

# **Dinâmicas tecnológicas e inserção no mercado internacional: uma análise de misturas finitas das distribuições dos níveis de exportação de bens de alta tecnologia<sup>1</sup>**

Eva Yamila da Silva Catela<sup>2</sup>

Flávio Gonçalves<sup>3</sup>

**Resumo:** O artigo discute a existência de clubes tecnológicos na economia mundial a partir do análise da distribuição das exportações de alta tecnologia de 123 países no período 1985-2004. As conclusões seguem a linha lançada pelo trabalho seminal de QUAH (1996) ao mostrar que apesar da alta probabilidade de manutenção do *status quo* existe uma pequena probabilidade das economias migrarem entre grupos. O artigo contribui para a literatura sobre convergência ao estabelecer parâmetros que determinam a formação dos clubes de convergência, e como os membros destes clubes interagem intra e entre grupos tanto comercialmente quanto tecnologicamente. Três clubes são identificados e analisados, os clubes tecnológicos demonstram a cumulatividade e irreversibilidade do avanço técnico ao não serem observadas transições do grupo de maior nível de exportações de bens de alta tecnologia para aquele intermediário ao contrário da análise da renda.

**Palavras-Chave:** Convergência Tecnológica, Misturas Finitas, Matriz de Markov, Convergência em Clubes

**Classificação JEL:** C19, O33, F14.

**Abstract:** This paper discusses the existence of technological clubs in the world economy by analyzing the distribution of high technology goods exports in 123 countries during the period 1985-2004. The conclusions are compatible with the findings of QUAH (1996), showing that in spite of the high probability of maintenance of the *status quo*, there exists a small probability of migration between groups. The paper contributes to the convergence literature in two ways. First it allows for finding the parameter values leading to club convergence in the world economy. Secondly, it describes how club members interact, within and between groups, in terms of trade and technology flows. Three clubs are identified and analyzed. These clubs show cumulativity and irreversibility in their technological path, as revealed by the fact that there is no transition from the group of high-tech exports to the intermediate group, contrary to what happens in the case of income.

**Key-words:** Technology Convergence, Finites Mixtures, Markov Chains, Club Convergence.

**JEL Classification:** C19, O33, F14.

---

<sup>1</sup> Os autores agradecem ao apoio financeiro da CAPES e CNPq, sem os quais esta pesquisa não seria possível.

<sup>2</sup> Doutoranda do Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento Econômico da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Endereço eletrônico: evadasilva@gmail.com.

<sup>3</sup> Professor Adjunto do Departamento de Economia da UFPR e pesquisador do Núcleo de Avaliação de Políticas Públicas Educacionais (NAPPE). Endereço eletrônico: flaviogonsalves@hotmail.com.

## 1. Introdução.

A mudança tecnológica é uma das mais importantes fontes de crescimento de longo prazo. As taxas e os padrões de crescimento variam consideravelmente entre países e as diferenças em competências tecnológicas têm um papel fundamental. As inovações em novos produtos expandem as possibilidades de exportação, gerando ao mesmo tempo maiores níveis de demanda gerada domesticamente, maior renda e maiores níveis de importações.

Existe assim, um forte nexos entre tecnologia<sup>4</sup>, comércio e crescimento: a inovação tem um papel fundamental no desenvolvimento de novos produtos, aumento do comércio de qualidade e crescimento dos países (HAUSMANN, HWANG e RODRIK, 2005). O investimento autônomo associado, empreendido tanto pelos líderes tecnológicos quanto pelos imitadores, torna-se o motor do desenvolvimento.

O objetivo principal do trabalho é testar a existência de diferentes clubes tecnológicos na economia mundial, caracterizá-los e analisar suas dinâmicas. Para a consecução deste objetivo, será analisada a distribuição das exportações de alta tecnologia de 123 países e sua evolução no período 1985-2004. O comportamento desta distribuição pode nos brindar importantes conclusões acerca da existência de clubes tecnológicos no mundo, sua conformação e a dinâmica intra-distribuição ao longo do tempo. O artigo contribui para a literatura sobre convergência ao estabelecer parâmetros que determinam a formação dos clubes de convergência, e como os membros destes clubes interagem intra e entre grupos tanto comercialmente quanto tecnologicamente (difusão).

A importância desta análise aparece se consideramos que as diferenças nas capacidades tecnológicas podem explicar a existência de polarização e clubes de convergência da renda na economia mundial (CASTELLACCI e ARCHIBUGI, 2005). Neste sentido, o trabalho seminal de BAUMOL (1986) aponta a existência de clubes de convergência (OECD, economias centralmente planejadas e países em desenvolvimento) e demonstra que os padrões de convergência diferem entre estes grupos. À medida que os estudos sobre crescimento “divergente” foram avançando (DURLAUF e JOHNSON 1995, QUAH 1996, PRITCHETT 1997) os modelos de crescimento endógeno começaram a explorar os possíveis fatores que poderiam explicar os padrões de persistência, polarização e formação de clubes na distribuição da renda mundial.

