

Este trabalho investiga as relações entre ciência e tecnologia partindo do pressuposto de que estas contribuem de forma decisiva para o desenvolvimento econômico. Neste sentido, as relações entre ciência, tecnologia e economia podem ser apreendidas a partir da visão de SCHUMPETER (1988), na qual as inovações tecnológicas assumem o centro da dinâmica capitalista e o desenvolvimento econômico surge da introdução destas inovações. O desenvolvimento deve, então, ser visto como um processo de evolução, em conformidade com o conceito de “destruição criadora” introduzido por SCHUMPETER (1961).

Não obstante o papel transformador atribuído à tecnologia na obra de Schumpeter, muitos economistas, em especial os neo-schumpeterianos, vêm apresentando argumentos e fatos em defesa também do progresso científico na esfera econômica e dentro do processo de desenvolvimento. Assim, não só a ciência, que gera o conhecimento, é vista como fundamental para o progresso tecnológico, como recebe contribuições deste (ROSENBERG, 1990), devendo ser considerada ao mesmo tempo líder e seguidora (NELSON e ROSENBERG, 1993) no processo de desenvolvimento. Por outro lado, as contribuições da ciência para a economia, em geral, vão além de seus impactos sobre a tecnologia, como pode ser percebido em PAVITT (1994), resultando mesmo em maiores níveis de produtividade pela ampliação do conhecimento.

Desta forma, ciência e tecnologia tornam-se cruciais para a implementação e avaliação do desenvolvimento das nações. Do ponto de vista dos resultados econômicos, são muitos os exemplos em que medidas para fomentar o progresso científico e tecnológico, dentro do conceito de sistema de inovação, constituíram a base de processos de *catching up* e *forging ahead*, sendo que Coréia do Sul e Taiwan, Alemanha e Japão, são exemplos destes processos, respectivamente.

Do ponto de vista do desenvolvimento humano, ciência e tecnológica são poderosos meios para que os indivíduos possam levar uma vida longa, saudável e participativa. (UNDP, 2001) Nesta perspectiva, a própria capacidade que os indivíduos alcançam de acessar e utilizar as novas tecnologias pode ser tomada como medida do desenvolvimento humano, enquanto os países podem ser avaliados pelas condições que possuem de criar e difundir novas tecnologias e de construir capacidades humanas.

Em outra direção, tomando a ciência como variável chave, como pré-condição para o desenvolvimento e processos de *catching up*, a análise da relação entre ciência e tecnologia ao longo do tempo revela padrões de interação entre estas dimensões, demonstrando a importância de uma abordagem dinâmica e ajudando na compreensão do significado dos *feedbacks* positivos entre as bases científica e tecnológica, constituindo também uma possível fonte de informações para a orientação de políticas públicas.

Este trabalho possui cinco seções. Na segunda seção, com base na literatura neo-schumpeteriana, é discutida a importância da ciência e tecnológica, bem como o papel das instituições, dentro do desenvolvimento dos países, buscando elementos teóricos que orientem e apoiem a análise das seções seguintes.

A terceira seção faz uma classificação dos países dentro de Regimes de interação entre ciência e tecnologia, por meio de uma análise de *cluster* utilizando dados de artigos científicos e patentes garantidas para o ano de 1998.

Na quarta seção, os resultados anteriores são utilizados para orientar teste econométricos sobre a validade de limiares de produção científica, indicando uma mudança qualitativa na eficiência da produção tecnológica.

A quinta seção conclui o trabalho.

2 – Sistemas de Inovação e interação entre ciência e tecnologia

Este trabalho é conduzido sob a premissa de que a economia moderna é, cada vez mais, influenciada pelos avanços no conhecimento e nas tecnologias. Reserva-se neste capítulo a tarefa de lançar os alicerces onde os argumentos subsequentes são construídos.

2.1 – Evidências da crescente importância da tecnologia para a economia

Algumas simples observações devem ser capazes de mostrar a importância que pontos como a tecnologia e o conhecimento vêm assumindo na explicação dos fenômenos econômicos, sobretudo do crescimento, após a Segunda Guerra Mundial. Inicialmente, deve-se considerar os resultados do modelo de crescimento apresentado por SOLOW (1956-57), que atribui 82,5% do crescimento do produto *per capita* ao “progresso tecnológico” e apenas 12,5% ao aumento no uso do capital. Trata-se, neste caso, de reconhecer o avanço na tecnologia como uma das fontes do crescimento dentro do arcabouço neoclássico, marcado pelo paradigma do equilíbrio.

Bem antes de Solow, contudo, SCHUMPETER (1988)¹ já identificava o surgimento de novas combinações, num sentido mais abrangente que apenas o progresso tecnológico, como a principal fonte, não só do crescimento, mas do desenvolvimento econômico, marcado pelo desequilíbrio.

Em anos mais recentes, NELSON (1998) faz referência a um certo *boom* nos modelos assim chamados de *crescimento endógeno* (AGIHON & HOWITT, 1998 abordam estas “novas teorias do crescimento”), os quais tratam não apenas o progresso tecnológico como uma variável endógena, mas também elementos como o capital humano, o qual relaciona-se mais fortemente com os avanços no conhecimento.

Seguindo a tradição schumpeteriana, os modelos evolucionistas tratam do crescimento fora do paradigma do equilíbrio geral tomando novamente o progresso científico e tecnológico como seus motores.

Desta forma, temas relevantes como crescimento e desenvolvimento vêm recebendo contribuições tanto da teoria apreciativa quanto da formalizada (NELSON, 1998), as quais apontam para o peso do progresso técnico e científico para estes fenômenos, em especial quando se tenta explicar casos como o rápido crescimento da economia japonesa após a segunda guerra mundial ou da Coreia do Sul e Taiwan, nas três últimas décadas.

2.2 – Sistema de Inovação e Capacitação Social como conceitos chave

Para investigar as interações entre ciência e tecnologia, este trabalho faz uso de um conceito abrangente, de certo mais relacionado a evidências empíricas e às teorias apreciativas, qual seja o de Sistema de Inovação. (FREEMAN, 1988; NELSON, 1993) Este conceito deve ser compreendido como um conjunto de fatores articulados, capazes de promover o desenvolvimento, em um sentido schumpeteriano, pela criação, ampliação e sustentação de um ambiente inovativo, de onde as novas combinações emergem das condições preexistentes, resultando na transformação do próprio sistema. Isto denota um processo histórico, não reproduzível, seja no tempo ou no espaço, e de resultados, em geral, imprevisíveis, onde instituições, mercados, consumidores, firmas, governo etc. são os atores e as interações entre eles definem a dinâmica do sistema.

De forma semelhante, ABRAMOVITZ (1989) utiliza o termo “capacitação social” para designar os elementos sociais que qualificam, ampliam e limitam o potencial dos países mais

¹ A primeira edição da Teoria do Desenvolvimento Econômico de Schumpeter na língua inglesa data de 1934. A primeira edição em alemão data de 1911.

atrasados de alcançar os níveis de produtividade verificados nos países líderes. Assim, o conteúdo educacional, as características industriais, comerciais e a organização financeira, bem como a capacidade de adaptação deste arranjo institucional, são alguns dos principais elementos determinantes da capacitação social dos países. Em particular, esta última noção de adaptabilidade aponta para uma interação entre a capacitação social e a existência de oportunidades tecnológicas, o que poderá determinar o potencial do país tecnologicamente atrasado em alcançar os líderes. Mais ainda, se esta capacitação social é considerada endógena, então um país “seguidor” pode tanto ultrapassar o líder, com menor potencial de adaptação, quanto falhar em seu processo de *catching up*, pelas mesmas razões.

Um dos pontos fundamentais da abordagem de Abramovitz é que nela, o potencial de rápido crescimento dos países atrasados esta condicionado à suas capacitações sociais. Desta forma, deve-se considerar que tal potencial de crescimento é alto quando o país é tecnologicamente atrasado, porém, será maior ainda quando, além de tecnologicamente atrasado, o país for socialmente avançado. É preciso, por fim, ter em conta que tal combinação de atraso tecnológico e capacitação social que define o potencial de avanço da produtividade é, principalmente, algo a ser alcançado no longo prazo.

Uma rápida comparação entre estes dois conceitos, Sistema de Inovação e Capacitação Social, demonstra que o primeiro está mais conectado a um ambiente inovativo, sustentando a idéia de que as inovações são a chave do desenvolvimento tecnológico, enquanto o segundo evidencia mais os condicionantes sociais para a realização do *catching up*. Contudo, em uma perspectiva evolucionista, deve-se considerar a complexidade que envolve tais conceitos, tanto em relação à imprevisibilidade dos caminhos que o sistema pode seguir e os resultados alcançados, quanto às possibilidades de uma síntese de seu comportamento e dos muitos elementos envolvidos.

2.2.1 – Incerteza e “Destruição Criadora”

Ao longo do processo inovativo, as firmas enfrentam dois momentos distintos em relação à incerteza. O primeiro momento é quando da condução das atividades de pesquisa, cujos resultados futuros são altamente incertos. Neste sentido, não é possível prever mesmo se haverá algum resultado em termos de produto ou de processo. No segundo momento, caso um novo produto, serviço ou processo esteja definido, pronto para ir ao mercado, não há garantias prévias de que este o “aprovará”, nem a curto nem a longo prazo, podendo resultar em perdas para a firma, em função do investimento realizado (ver ROSENBERG, 1990)

Ao tratar do processo inovativo, é necessário que se faça uma importante observação quanto ao tipo de incerteza a qual a firma está exposta. Uma inovação é, por definição, um evento novo, para o qual não existe precedente. Neste caso, torna-se altamente complexo, ou mesmo impossível, o cálculo probabilístico, tanto no que se refere à inserção no mercado e, principalmente, quanto aos resultados das pesquisas, ao menos em tempo hábil para evitar prejuízos.

A segunda consideração é de que a capacidade para enfrentar as situações adversas da incerteza, seja quanto ao “fôlego” para sustentar longas pesquisas ou a capacidade de resistir às perdas causadas por pesquisas mal sucedidas, seja quanto ao potencial para tornar uma inovação bem sucedida no mercado, não é a mesma para todas as firmas. Neste sentido, o setor de atividade, a experiência acumulada, bem como o tamanho, o padrão de concorrência e o poder de mercado são variáveis importantes. O resultado disso é que o mercado não deve ser visto como um “espaço” regido por forças equivalentes, mas sim, como lugar de assimetrias, onde cada vantagem que a empresa possa apresentar sobre suas concorrentes torna-se decisiva.

As duas primeiras considerações levam à terceira. Onde há incerteza, como a que envolve as firmas inovadoras, e assimetrias não se pode esperar que as forças de mercado determinem um equilíbrio, e mais, qualquer tratamento “estático” parece ser inadequado para abordar a economia na presença de agentes inovadores.

Desta forma, o conceito de “destruição criadora” , como uma interpretação do papel do mercado, introduzido por SCHUMPETER (1961), e que NELSON (1996) destaca como sendo, virtualmente, a idéia básica das teorias evolucionistas em economia até os dias de hoje, pode dar conta de ilustrar bem o que os agentes enfrentam ao interagirem no mercado e a dinâmica a que estão expostos. Portanto, ao falar de capitalismo, deve-se ter em mente que se trata de um processo evolutivo, cujo elemento fundamental, que dispara e mantém a dinâmica capitalista, é o surgimento de novos bens de consumo, novos mercados, novas formas de organização e meios de produção que o próprio sistema, incessantemente, cria e destrói.

2.2.2 – Instituições

As instituições constituem elemento fundamental dos Sistemas de Inovação. Não é possível compreender corretamente o desenvolvimento moderno fora do alcance da formação e transformação institucional enfrentada pelos países. Essa importância, porém, exige alguns cuidados ao tratar do assunto. Neste sentido, NELSON e SAMPAT (2001) chamam a atenção para o fato de que o termo instituição vem sendo utilizado para designar coisas diferentes, dentro e fora dos estudos econômicos, de acordo com a investigação realizada e propõem uma definição de instituições que seria útil no tratamento de questões econômicas, qual seja, a de “tecnologias sociais”.² O conceito de “tecnologias sociais” para definir instituições seria, portanto, análogo ao de tecnologias físicas (definição convencional), com a diferença fundamental de que as primeiras estão associadas a padrões de interação humana, enquanto as últimas associam-se mais fortemente à “engenharia física”.

Nelson e Sampat cuidam também de alertar que, segundo sua definição, nem todas as tecnologias sociais podem ser vistas como instituições, mas, apenas aquelas que se tornam uma referência para ações e expectativas, dados seus objetivos e o ambiente em que estão inseridas. E mais, usando termos da abordagem dos custos de transação, as tecnologias sociais institucionalizadas definem custos mais baixos para ações que envolvem interação humana.

Por fim, consideram que, por um lado, mudanças institucionais são induzidas em grande parte pela forma como as atividades econômicas são realizadas, mas por outro lado, as tecnologias sociais influenciam fortemente o modo como as tecnologias físicas desenvolvem-se. Assim, propõem uma abordagem de co-evolução para tecnologias físicas e sociais. (NELSON e SAMPAT, 2001)

Esta forma geral de tratar as instituições de Nelson e Sampat parece bem próxima à definição de capacitação social utilizada por Abramovitz. Sobretudo, quando este último considera a capacitação social endógena ao processo de desenvolvimento, enquanto os primeiros defendem a co-evolução de tecnologias sociais institucionalizadas e tecnologias físicas.

O tratamento das instituições neste trabalho não exige um nível tão alto de generalidade. Aqui a atenção é concentrada tão somente nas universidades.

As universidades, enquanto instituições, desempenham um papel crucial. NELSON (1996) destaca a importância destas como motor do capitalismo moderno, enquanto repositório do conhecimento científico e tecnológico público. Isto traz à tona um ponto que, segundo o próprio Nelson, nem o modelo schumpeteriano, nem trabalhos mais recentes no mesmo nível de abstração, foram capazes de compreender em sua complexidade, qual seja, as inter-relações entre a tecnologia e a ciência.

O argumento de Nelson é de que os departamentos de ciência na academia são importantes para o progresso tecnológico na medida em que treinam cientistas e engenheiros, os quais serão aproveitados na indústria, e pelas pesquisas que realizam, ou seja, pelo conhecimento que geram. (NELSON, 1996) Isto permite, por um lado, reconhecer o papel, quase que exclusivo, das universidades na formação e treinamento de mão-de-obra altamente qualificada. Por outro lado,

² O termo “tecnologia física”, bem como “engenharia física” (mais adiante), empregados neste texto referem-se aos conceitos usuais (tradicional) de tecnologia e engenharia, respectivamente, sem qualquer referência à dimensão social.

porém, permite reconhecer a produção do conhecimento, o avanço científico, como peça chave para o progresso técnico e, é claro, a posição privilegiada das universidades neste sentido, embora não exclusiva.