Vários trabalhos formalizaram recentemente a idéia de que a existência de clubes de convergência dos níveis de renda per capita é resultado de diferenças em capacidades tecnológicas, como NAKAJIMA (2003), HOWITT e MAYER-FOULKES (2002) e CASTELLACCI e ARCHIBUGI (2005). O presente trabalho procura evidenciar acerca da existência de clubes ou grupos de capacidades tecnológicas diferentes que se correspondam com os clubes de convergência de renda já evidenciados nos trabalhos referidos.

As conclusões seguem a linha lançada pelo trabalho seminal de QUAH (1996) ao mostrar que apesar da alta probabilidade de manutenção do *status quo* existe uma pequena probabilidade das economias migrarem entre grupos. Nas estimativas com renda, as transições são mais frequentes que naquelas tecnológicas, influenciadas principalmente por mudanças de preços relativos e conseqüente rebaixamento/promoção de países ricos em recursos naturais. Uma análise baseada nas capacidades tecnológicas mostra-se, portanto mais robusta ao explicar o processo de desenvolvimento e inserção na economia mundial. O artigo contribui também com a discussão econométrica ao propor o teste para 4 grupos, e aumentar o poder do teste de misturas finitas.

---

<sup>4</sup> A tecnologia é o resultado de uma atividade humana que pode ser entendida se levamos em conta quatro aspectos fundamentais apontados por ARCHIBUGI e MICHIE (1995). Em primeiro lugar, a tecnologia não é um bem livre, os produtores de novos conhecimentos contam com uma variedade de métodos legais e econômicos para obter os retornos de suas inovações. A imitação tem um custo e consome tempo. Em segundo lugar, uma ampla parte do conhecimento associado à tecnologia é tácito, específico de agentes econômicos como indivíduos, empresas e nações. Este conhecimento só pode ser adquirido por longos processos de aprendizado. Em terceiro lugar, existem variações entre diferentes campos tecnológicos e essas variações implicam variações na *expertise* necessária para ter acesso a essas tecnologias. Por último, a evolução do conhecimento é influenciado pelo conhecimento já acumulado pelos agentes no passado.

O trabalho é organizado como segue. Na seção dois justifica-se a importância do estudo. A seção três proporciona uma análise exploratória dos dados bem como a definição dos dados utilizados no trabalho. Na seção quatro é descrito o método empregado para a realização da análise empírica, o modelo de misturas finitas, assim como o teste econométrico usado. A seção cinco apresenta os principais resultados econométricos. Depois de determinar o número de componentes nos grupos de exportações de alta tecnologia, será analisada a evolução e dinâmica inter-distribuição das exportações de alta tecnologia, utilizando os dados de média, desvio padrão e probabilidades estimadas nos modelos. Por último, apresentam-se na seção seis a análise da cadeia de Markov para estudar a dinâmica de transição entre os grupos e o equilíbrio estocástico de longo prazo sob a hipótese de ergodicidade da distribuição. Para finalizar, são apresentadas as conclusões do trabalho.

## **2. Conteúdo tecnológico das exportações, economias de escala e o crescimento de produto.**

O comportamento da distribuição da renda nacional dos países é caracterizado pela existência de dois ou mais grupos que distinguem um mundo polarizado e sugere a existência de equilíbrios múltiplos. Numerosos trabalhos, desde os pioneiros de BARRO (1991), BARRO e SALA-I-MARTIN (1992), QUAH (1996), até o mais recentes de FAGERBERG e VERSPAGEN (2002) e BEAUDRY, COLLARD e GREEN (2005) discutem o tipo de padrão (convergente ou divergente) que governa o desenvolvimento da renda dos países no mundo.

A partir das evidências de avanço de alguns países no pós-guerra a literatura econômica produz uma série de relatos e testes de convergência em todas as variantes conhecidas, convergência absoluta, sigma-convergência, convergência condicional e convergência em clubes. A forma determinística com que os modelos de crescimento são tratados leva a uma conclusão pouca apoiada pelos fatos estilizados: a existência de armadilhas de pobreza (e de riqueza), onde mesmo na presença de equilíbrios múltiplos estes seriam equilíbrios estáveis.

Experiências bem sucedidas de *catching up* realizadas pelos países do Sudeste Asiático, países como Espanha e mais recentemente a Irlanda estariam excluídos da análise de convergência tradicional. O caso contrário também não é explicado dentro do equilíbrio determinístico, ou seja, de países latino americanos como a Argentina e Venezuela que em certo ponto da história recente tinham rendas per capita que os colocavam junto aos países ricos e que passaram por desastres de crescimento.