Contudo, é importante deixar claro que a relação entre universidades e o Sistema de Inovação envolve mais que as funções de treinamento e produção de conhecimento, embora estas sejam de suma importância. Na abordagem das capacitações sociais, as universidades são elemento fundamental na determinação da adaptabilidade e do aproveitamento das oportunidades tecnológicas nas sociedades, em virtude, inclusive, dos impactos culturais que possam gerar. Neste caso, todo o sistema tende a ser afetado.

Além do mais, o sistema educacional como um todo tende a ser refletido nas universidades. Isto significa que uma sociedade mais educada, logo melhor preparada, representa maior demanda para as universidades, ao mesmo tempo em que exige delas melhorias qualitativas nos serviços oferecidos. O resultado desta combinação é um sistema educacional permanentemente ampliado e em evolução, cujos efeitos transbordam para toda sociedade.

Deve-se dizer também, que outras instituições e centros de pesquisa, mesmo laboratórios de empresas, exercem em alguma medida as funções de treinamento e produção do conhecimento tal como as universidades, podendo muitas vezes serem tratados de forma equivalente, pelo menos no que diz respeito a estes dois pontos.

Finalmente, cabe lembrar sobre as instituições, que os processos de *catching up*, sobretudo os bem sucedidos, exigiram, e exigem, uma efetiva capacidade de transformação e modernização das instituições em geral, nos países atrasados. Assim, a mudança institucional recebe igual destaque no processo de desenvolvimento.

2.2.3 – Tamanho e interações dos elementos

É esperado que qualquer país apresente os elementos constitutivos dos Sistemas de Inovação, ou pelo menos alguns fragmentos deles. Contudo, faz-se necessário observar que isto apenas por si não basta. Estudos de caso de países que realizaram com sucesso o processo de *catching up* pós Segunda Guerra, como Alemanha (KECK, 1993; FREEMAN e SOETE, 1997) e Japão (ODAGIRI e GOTO, 1993), ou mais recentemente, Coréia do Sul (KIM, 1993) e Taiwan (HOU e GEE 1993) apresentam evidências de que tais elementos constitutivos foram ampliados, quando existiam de forma precária, ou criados e ampliados, quando não existiam. E mais, a articulação e interação entre eles foi fator decisivo. Portanto, é possível pensar que o desenvolvimento de um Sistema de Inovação requer não apenas que seus elementos alcancem um certo nível, que será peculiar a cada país, mas também que estes interajam a fim de promover o crescimento e desenvolvimento da economia como um todo.

3 – Interação entre ciência e tecnologia

Até agora a ciência vem sendo abordada de forma indireta, via outros aspectos do processo de desenvolvimento. Esta seção é dedicada a tratar diretamente a ciência em dois pontos específicos: o sentido da causalidade em relação à tecnologia e às possibilidades da sua utilização como variável de escolha para impulsionar o processo de *catching up*.

3.1 – Interação e causalidade

Enquanto as novas combinações, corporificadas nas novas tecnologias, contribuem direta e indiretamente para o crescimento, não menos importante é a contribuição do conhecimento para as novas tecnologias. A esse respeito, uma distinção deve ser feita. O estoque de conhecimento disponível, em qualquer momento, a ser usado em novas combinações, provém de duas fontes

principais. A primeira delas consiste na própria realização destas combinações. Tendo sido criadas, as novas tecnologias, mesmo que não encontrem aplicação direta e imediata na obtenção de ganhos econômicos, passam a fazer parte do estoque existente do “como fazer” e podem, em qualquer momento, dar origem a inovações que poderão ser imediatamente utilizadas como fontes de crescimento.

Em segundo lugar, os avanços no conhecimento científico também apresentam grandes contribuições na ampliação do estoque de conhecimento. Todas as pesquisas realizadas, orientadas pela busca do conhecimento, mesmo que não visem atender a interesses econômicos, pelo simples fato de disponibilizar e agregar novos conhecimentos, podem servir, em algum momento, de insumo para a realização de novas combinações, encontrando um fim econômico.

Desta forma, as causas do progresso tecnológico podem ser resumidas em dois pontos principais. De um lado, as próprias inovações acabam gerando outras inovações. Por outro, o desenvolvimento da ciência também contribui para o surgimento de novas tecnologias. Se o interesse está em determinar numa relação causal para o progresso tecnológico, qual destas duas fontes deve ser considerada como tendo maior importância no processo? A resposta é controversa.

Seguindo a argumentação de ROSENBERG (1982), pode-se demonstrar que o avanço científico é precedido, muitas vezes, pelo progresso tecnológico. Por meio de uma série de exemplos históricos, Rosenberg demonstra como desde a revolução industrial, as novas tecnologias vêm contribuindo no sentido de estimular o avanço na ciência. Rosenberg enfatiza como o progresso tecnológico, ao acontecer, impulsiona as pesquisas científicas, seja propondo novas questões a serem explicadas e novos conhecimentos a serem sistematizados, seja pela introdução de novos materiais e instrumentos através dos quais, novas e mais complexas linhas de pesquisas podem ser iniciadas, bem como o avanço em pesquisas antigas. Por isso, Rosenberg afirma que a ciência é, até certo ponto, endógena.

Complementarmente, investigando o sentido de causalidade oposto, KLEVRICK et al. (1995) argumentam em favor das contribuições da ciência para o progresso tecnológico. O argumento passa pela consideração das oportunidades tecnológicas criadas pela pesquisa científica, e que devem ser aproveitadas pelos setores industriais para criação e utilização de novas tecnologias. As indústrias estariam, portanto, atentas aos avanços alcançados nas diversas áreas do conhecimento científico, a fim de aproveitar estas oportunidades.

De fato, o aumento no entendimento científico é apenas umas das três fontes de oportunidades tecnológicas abordadas por Klevorick e seus colegas. As outras duas são as inovações introduzidas em outras indústrias e os *feedbacks* da própria tecnologia. Estas últimas fontes de oportunidade estão mais relacionadas aos argumentos apresentados por Rosenberg. Contudo, o trabalho de Klevorick e colaboradores permite, por um lado, reafirmar a interação existente entre ciência e tecnologia, principalmente da primeira em gerar oportunidades para alcançar a segunda, e por outro, fazer uma observação de que são os setores industriais mais dinâmicos que acompanham de forma mais intensa as atividades científicas.

Investigando também a ciência como fonte de progresso tecnológico, NARIN, HAMILTON e OLIVASTRO (1997) destacam o importante papel desempenhado pelas universidades e instituições de pesquisa, financiadas com recursos públicos, para o desenvolvimento da tecnologia industrial. Um exemplo que resume bem o argumento é quando estes autores mostram a relevância da ciência, sobretudo da ciência pública, para as atividades tecnológicas da IBM. A Empresa, além de ter um grande número de publicações científicas, resultado de uma intensa atividade de pesquisa e desenvolvimento, cita em suas patentes publicações originadas em universidades Americanas e estrangeiras, além das suas próprias. Isto pode ser considerado também como evidência do crescimento do conteúdo científico presente nas novas tecnologias.