A partir dos trabalhos de QUAH (1993, 1996), DURLAUF (1996) e PRITCHETT (1997), começou-se a procurar às causas da divergência no crescimento entre os países. Neste sentido, diferentes trabalhos formalizaram a idéia de que a existência de clubes de convergência dos níveis de renda per capita poderia ser resultado de diferenças em capacidades tecnológicas, como NAKAJIMA (2003), HOWITT e MAYER-FOULKES (2002) e CASTELLACCI e ARCHIBUGI (2005). Estes autores mostram como as diferenças nas capacidades tecnológicas determinam a existência de três grupos de países: (i) os países avançados, condutores da atividade inovadora; (ii) um grupo de países de renda média, que conseguem imitar as tecnologias estrangeiras e (iii) um cluster de países retardatários, que não são capazes de inovar nem imitar. Ao mesmo tempo que foi reconhecido o caráter cumulativo do progresso tecnológico, também chama a atenção à capacidade de aprendizado e portanto na possibilidade de transição de um clube para outro.

Autores como DOSI, PAVITT e SOETE (1990) enfatizam, dentro da teoria do ciclo do produto, que a distribuição setorial das atividades tecnológicas e exportadoras, dependem das trajetórias nacionais, específicas e cumulativas que geram vantagens de produtividade em certos setores num país. O processo de competência tecnológica implica trajetórias ao longo de coeficientes fixos e irreversibilidades. Sem embargo como depois foi reconhecida por VERNON (1979), esta situação começa a mudar no início da década de setenta, quando muitos países em desenvolvimento aumentam sua industrialização e suas produções começaram a envolver produtos que se encontram nos primeiros estágios do seu ciclo de vida.

Empiricamente, as evidências apontam que a variância em termos de distribuição de exportações mundiais pode ser explicada por um conjunto de variáveis tecnológicas que apresentam o país e cada setor (AMABLE e VERSPAGEN 1995, MONTobbio, 2005).

O trabalho de MONTobbio (2005) explora a relação entre atividade tecnológica, mudança estrutural das exportações e trajetórias de crescimento contrapondo as experiências de países asiáticos e latino-americanos, no período 1985-1998. Seus resultados suportam a idéia de que existem diferentes caminhos nos quais as atividades tecnológicas podem melhorar ou piorar o comércio de um país. Países em desenvolvimento tendem a concentrar seus esforços de inovação em indústrias tecnologicamente estagnadas o que gera impactos negativos através dos padrões de especialização herdados e a dificuldade de sair destas atividades que oferecem poucas oportunidades tecnológicas de partir para atividades tecnologicamente dinâmicas. Sem embargo, a experiência de países como China e Singapura mostra a possibilidade de superar desvantagens históricas. A análise econométrica confirma que as atividades tecnológicas geram ganhos de exportação em setores high-tech se o país expande suas atividades de inovação em indústrias com níveis crescentes de oportunidades tecnológicas, em indústrias de tecnologia média se esta especializado em setores de baixas oportunidades e em baixa tecnologia, se o país esta especializado em setores que não apresentam nenhum tipo de oportunidade tecnológica. Ou seja, qualquer *upgrading* é importante para a melhora na qualidade das exportações dependendo do ponto do qual se parte.

Outros trabalhos enfatizam a importância das economias de escala no aprendizado tecnológico, como determinante dos padrões internacionais das exportações em geral e as exportações de alta tecnologia em particular. A primeira contribuição pode ser atribuída a KRUGMAN (1979), que desenvolve um modelo de equilíbrio geral no qual só o Norte pode inovar e produzir novos produtos e o Sul imita as tecnologias. Retornos crescentes de escala e inovação de produtos, geram especialização no comércio e vantagens de líderes. Porém, em equilíbrio, a imitação reduz as brechas tecnológicas entre países e o poder de monopólio dos líderes é temporário. Neste caso uma polarização inicial tende a se esvaír no tempo com a aproximação dos grupos.

No trabalho de GROSSMAN e HELPMAN (1995), a ênfase recai sobre a experiência tecnológica acumulada, ou seja, os resultados do *learning by doing* ou *exporting*, mais do que o capital humano e seus custos, determinam a alocação internacional de recursos em P&D. O modelo tem um equilíbrio caracterizado pela aglomeração geográfica das atividades inovadoras, com países capazes de se converter em líderes em setores tecnológicos através de altas taxas de inovação. Aqui, as condições iniciais de capacidades tecnológicas são cruciais, não permitindo transição entre os grupos<sup>5</sup>. A característica principal deste modelo é o efeito da escala sobre o crescimento: uma mudança permanente na intensidade pesquisadora (gerada por um aumento da força de trabalho que se dedica à pesquisa ou por uma política pública) leva a uma mudança nas taxas de crescimento.

JONES (1999) mostra que o modelo de GROSSMAN e HELPMAN (1995) pode resultar num aumento exponencial na taxa de crescimento do produto per capita o que contradiz o que aconteceu no século vinte. JONES (1999) restabelece os micro fundamentos da função de produção de novas idéias<sup>6</sup>, e, neste caso, as mudanças na intensidade da atividade de pesquisa (aumento da força de trabalho) não afeta a taxa de crescimento de longo prazo, mas afeta o nível de renda. Desta forma, a escala importa, não mais para garantir um aumento permanente na taxa de crescimento de

---

<sup>5</sup> Chamamos estes de clubes verdadeiros, com interação entre seus componentes. A hipótese testada aqui é mais geral, ou seja, economias com diferentes graus de especialização em bens de alta tecnologia agrupadas por elementos da distribuição de probabilidade comuns independentemente de sua localização geográfica e parceiros comerciais.