De forma mais direta, é possível dizer que a produção do conhecimento científico gera também um aumento na produtividade do trabalho, colaborando assim, para melhorar o desempenho econômico, em especial dos setores industriais. De fato, o treinamento científico, seja em universidades, como foi mencionado anteriormente, seja em centros de pesquisa ou laboratórios industriais, é capaz de gerar trabalhadores mais habilidosos na execução de tarefas mais complexas,

preparar mão de obra para laboratórios de *P&D* industrial, bem como a capacidade de adaptação em novas funções e a absorção de novos conhecimentos para a realização de funções antes não existentes. Neste sentido, PAVITT (1991) destaca a importância da pesquisa acadêmica no treinamento profissional a ser utilizado em atividades de pesquisa mais aplicada na indústria, constituindo, portanto, um dos motivos pelos quais a pesquisa básica, e com ela a ciência, é economicamente útil.

Essa utilidade econômica da ciência também é abordada por ROSENBERG (1990) quando este investiga os motivos que levam a firma, tipicamente capitalista, a utilizar recursos próprios na condução de pesquisa básica. Um dos principais motivos são os retornos inesperados das pesquisas em termos de inovações rentáveis. Além disso, para Rosenberg, a pesquisa deve ser vista como um investimento, fundamentalmente, de longo prazo. Obviamente, à medida em que este tipo de investimento vai se realizando, a firma acumula recursos com os quais poderá iniciar e/ou continuar suas pesquisas.

Mas qual afinal é o sentido da causalidade? Este trabalho assume que o relevante é a forma pela qual estes dois elementos interagem e os resultados que esta interação pode gerar em termos de crescimento econômico. ROSENBERG (1982) conclui seu trabalho sugerindo que a relação entre ciência e tecnologia é interativa e dialética. Em reforço a este argumento, RAPINI (2000) demonstra, por testes estatístico-econômicos que existe uma relação de causalidade, no sentido proposto por Granger, mútua entre ciência e tecnologia, pelo menos para países que realizaram o processo de *catching up* (Coréia do Sul e Taiwan). Neste caso, mútua determinação seria a resposta.

3.2 – Focalizando a ciência

Se interação e mútua determinação, por um lado, definem de forma satisfatória a relação entre ciência e tecnologia, por outro lado, apresentam uma nova questão a ser respondida. Assim, uma vez que valem as interações, as dimensões científica e tecnológica devem ser trabalhadas de forma articulada. O que dá início a tais interações, sobretudo nos países tecnologicamente atrasados? Esta dissertação focaliza a ciência como objeto, analisando o sentido de causalidade desta última para a tecnologia, enquanto esta seção apresenta alguns argumentos para tal escolha.

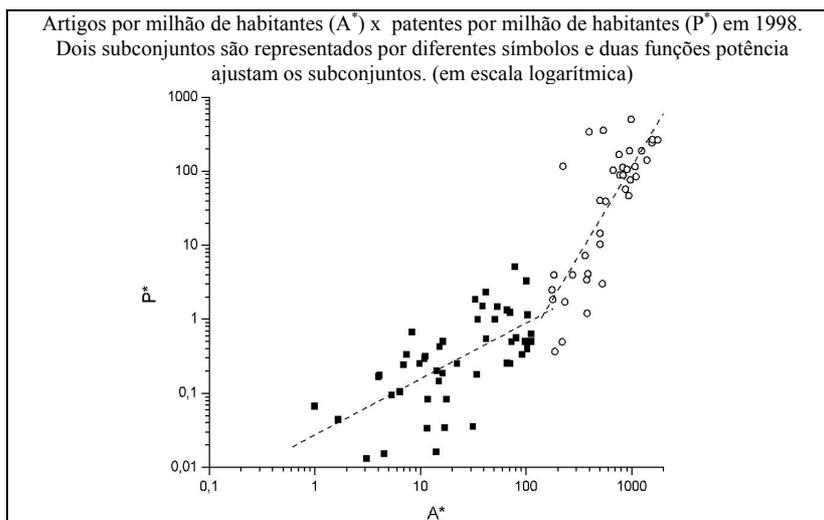
Em primeiro lugar, usando as colocações de PAVITT (1991) quanto à utilidade econômica da ciência, deve-se destacar que os benefícios gerados pelas atividades científicas são distribuídos por toda esfera econômica e, por que não dizer, social. Logo, não é apenas o setor tecnológico que é favorecido pelos avanços no conhecimento. Do ponto de vista econômico, além dos efeitos de treinamento, as atividades científicas resultam em uma força de trabalho, de forma geral, mais habilidosa e produtiva, capaz de utilizar melhor tanto tecnologias mais antigas quanto as mais modernas e com uma maior capacidade de adaptação. Socialmente, contribui para a formação da capacitação social do país, com ganhos, desde melhoramentos nas condições de vida até temas culturais, o que poderá resultar em retornos para a própria tecnologia.

Em segundo lugar, e em decorrência do primeiro argumento, deve ser considerada a questão do financiamento da atividade científica. Sobre isso, ROSENBERG (1990) destaca o fato de que nem todos os benefícios gerados pela pesquisa básica podem ser apropriados pela firma, mas apenas uma parte deles. Somado a temas como incerteza e disponibilidade de recursos próprios, esta característica da atividade científica levaria, em caso de ação exclusiva da firma, a um investimento subótimo nesta atividade, reclamando assim, que a maior parte deste financiamento seja provido pelo setor público, sobretudo dentro das universidades. (ARROW, 1962) Isto é importante uma vez que dá amplas possibilidades de planejamento econômico às autoridades governamentais, transformando, por vezes, os investimentos em ciência em política industrial. Ou seja, o investimento em ciência pode ser usado pelo poder público para favorecer um setor ou região, na medida em que privilegia uma ou mais disciplinas relevantes para atividades industriais estratégicas.

Em terceiro lugar, a ciência desempenha um papel fundamental nos países tecnologicamente atrasados. A prática científica atua como elemento de capacitação dos avanços científicos e tecnológicos realizados nos países líderes. Na verdade, a própria importação de tecnologia demanda habilidade para seu entendimento e uso. Indo mais além, os processos de *catching up* citados na seção 1.2.4 são recheados de exemplos de engenharia reversa realizada sobre máquinas, produtos e processo provenientes de países da fronteira tecnológica. A formação e capacitação de profissionais capazes de realizar tal tarefa são, portanto, cruciais. Mais que isso, esta formação deve ser feita de acordo com o nível da tecnologia transferida, necessitando, desta forma, que o desenvolvimento científico interno esteja minimamente conectado ao que é feito na fronteira do conhecimento.

Em quarto lugar, já utilizando a base científica com variável de foco, BERNARDES e ALBUQUERQUE (2003) estimam um modelo econométrico, utilizando duas equações lineares para ajustar os logaritmos de artigos por milhão de habitantes e patentes por milhão de habitantes³. Neste modelo, os países tecnologicamente menos avançados apresentaram uma menor eficiência na transformação de ciência (medida pelo logaritmo de artigos por milhão de habitantes), em tecnologia (medida pelo logaritmo de patentes por milhão de habitantes), que os países ditos de fronteira tecnológica. Tal modelo é usado para defender a existência de um “limiar” de produção científica que determina a passagem de uma categoria para outra, como pode ser visto na FIGURA 1.1. O “limiar” é definido, portanto, na interseção das duas retas que ajustam o log de artigos e patentes para os dois grupos de países.