<sup>6</sup> No modelo de GROSSMAN e HELPMAN (1995) a produção de novas idéias cresce a uma taxa de  $\frac{\dot{A}}{A} = \delta L_A$  onde  $A$  são novas idéias,  $L$  é a força do trabalho. No caso do modelo de Jones (1999), este crescimento estará dado por  $\dot{A} = \delta L_A A^\phi$  onde  $\phi < 1$ , assim, mudanças na atividade pesquisadora não geram mais um crescimento exponencial.

longo prazo, mas sim para afetar o nível de renda. Desta forma, o nível de atividade de pesquisa (e não a participação relativa) define o nível de renda.

Este trabalho leva a sério a hipótese de clubes de convergência e a relação entre capacidades tecnológicas, exportação e crescimento. Na próxima seção estima-se a existência e número destes clubes, bem como as características inter e intra-distributivas.

### 3. Estimação de Densidade de Kernel.

O trabalho utiliza como insumo fundamental os dados de exportações de alta tecnologia da base de dados TradeCAN 2006 (CEPAL, Nações Unidas e Banco Mundial). A fonte destes dados é a base oficial de dados de comercio internacional mantida pela Oficina de Estatística das Nações Unidas (COMTRADE). Trata-se de dados observacionais (coletados de uma amostra de população relevante) de comercio gerados num ponto da venda/compra entre os participantes da transação de comercio internacional<sup>7</sup>. Os dados captados de COMTRADE são valores, em dólares correntes de Estados Unidos das importações anuais, por tipo e país de origem, tal como foram informados por cada um dos países importadores, utilizando a Classificação Uniforme para o Comercio Internacional, Revisão 2 (CUCI, Ver. 2). O número de países informantes utilizados é de 73<sup>8</sup>. Os países importadores reportam os países de origem de suas importações. Desta forma, o TradeCAN 2006 incorpora mais de 90% do comercio mundial. Dada a ampla cobertura da amostra, pode ser descartado o problema de *missing data*. As rubricas inclusas nas exportações de alta tecnologia são apresentadas no Apêndice I.

Enquanto aos países, são considerados 123 países do mundo industrializados e em desenvolvimento de todos os continentes. Não são considerados os países da ex União Soviética e Europa Oriental, aqueles países para os quais temos falta de dados e os países com menos de um milhão de habitantes.

Na seguinte tabela são apresentadas as estatísticas descritivas para exportações de AT nos anos 1985 e 2004. A primeira característica que aparece é o aumento da média destas exportações como percentagem do total de exportações e o aumento conjunto do desvio padrão, para o total de países. Podemos inferir que ao longo destes anos pode ter se produzido alguma mobilidade intra-distribuição a partir destas mudanças.

Uma primeira avaliação de grande utilidade é a análise exploratória dos dados, em especial como se apresenta sua distribuição, através de estimadores não-paramétricos, que ajudam a fazer o diagnostico da situação antes da estimação propriamente dita. A observação das distribuições é uma boa forma de começar a analisar os valores de preditores lineares que vamos a utilizar posteriormente para cada grupo ou clube, na realização do teste de misturas finitas.

**Tabela 1 – Estatísticas descritivas  
Log do nível de exportações de alta tecnologia**

Ano	Obs	Média	Erro Padrão	Mínimo	Máximo
1985	123	10.22	3.09	5.09	17.67
2004	123	11.91	3.53	6.53	19.19

Fonte: Elaboração dos autores a partir dos dados de TradeCAN.

A avaliação dos padrões de dinâmica intra-distribuição, como por exemplo, a possível evidência de polaridade é de extrema importância se a mesma implica uma melhora ou piora da

<sup>7</sup> O tipo de dados observacionais pode ser considerado de dados longitudinais ou em painel. Este tipo de dados é obtido por uma seleção de uma amostra  $S$  e a coleta de observações por uma sequência de períodos de tempo,  $t=1, \dots, T$ .

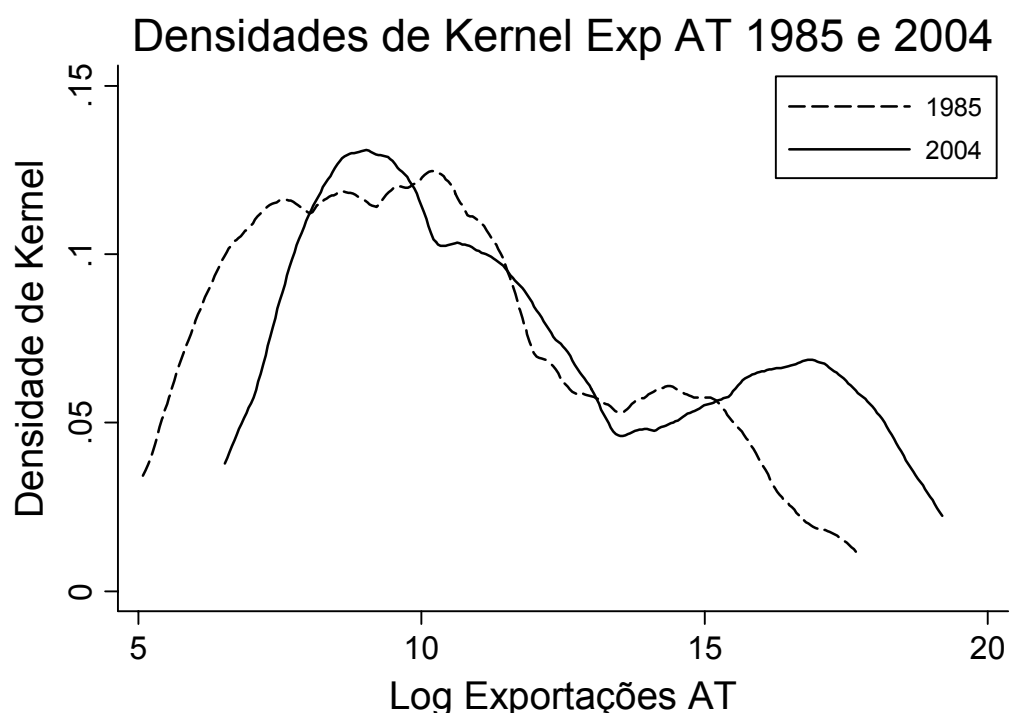
<sup>8</sup> Ficam fora principalmente as importações das economias em transição e as importações de alguns países africanos como África do Sul. O número de países informantes pode variar ligeiramente da versão anterior devido à disponibilidade de dados, dado que foram descartados os países sem informação em mais de três períodos consecutivos.

situação de progresso tecnológico e o conseqüente crescimento econômico. Em termos teóricos, o estimador de densidade de Kernel, introduzido por ROSENBLATT (1956) generaliza o histograma usando uma função alternativa de pesos<sup>9</sup>.

Na seguinte figura são apresentadas duas funções de densidade de Kernel, para o ano 1985 e 2004, com amplitude ótima média. Quanto maior a amplitude maior é a suavidade da curva, porém, também é maior a perda de informação.

A análise não paramétrica sugere que a partir de 1985 as economias antes polarizadas em dois grupos começam a distinguir-se em três destes grupos em 2004. Este tipo de análise, apesar de bastante intuitiva e esclarecedora, não nos informa o grau de confiança nas nossas conclusões sobre a existência dos clubes e sua quantidade, os limites de suas abrangências, as médias de seus participantes, suas composições e principalmente não traz os movimentos intra-distribuição ao longo do tempo.

**Figura 1 – Função de Densidade de Kernel 1985 e 2004**



As evidências da análise não paramétrica vão contra as conclusões de GROSSMAN e HELPMAN (1995) sobre o *lock in* nos clubes tecnológicos. Os dados apontam em uma formação de clubes não-fechados com uma pequena probabilidade de transição inter-grupos.

Nas seções seguintes consideraremos estas questões a partir de um teste de misturas finitas para definir o número de grupos, e sua composição e da análise da cadeia de Markov para estudar a dinâmica de transição entre os grupos e o equilíbrio estocástico de longo prazo sob a hipótese de ergodicidade da distribuição.

---

<sup>9</sup> Esta função é dada por:  $\hat{f}(x_0) = \frac{1}{Nh} \sum_{i=1}^N K\left(\frac{x_i - x_0}{h}\right)$ , onde o parâmetro  $h$  é o parâmetro de alisamento ou suavidade (*smoothing parameter*) chamado de amplitude. O  $K$  é o tipo de função de Kernel utilizada (Epanechnikov, Uniforme, Gaussiano, Quartic)

#### 4. Testando o número de componentes num modelo Finite Mixture: o Teste LR modificado.

Seja  $f_X$  a densidade de distribuição das exportações de alta tecnologia *cross-country* de um ano, e seja  $f_Y$  a densidade das exportações de AT, então  $f_Y(y) = f_X(e^y)e^y$ . A multi-modalidade surge de  $f_X$  como uma mistura finita de outras densidades uni modais, então:

$$f_X(x) = p_1 g(x; \mu_1, \sigma_1) + \dots + p_m g(x; \mu_m, \sigma_m), \quad x > 0 \quad (1)$$

Onde os pesos  $p_i > 0$ ,  $\sum p_i = 1$  e  $g(x; \mu, \sigma)$  é uma família de densidades paramétricas, a distribuição log-normal. Neste caso, na distribuição de exportações de alta tecnologia *cross-section* os componentes correspondem a grupos com diferentes níveis de exportações de AT.

Os testes de modelos paramétricos são frequentemente efetuados usando o teste de LR. Para testar o numero de componentes em modelos finite mixture, a teoria padrão de LRT não se aplica. Recentemente CHEN, CHEN e KALBFLEISCH (2001, 2004) sugerem modificar LRT para resolver o problema.