FIGURA 1.1
A* x P*

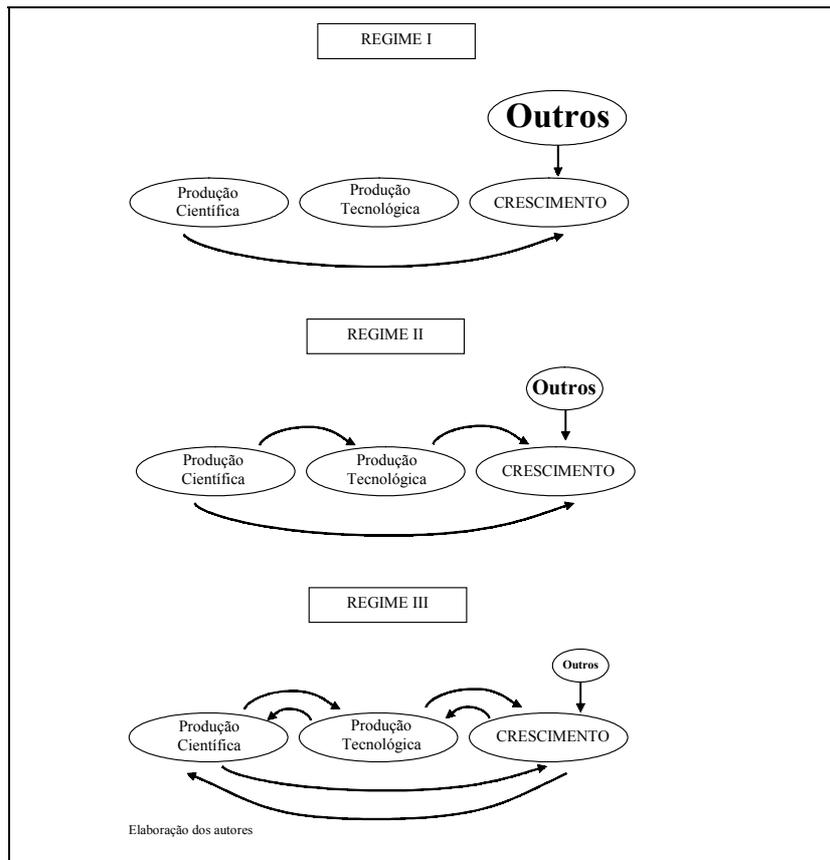


Fonte: BERNARDES e ALBUQUERQUE (2003)

Esta distinção entre países tecnologicamente menos avançados e de países na fronteira tecnológica pode ser tomada como uma referência ao esquema de estágio das interações entre ciência, tecnologia e crescimento econômico, proposto pelos autores, de acordo com a Figura 1.2. O “Regime I”, onde os países apresentam valores nulos em patentes e/ou artigos, é característico de um estágio de interações inferior, onde o crescimento econômico depende, sobremaneira, de outros fatores, que não basicamente ciência e tecnologia. Neste caso, apenas a ciência apresentaria alguma contribuição direta para o crescimento.

³ Na verdade, o modelo estimado por BERNARDES e ALBUQUERQUE não é linear, dado fato de utilizar o logaritmo das variáveis – trata-se de um modelo log-log – o que por sua vez estabelece uma função potência para a relação entre ciência e tecnologia.

FIGURA 1.2
Esquema de Regimes de Interação



Fonte: BERNARDES, A. T.; ALBUQUERQUE, E. (2003)

O “Regime II”, onde artigos e patentes são positivos, porém estão abaixo do limiar, representa Sistemas de Inovação imaturos, onde já é possível identificar as contribuições da ciência para a tecnologia e crescimento, e da tecnologia para o crescimento, porém, não existem ainda *feedbacks* atuando no sentido de ampliar as contribuições dos elementos, uns para com os outros. Os demais componentes do sistema, embora tenham diminuído sua contribuição direta, permanecem com grande peso no crescimento.

O caso dos sistemas de inovação mais desenvolvidos (sistemas maduros) é caracterizado pelo “Regime III”. Assim, outros fatores que não ciência e tecnologia tem a menor importância relativa em comparação com os dois regimes anteriores. As interações e *feedbacks* estão atuando em todas as direções, conferindo ao sistema maior sustentabilidade no processo de crescimento.

4 – Evidências estatísticas sobre limiares de produção científica

O objetivo desta seção é tão somente apresentar alguma evidência da validade da hipótese de “limiares” de produção científica.

4.1 – Base de dados e Metodologia

Neste sentido, utiliza-se nesta seção de três bases de dados principais. Para mensurar a infraestrutura científica, é utilizado o número de artigos nas disciplinas exatas e naturais publicados pelos países e constantes no *Science Citation Index* do *Institute for Scientific Information* (SCI-ISI), como *proxy* da produção científica. A infraestrutura tecnológica é abordada através do número de patentes registradas no *United States Patent and Trademark Office* (USPTO), como *proxy* da produção tecnológica. As informações sobre renda *per capita* (a dólares de 1995) são fornecidas

pelo Banco Mundial. Desta forma, conta-se com dados para 135 países em 1998, os quais apresentaram pelo menos um artigo e/ou uma patente, além de dados disponíveis sobre renda e população, nas referidas bases de dados.

O método de análise consiste em classificar os 135 países que compõem a base de dados a partir de uma análise *cluster* e, em seguida, fazer uso desta classificação para testar a hipótese de limiares de produção científica.

O princípio da análise de *cluster* consiste na mensuração da *distância* ou *similaridade* entre os N indivíduos, de uma amostra, em termos das p variáveis utilizadas. Aqui, a similaridade é tomada a partir do quadrado da distância euclidiana entre os indivíduos em termos dos indicadores de produção científica (artigos por milhão de habitantes), de produção tecnológica (patentes por milhão de habitantes) e nível de renda (renda *per capita*)⁴.

4.2 – Resultados da análise de *cluster*

Os países que apresentaram zero artigos ou zero patentes foram classificados dentro do estágio de desenvolvimento I, como esquematizado na Figura 1.2. De fato, a ausência de artigos ou patentes revela a precariedade das infra-estruturas científica e/ou tecnológica, privando o sistema das interações entre estas duas dimensões, tão importantes para o crescimento e desenvolvimento da economia moderna.

A fase seguinte da análise consiste em, usando renda *per capita*, artigos e patentes, por milhão de habitantes, agrupar os 86 países remanescentes em 1998 em *clusters* hierárquicos. A Figura 1.3 mostra o dendograma resultante.

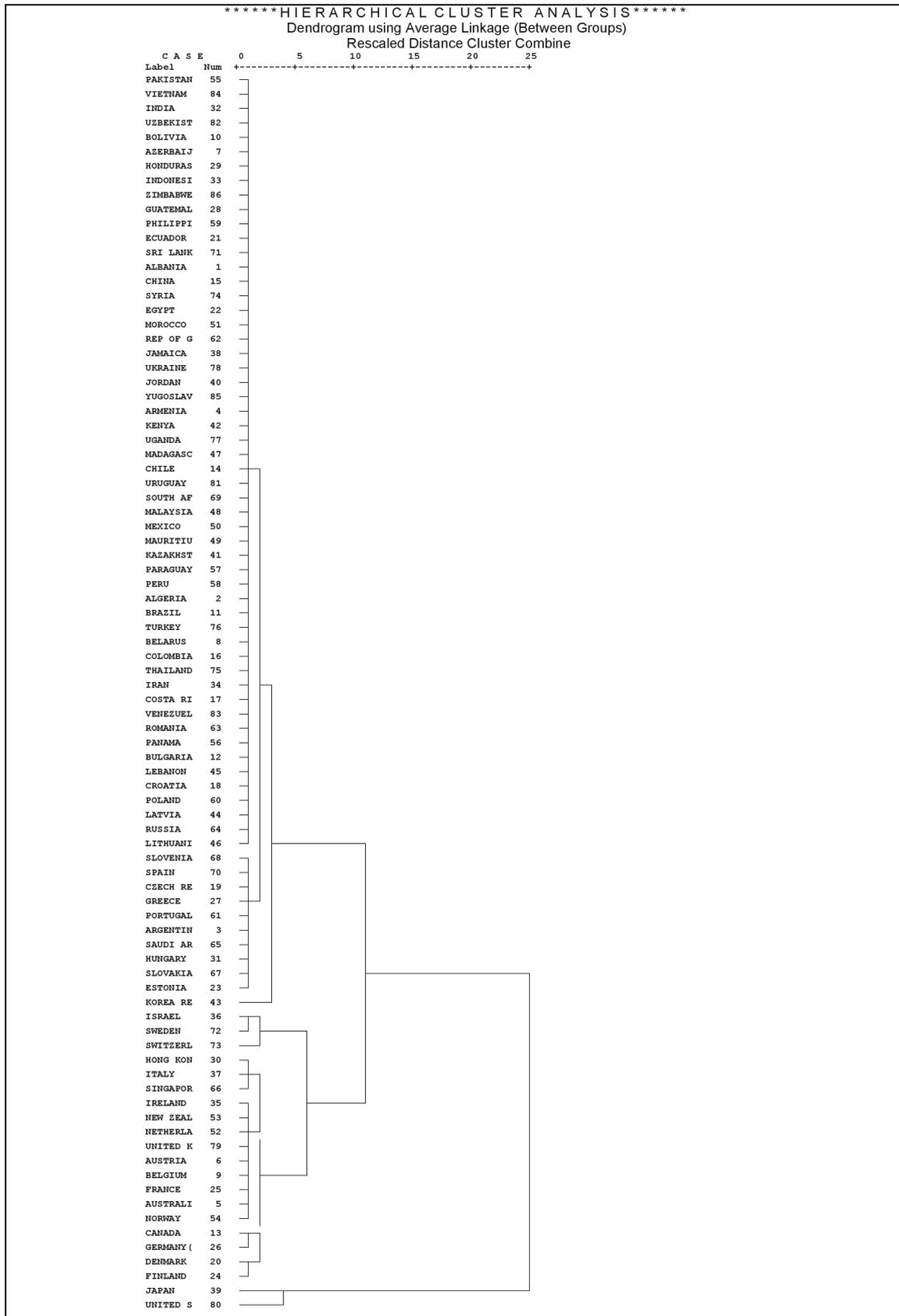
Destaca-se destes resultados, a partir do maior grau de proximidade entre os elementos de cada grupo, a existência de um grande *cluster*, seguido de outros pequenos agrupamentos. Focalizando a Fig. 1.3, nota-se que o primeiro grande *cluster* é composto por países como China, Chile e Rússia, entre outros, e apresenta as médias mais baixas para os indicadores, sendo 50,79 para artigo, 0,73 para patentes e US\$ 4.297,37 para renda. O agrupamento mais próximo apresenta médias superiores as deste primeiro grande grupo, quais sejam, 327,98 apmh, 4,95 ppmh e US\$ 12.036,50 rpc. Deste segundo grupo fazem parte países como Argentina, República Tcheca, Eslovênia, entre outros.

Os valores mais altos para as variáveis utilizadas são para Estados Unidos (995,64 apmh, 500,74 ppmh e US\$ 29,240 rpc), Suíça (1753,52 apmh, 259,49 ppmh e US\$ 25.876,00 rpc), Japão (542,38 apmh, 359,01 ppmh e US\$ 23.592,00 rpc) e Coréia do Sul (224,09 apmh, 117,06 ppmh, US\$ 13.286,00 rpc). Estes países formam *clusters* isoladamente, devido tanto aos altos valores de renda, artigos e patentes, quanto à proximidade exigida para os agrupamentos tomada por base nesta análise.

⁴ Para uma visão mais completa sobre análise de *cluster* ver EVERITT (1986), KAUFMAN & ROUSSEEUW (1990), MANLY (1986). Para uma aplicação da análise de *cluster* com indicadores de ciência e tecnologia ver SILVA (2003).

FIGURA 1.3

Dendrograma para 1998, usando Artigos por milhão de habitantes, patentes por milhão de habitantes e renda *per capita*.



Fonte: ISI (2000); USPTO (2000); Banco Mundial (2000) – elaboração própria.

4.3 – Análise econométrica

A partir deste ponto, os resultados desta análise são usados para classificar os países dentro do esquema apresentado por BERNARDES e ALBUQUERQUE (2003). Os países que apresentaram zero artigos ou zero patentes são tomados como característicos do Regime I, tal como é feito no trabalho original. A proposta agora é classificar os demais países segundo aquele esquema, de acordo com a Fig 1.2. Tendo verificado a existência de grandes *clusters* de indicadores com níveis mais baixos, e considerando a distância entre as médias destes grandes grupos e dos *clusters* mais próximos, os elementos do maior conjunto são tomados como pertencentes ao Regime II, onde já existem interações entre as dimensões científica e tecnológica. Os demais países, fora do primeiro grande *cluster*, são atribuídos ao Regime III, de interações mais fortes e em todos os sentidos.

Para investigar e testar as relações entre a infra-estrutura científica e tecnológica, BERNARDES e ALBUQUERQUE estimam um modelo econométrico simplificado como o apresentado na equação 1.1. A proposta é ressaltar a não linearidade dessas relações e permitir alguma comparação entre países pertencentes ao Regime II e Regime III, utilizando a forma logarítmica da equação 1.1 como apresentado em 1.2:

$$P^* = \beta_0 A^{*\beta_1} e^u \quad (1.1)$$

Onde P^* é o número de patentes por milhão de habitantes, A^* é o total de artigos por milhão de habitantes e u é o termo de erro estocástico. Em sua forma logarítmica, o modelo fica como segue:

$$\tilde{P} = \gamma_0 + \beta_1 \tilde{A} + v \quad (1.2)$$

Sendo $\tilde{P} = \ln(P^*)$, $\tilde{A} = \ln(A^*)$ e v o erro estocástico.

Neste ponto, há uma consideração a ser feita sobre o trabalho de BERNARDES e ALBUQUERQUE (2003). Embora apresentem um procedimento mais sistemático para classificar os países que compõem o Regime I, definindo seus elementos como aqueles com valores nulos para patentes, a subdivisão entre os Regimes II e III requer maior clareza, a fim de orientar mais seguramente, e em qualquer período, a classificação dos países entre os Regimes.

Faz-se aqui uma tentativa de contribuir neste sentido, sugerindo como procedimento para a estimação do modelo 1.2 a utilização dos resultados herdados da análise de *cluster*, como meio de classificar os países. Desta forma, ao mesmo tempo em que a análise precedente fornece um método sistemático e mais seguro de agrupar os países dentro dos Regimes de desenvolvimento, permite que a estimação capture também a dimensão da renda, uma vez que esta compõe o conjunto de variáveis utilizadas na determinação daqueles *clusters*.⁵

Sugere-se também, em substituição do modelo 1.2, a estimação do modelo 1.3, com variáveis *dummies*. Assim, é possível, em um único passo, estimar as elasticidades para os dois grupos de países, além de obter um valor estimado para o “limiar” como resultados do próprio modelo. Nestes termos, o modelo 1.3 é definido como:

$$\tilde{P} = \alpha_0 + \alpha_1 \tilde{A} + \alpha_2 D + \alpha_3 D \tilde{A} + w \quad (1.3)$$

Onde D representa uma variável *dummy* que assume valor 0 para países pertencentes ao Regime II e valor 1 para países pertencentes ao Regime III.