Em primeiro lugar, se considera o teste de um sobre dois componentes no mix. Suponha que  $\phi(x; \mu, \sigma)$  é a distribuição normal com media  $\mu$  e desvio padrão  $\sigma$ , e considere a mistura de dois componentes:

$$f_Y(y; p, \mu_1, \mu_2, \sigma) = p \phi(y; \mu_1, \sigma) + (1 - p) \phi(y; \mu_2, \sigma) \quad (2)$$

O problema a testar é:  $H_0$ :  $f_Y$  é normalmente distribuída contra  $H_1$ :  $f_Y$  é de forma (2)  
A função verossimilhança é dada por:

$$I_n(p, \mu_1, \mu_2, \sigma) = \sum_{i=1}^n \log(p \phi(y_i; \mu_1, \sigma) + (1 - p) \phi(y_i; \mu_2, \sigma)) + C \log(4p(1 - p))$$

Onde  $C$  é uma constante fixa (neste caso  $C=2$ ). Sejam  $(\hat{p}, \hat{\mu}_1, \hat{\mu}_2, \hat{\sigma})$  os parâmetros que maximizam  $I_n(p, \mu_1, \mu_2, \sigma)$  e  $(\hat{\mu}, \hat{\sigma})$  os que maximizam  $I_n(1/2, \hat{\mu}, \hat{\mu}, \hat{\sigma})$ . A hipótese  $H_1$  é rejeitada para valores grandes da estatística LRT modificada:

$$M_n = 2(I_n(\hat{p}, \hat{\mu}_1, \hat{\mu}_2, \hat{\sigma}) - I_n(1/2, \hat{\mu}, \hat{\mu}, \hat{\sigma}))$$

Para valores desconhecidos de  $\sigma$  a distribuição assintótica de  $M_n$  é desconhecida, sem embargo CHEN, H., CHEN J., e KALBFLEISCH (2001) demonstram que a distribuição chi-quadrado é uma boa aproximação (no limite superior).

#### 5. Resultados da análise econométrica.

##### 5.1 Definição dos grupos intra-distribuição.

Aplicamos a metodologia dos modelos finite mixture para o período 1985 a 2004 para todos os países da amostra. Na tabela 2 se apresentam os resultados do teste LR para a comparação dos modelos de um componente (mixing1), dois (mixing2), três (mixing3) e quatro componentes (mixing4). os critérios de informação de AIC e BIC que medem a qualidade do ajuste de cada modelo. da função de LR modificada e ver o valor de  $p$  do limite superior da estatística chi-quadrado. Este resultado nos levava a concluir se rejeitamos a hipótese de um componente simples a favor da hipótese de dois componentes

Como já foi mencionado, o teste LR convencional não é valido neste caso. CHEN, H., CHEN J., e KALBFLEISCH (2004) sugerem, com base em estudo de simulação, sobre a hipótese nula de dois grupos, a estatística calculada se distribui como uma  $\chi^2$  com  $2v-2$  graus de liberdade,

sendo  $v$  o número de parâmetros extras no modelo de três grupos. A hipótese nula e alternativa são dadas por:  $H_0: f_Y$  têm  $n$  componentes<sup>10</sup> contra  $H_1: f_Y$  tem  $n+1$  componentes.

**Tabela 2 – Teste LR para número de componentes e qualidade de ajuste 1985-2004**

Um componente			Dois componentes			Três componentes			Quatro componentes		
Ano	AIC	BIC	LR 1 vs 2	AIC	BIC	LR 2 vs 3	AIC	BIC	LR 3 vs 4	AIC	BIC
1985	629.27	634.89	0.00	621.67	633.73	0.09	620.26	642.75	0.27	632.38	653.31
1990	639.03	644.66	0.00	620.94	635.01	0.08	620.20	642.69	0.79	625.19	656.12
1995	654.33	650.95	0.00	626.12	640.18	0.05	624.49	646.98	0.41	627.61	658.55
2000	651.69	657.32	0.00	624.26	638.32	0.04	624.01	647.31	0.54	628.67	659.60
2004	662.63	668.63	0.00	633.29	647.35	0.02	632.55	655.05	0.64	636.90	667.84

Fonte: Elaboração dos autores em base aos resultados do Stata.

Em primeiro lugar, observa-se que dois grupos são sempre preferíveis que um grupo. Quando comparamos dois versus três grupos vemos que desde o início da amostra -1985- os valores da probabilidade vão decrescendo e a partir de 1995 o teste LR rejeita o modelo de dois grupos ao nível de 5%. Nas últimas colunas são comparados os modelos com três e quatro grupos dentro da distribuição, para todos os anos o teste LR e os critérios de informação AIC e BIC rejeitam a presença de quatro grupos.

Ademais de testar o número de componentes, comparamos os modelos via o Critério de Informação de Akaike (AIC, AKAIKE, 1973) e o Critério de Informação Bayesiano (BIC, SCHWARZ, 1978), dados por  $-2l+2k$  e  $-2l+k$ , onde  $l$  é o log-likelihood,  $k$  é o número de parâmetros e  $n$  o número de observações. O AIC sempre aparece em favor do modelo de três componentes. Já o BIC se inclina pelo modelo de dois componentes, o que é esperável dado que tende a selecionar o modelo de menor número de componentes, no caso de amostras finitas, como no caso de modelos finite mixture.

Em suma, nossa análise confirma a hipótese levantada sob a análise gráfica, ou seja, que no início da distribuição em 1985 inicia-se uma configuração de 3 grupos que viria a ser confirmado nos anos seguintes como observado pelo aumento de significância do teste LR sob hipótese nula de 3 grupos.

## 5.2 Composição dos grupos e evolução da distribuição.

A tabela 3 sumariza as principais características distribucionais dos modelos de três componentes desde 1985 até 2004. Comparando os resultados do primeiro e último ano da amostra, encontramos que 25 dos 123 países, 20% destes, mudaram de grupo na distribuição das exportações de alta tecnologia (ver Apêndice 2). Isto implica uma (relativamente) baixa mobilidade de países, dado que um de cada cinco países muda de situação ou grupo dentro da distribuição nas quase duas décadas analisadas. Estudar o comportamento dos países segundo clubes tecnológicos tem a vantagem de nos dar parâmetros de análise mais confiáveis dentro de uma amostra mais homogênea de economias. A existência de diferentes componentes estocásticos no processo de desenvolvimento de capacidades tecnológicas, mostrado com os testes de mistura finitas, confirma a necessidade de isolamento destes grupos para análise. Estes clubes têm dinâmicas diferentes de convergência/divergência intra e entre grupos.

Na tabela seguinte apresentamos a distribuição dos grupos para os anos analisados, suas médias e erros-padrão.

<sup>10</sup> No caso de um componente, trata-se de uma distribuição normal.



**Tabela 3 – Média, erro padrão e probabilidades dos modelos de três grupos.**

	Grupo 1			Grupo 2			Grupo 3		
Ano	p <sub>1</sub>	u <sub>1</sub>	se <sub>1</sub>	p <sub>2</sub>	u <sub>2</sub>	se <sub>2</sub>	p <sub>3</sub>	u <sub>3</sub>	se <sub>3</sub>
1985	0.29	6.71	0.89	0.51	9.92	1.65	0.20	14.74	1.43
1990	0.23	7.29	0.84	0.56	10.28	1.68	0.21	15.72	1.31
1995	0.26	7.99	0.97	0.52	11.22	1.60	0.22	16.43	1.22
2000	0.30	8.39	0.65	0.45	10.70	2.04	0.25	16.70	1.26
2004	0.35	8.43	1.01	0.37	11.31	1.52	0.28	16.56	1.45

\* Os dados da média correspondem ao log do valor total em US\$ das exportações de bens de alta tecnologia.

Fonte: Elaboração dos autores em base aos resultados do Stata.

O passo do ano 1985 aos 2004 permite vislumbrar uma polarização da distribuição, sendo o grupo intermediário o que apresenta uma maior mobilidade, provendo membros para os grupos polares. A probabilidade de pertencer ao componente dois cai de 51% para 37%, aumentando a probabilidade de pertencer ao componente um (de 29% para 35%) e ao componente três (de 20% para 28%).

Seguindo a análise de KRUGMAN (1979), a defasagem *entre* os grupos com menor intensidade tecnológica nas suas exportações parece diminuir pois o grupo de menor exportação apresenta uma taxa de crescimento de 1,7% enquanto o grupo intermediário apresenta um crescimento médio de 1,4% nas suas exportações de alta tecnologia. A diferença destes em relação àquele de maior nível de exportação aumenta, trazendo evidência da existência de barreiras à imitação (como por exemplo, a disponibilidade da capital humano para P&D ou a especificidade da tecnologia desenvolvida nos países avançados). Apesar de toda mudança estrutural observada no período, com a redução da importância relativa da atividade industrial nos países de maior nível de renda, as exportações de bens de alto teor tecnológico tem uma taxa de crescimento de 1,8% nos países avançados, o que aumenta a defasagem em relação aos outros grupos.

Analisando a dispersão *dentro* de cada grupo podemos notar que aquele de menor nível de exportações apresenta um aumento significativo do erro padrão associado à variável em análise. Podemos observar também que este aumento da dispersão se deve principalmente pela inclusão de novos membros ocorrida principalmente após o ano de 1990. Este aumento de dispersão se contrapõe ao grupo mais avançado, que mesmo ao receber novos membros continuamente no período analisado apresentou um erro padrão decrescente entre 1985 e 2000 e em 2004 retorna ao nível de 1985. O grupo intermediário tem uma distribuição interna mais homogênea até o ano de 1995, em 2000 observa-se um aumento significativo de dispersão quando então 7% de seus membros migram para outros grupos. A perda destes membros é consolidada no último ano analisado, onde nota-se uma significativa redução da dispersão observada. Estes diferentes comportamentos observados intra grupos mostra evidências em favor das análises de BAUMOL(1986).