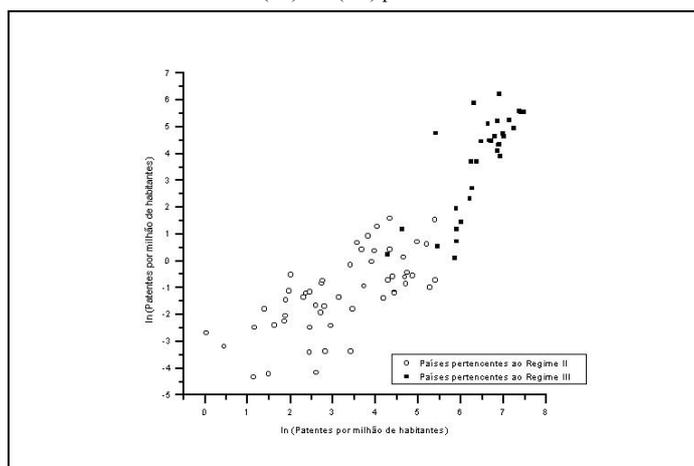
⁵ Aqui a renda *per capita* dos países entram na análise devido ao fato desta ter sido realizada apenas para o ano de 1998, possibilitado assim o uso da mesma fonte de dados para todos os países, o que não foi possível para a análise feita no Capítulo 2.

O “limiar” pode então ser calculado como a interseção entre as retas ajustadas para o Regime II e III. Assim, o sistema S1, derivado do modelo 1.3, apresenta tais equações, enquanto a sua solução permite conhecer o valor estimado para o “limiar”.

$$\begin{cases} \tilde{P}_{II} = \alpha_0 + \alpha_1 \tilde{A}_{II} \\ \tilde{P}_{III} = (\alpha_0 + \alpha_2) + (\alpha_1 + \alpha_3) \tilde{A}_{III} \end{cases} \quad (S1)$$

A Figura 1.4 apresenta os pontos $\ln(P^*) \times \ln(A^*)$ para 1998, enquanto o Quadro 1.1 mostra os resultados da estimação do modelo 1.3.

FIGURA 1.4
 $\ln(P^*) \times \ln(A^*)$ para 1998



Fonte: ISI (2000); USPTO (2000); Banco Mundial (2000) – elaboração própria.

QUADRO 1.1
 Resultados da estimação do modelo 2

	Modelo A2	
R^2 ajustado ¹	0,8519	(163,92)
Observações	86	
α_0 ²	-3,5592	(-9,29)
α_1	0,7486	(6,93)
α_2	-6,4878	(-2,48)
α_3	1,3784	(3,40)

Fonte: ISI (2000); USPTO (2000); Banco Mundial (2000) – elaboração própria.

Notas: 1) Estatística F entre parênteses.

2) Estatística t entre parênteses.

Pode-se observar a significância estatística, em nível de 5%, para todos os coeficientes estimados, além do alto valor para o R^2 ajustado. Desta forma, em comparação com o trabalho de BERNARDES e ALBUQUERQUE (2003), os resultados são bastante satisfatórios. No citado artigo, os Autores encontraram uma elasticidade de 0,76 para o Regime II, enquanto aqui ela é de 0,74, e de 2,39 para o Regime III, enquanto aqui ela é de 2,12⁶. Isto, antes de tudo, reafirma a validade das propostas desses Autores, tendo em vista a significância dos parâmetros estimados

⁶ Este valor representa a soma dos coeficientes α_1 e α_3 estimados.

segundo modelo 1.3. Por outro lado, corrobora o método de classificação dos países sugerida, uma vez que esta levou a resultados muito próximos aos encontrados por BERNARDES e ALBUQUERQUE.

A maior divergência entre estes resultados e os obtidos por estes autores é quanto ao valor do limiar de produção científica. Resolvendo o sistema S1, ou seja, separando as equações para os dois grupos de países, II e III, através da expressão $A_L^* = \exp\left(-\frac{\alpha_2}{\alpha_3}\right)$, chega-se a um valor de 110,69 artigos por milhão de habitantes para o “limiar”, enquanto BERNARDES e ALBUQUERQUE (2003) apresentam o valor de 150 artigos (pmh), para 1998. Isto, de fato, decorre da diferença entre as elasticidades estimadas.

Tem sido considerado até aqui que o modelo 1.3, com países separados por *dummies* em dois grupos, é a melhor representação que se pode fazer das relações entre os *logs* de artigos e *logs* de patentes. No entanto, é necessário considerar a possibilidade de que tal hipótese não se sustente. Para avaliar esta possibilidade, é realizado um teste *J* de Davidson-MacKinnon (GREENE, 2000) para o modelo 1.3 e duas outras formas funcionais alternativas, quais sejam, o modelo 1.2 para o total das observações em 1998 e o modelo 1.4, como segue⁷:

$$\tilde{P} = \delta_0 + \delta_1 \tilde{A}^2 + \varepsilon \quad (1.4)$$

O Quadro 1.2 resume os resultados para o teste. Nas linhas estão os modelos sob a hipótese nula de que são, de fato, melhores que os modelos nas colunas sob a hipótese alternativa. Os *p*-valores da estatística *J* são dados no conteúdo do quadro. Desta forma, rejeita-se a hipótese de que o modelo 1.2 seja mais adequado que o modelo 1.4, mas não é rejeitada a de que o modelo 1.4 seja mais adequado que o modelo 1.2. Por sua vez, a hipótese favorável ao modelo 1.3 não é rejeitada, enquanto rejeita-se o modelo 1.4 como contendo os verdadeiros regressores para P^* .

QUADRO 1.2
p-valor para o teste *J*
 com a hipótese de melhor modelo sob H_0

Sob H_0	Sob H_1		
	Modelo 1.2	Modelo 1.3	Modelo 1.4
Modelo 1.2	-	-	0,00
Modelo 1.3	-	-	0,8645
Modelo 1.4	0,3106	0,00	-

Fonte: Elaboração própria.

Não obstante as vantagens do modelo 1.3, que prevê a existência de um limiar, reveladas pelo teste *J*, realiza-se também o teste de Jarque-Bera sob a hipótese nula de normalidade dos resíduos deste modelo, e como esta não foi negada, dado *p*-valor de 0,691, testa-se a existência de heterocedasticidade, através do teste de Breusch-Pagan que retornou um *p*-valor de 0,4231, apontando para a não rejeição da hipótese de homocedasticidade, levando a reconhecer a adequação do modelo 1.3 aos dados amostrais.

Estes resultados levam a defender com maior segurança a hipótese de um limiar de produção científica decorrente da estimação do modelo 1.3, em conformidade com os argumentos teóricos presentes em BERNARDES e ALBUQUERQUE (2003). Estes resultados retornam, a partir da solução do sistema S1, um limiar de 110,69 artigos por milhão de habitantes para 1998, enquanto a estimação feita por BERNARDES e ALBUQUERQUE chegou a um limiar de 150 artigos por milhão de habitantes.

⁷ Na verdade, o teste *J* é um teste assintótico, ou seja, é válido para grandes amostras. No entanto, se não se conta com um número grande de observações, também não se deve considerá-lo desprezível.

5 – Conclusão

O modelo proposto por BERNARDES e ALBUQUERQUE (2003) sugere considerações quanto à adoção de duas equações lineares (em relação ao logaritmo das variáveis) distintas para cada grupo de países. Ou seja, por que não utilizar uma única curva linear, ou mesmo uma curva não linear, para ajustar os dados? Qual o grau de confiança que se pode ter na melhor adequação do modelo proposto *vis a vis* outras formas funcionais? Escolher uma outra forma funcional para ajustar os dados acarreta sérias diferenças, inclusive teóricas, no modelo proposto.

O ajuste de uma única curva linear ou de uma curva quadrática, por exemplo, estaria sugerindo que todos os países estão inseridos em um mesmo processo de desenvolvimento, e que na medida em que é acumulada a produção científica, os países mais atrasados se aproximariam dos mais adiantados. No caso de uma curva linear ser ajustada, não haveria maiores desdobramentos que este. Contudo, uma curva quadrática, e de inclinação positiva, apontaria para o fato de que os retornos em termos de tecnologia do aumento na produção científica são crescentes ao longo do processo. Neste caso, os países menos adiantados aproximar-se-iam mais rapidamente dos países “líderes” a cada aumento da produção científica (ponderada pela população).

Adotar porém, curvas diferentes, com inclinações diferentes, sugere a existência de uma quebra estrutural, uma mudança qualitativa no processo de desenvolvimento tecnológico gerada pela ampliação da base científica. Neste sentido, a seção precedente demonstrou a existência de vantagens na adoção de duas curvas com diferentes inclinações para modelar a relação entre ciência e tecnologia. De fato, os testes demonstraram que uma curva quadrática produz um melhor ajuste dos dados em comparação com uma única curva linear. Por sua vez, a adoção de duas curvas lineares, dois ajustes, mostrou-se mais adequado que a utilização de uma única função quadrática.

As divergências dos valores estimados para o *limiar* são menos importantes. Aqui, é a não rejeição da hipótese de um *limiar* de produção científica que merece destaque.

Referências bibliográficas

ABRAMOVITZ, M. **Thinking about growth:** and other essays on economic growth and welfare. Cambridge: Cambridge University, 1989. 377p.

ARROW, K. Economic welfare and the allocation of resources for invention. In: LAMBERTON, D. M. (Ed). **Economics of information and knowledge.** Harmondsworth: Penguin Books, 1971. p.141-159.

BERNARDES, A. T., ALBUQUERQUE, E. Cross-over, thresholds and interactions between science and technology: lessons for less-developed countries. **Research Policy**, v32, n5, p.865-885, 2003.

DOSI, G. **Technical change and industrial transformation;** the theory and application to the semiconductor industry. London: Macmillan, 1984.

DOSI, G., FREEMAN, C., FABIANI, S. The process of economic development: introducing some stylized facts and theories on technologies, firms and institutions. **Industrial and Corporate Change**, v. 3, n. 1, p.1-47, 1994.

EVERITT, B. **Cluster analysis.** 2.ed. New York: Haltesd Press, 1980. 135p.

FREEMAN, C, SOETE, L. **The economics of industrial innovation.** London: Pinter, 1997. 470p.

- GRENNER, W. **Econometric analysis**. New Jersey: Prentice-Hall, 2000. 1006p.
- HOU, C., GEE, S. National systems supporting technical advance in industries: the case of Taiwan. In: NELSON, R. (Ed.) **National innovation systems; a comparative analysis**. New York: Oxford University, 1993. p.76-114.
- KAUFMAN, L., ROUSSEEUW, P. **Finding groups in data; an introduction to cluster analysis**. New York: John Wiley & Sons, 1990. 342p.
- KECK, O. The national system for technical innovation in Germany. In: NELSON, R. (Ed.) **National innovation systems; a comparative analysis**. New York: Oxford University, 1993. p.115-157.
- KIM, L. National systems of industrial innovation. In: NELSON, R. (Ed.) **National innovation systems a comparative analysis**. New York: Oxford University, 1993. p.357-383.
- KLEVRICK, A., LEVIN, R., NELSON, R., WINTER, S. On the sources and significance of inter-industry differences in technological opportunities. **Research Policy**, v. 24, n.2, p.185-205, 1995.
- MANLY, B. **Multivariate statistical methods; a primer**. . New York: Chapman and Hall, 1986. 159p.
- NARIN, F., HAMILTON, K. S., OLIVASTRO, D. The increasing linkage between U.S. technology and public science. **Research Policy**, v. 26, n. 3, p.317-330, 1997.
- NELSON, R. **Sources of economic growth**. Cambridge, Mass.: Harvard University, 1996.
- NELSON, R. The agenda for growth theory: a different point of view. **Cambridge Journal of Economics**, v.22, n.4, p.497-520, 1998.
- NELSON, R., ROSENBERG, N. (Eds.) **National innovation systems; a comparative analysis** New York, Oxford: Oxford University, 1993. Cap. 1. Technical innovation and national systems p.3-21.
- NELSON, R., SAMPAT, B. Making sense of institutions as a factor shaping economic performance. **Journal of Economic Behavior & Organization**. v.44, n.1, p.31-54, 2001.
- ODAGIRI, H., GOTO, A. The Japanese system of innovation: past, present and future. In: NELSON, R. (Ed) **National innovation systems: a comparative analysis**. New York: Oxford University, 1993. p. 384-413.
- UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME - UNDP. **Human development report**. Paris: UNDP, 2001.
- PAVITT, K. What makes basic research economically useful? **Research Policy**, v.20, n.2, p.109-119, 1991.
- RAPINI, M. S. **Uma investigação sobre a relação de Granger-causalidade entre ciência e tecnologia para países em catching up e para o Brasil**. 2000. 52f. Monografia (Graduação em Economia) – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Minas Gerais.
- ROSENBERG, N. **Inside the black box; technology and economics**. Cambridge: Cambridge University, 1982. 304p.

ROSENBERG, N. Why do firms do basic research (with their money)? **Research Policy**, v.19, n.2, p.165-174, 1990.

SCHUMPETER, Joseph A. **Capitalismo socialismo e democracia**. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1961. 512p.

SCHUMPETER, Joseph A. **Teoria do desenvolvimento econômico**; uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico. 3.ed. São Paulo: Nova Cultural, 1988. 169p.

INSTITUTE FOR SCIENCE INFORMATION – ISI. **Science citation index (SCI)**. Disponível em <<http://wos2.isiknowledge.com/>> Acesso em: 20/11 - 20/12 de 2002.

SILVA, L. **Transferência de tecnologia no Brasil**: um estudo introdutório a partir de contratos averbados pelo INPI (1991-1997). 1999. 67p. Monografia (Graduação em Economia) – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Minas Gerais.

SILVA, L. **Padrões de Interação entre Ciência e Tecnologia**: uma investigação a partir de estatísticas de artigos e patentes. 114p Dissertação (Mestrado em Economia) – Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (CEDEPLAR, Universidade Federal de Minas Gerais.

UNITED STATES PATENTS AND TRADEMARK OFFICE. **Patent counts by country/state and year utility patents January 1, 1963 -- December 31, 2000**. Disponível em <<http://www.uspto.gov>>. Acesso em: 01/04/2002.