A configuração destes grupos é compatível com as que determinam CASTELLACCI e ARCHIBUGI (2005) na conformação de três clusters de acordo a diversos indicadores tecnológicos<sup>11</sup>:

**Cluster 1: Marginalizados (habilidades baixas, inovação baixa, catching- up quase inexistente):** Trata-se do maior grupo de países, agrupando mais do 60% da população mundial nos 1990 e produzindo só o 23% do PIB mundial no começo da década de 2000. O núcleo deste cluster é constituído pelos países de África. Os membros aumentam ao longo do período considerado: só

<sup>11</sup> Inclui medidas de oito características: patentes, artigos científicos, penetração de internet, penetração de telefonia, consumo de eletricidade, matrículas no ensino terciário em ciências e engenharia, anos médios de estudo e taxa de alfabetização.

um restrito número de economias conseguiu administrar o *catch up* e junta-se ao cluster de “seguidores” nos 2000 (Albânia, Chad, Vietnam).

No caso da Albânia, a entrada ao grupo de seguidores (tecnologicamente mais avançado) se dá principalmente pelo começo de suas exportações em três rubricas: aparelhos elétricos rotativos e suas partes, máquinas para a elaboração automática de dados e equipo de telecomunicações. De não exportar nada destas rubricas, elas passam a representar 0,8%, 1,5% e 1,1% do total de suas exportações. No total de exportações as exportações de AT representavam 0,5% no ano 1985 e passam a 4,3% no final do período. A mudança de Chad deve-se unicamente a uma rubrica, as aeronaves e equipo conexo, que passam de 0,15% do total das exportações do país, para quase 4% das mesmas.

Outros países entram no grupo, porque diminuem as exportações de alta tecnologia (Bahamas, Barbados, Benin, Congo, Etiópia, Iraque) ou porque o aumento destas é menor que o aumento médio do grupo intermediário (Honduras, Jamaica e Zimbábue, Argélia).

### **Cluster 2: Seguidores (habilidades medias- altas, baixa inovação, lento catching-up)**

Comparado com o cluster anterior este grupo mostra uma habilidade maior para criar e imitar conhecimentos avançados. A composição deste cluster se mantém relativamente estável durante a década de 1990 e início dos 2000 e seu núcleo esta constituído por economias do Sudeste de Ásia, o sul de Europa, Médio Oriente, América Latina mais o grupo de países que conformavam a Ex-União de Republicas Socialistas Soviéticas.

No início dos 2000 se produz algumas mudanças neste grupo, especialmente a saída de um pequeno conjunto de economias dinâmicas da Ásia e Europa continental (Hungria, Polónia) que se movem para o grupo de países tecnologicamente avançados. Observa-se também a entrada de alguns poucos países que rapidamente melhoraram suas capacidades tecnológicas ao longo dos anos noventa, da Ásia (Vietnam), Médio Oriente (Síria) e América Central.

O Vietnam mostra um aumento muito diversificado de exportações de AT, representando só 0,10% das exportações totais em 1985, o início das exportações de máquinas para a elaboração automática de dados e suas partes, equipamento de telecomunicações, aparelhos de eletricidade, máquinas e aparelhos elétricos, lâmpadas, tubos e válvulas eletrônicas de catodo, aparelhos elétricos rotativos e suas partes, levam a que estas exportações representem 3,4% no total de exportações no ano 2004.

**Cluster 3: Avançados (grande escala de produção de bens de alta tecnologia, habilidades, alta inovação, líderes dinâmicos):** Grupo dos países mais avançados tecnologicamente composto por um pequeno grupo de economias industrializadas. Os membros do cluster se mantêm relativamente estáveis ao longo do tempo, sendo a maior mudança datada nos inícios do século XXI com a entrada de uns poucos países muito dinâmicos da Ásia (Tailândia, Singapura, Hong Kong e Coreia do Sul) e países com alto aproveitamento de economias de escala (China, Brasil, Índia e México).

A Singapura já tinha a meados dos anos 1980 uma base exportadora de alta tecnologia, dado que 28% da suas exportações totais provinham de rubricas de AT. Mas consegue migrar para o grupo de países que mais exportam tecnologia, representando essas exportações mais de 50% do total no ano 2004. Duas rubricas mostram o maior dinamismo: máquinas para a elaboração automática de dados (passa de 1% do total exportado para 15%) e lâmpadas, tubos e válvulas eletrônicas de catodo (de 8% para 20% do total exportado).

Coreia do Sul tem no período um crescimento mais explosivo e diversificado de suas exportações de AT. Estas passam de 14% para 43% das exportações totais. Este crescimento é explicado especialmente pelo aumento de equipo de telecomunicações (de 3% para 12,5% do total exportado), máquinas para a elaboração automática de dados e suas partes (de 1,5% para 8% do total exportado), instrumentos e aparatos de ótica (de 0,10% para 3,4% do total exportado) e lâmpadas, tubos e válvulas eletrônicas de catodo (de 5% para 13,6% do total). A Tailândia apresenta um comportamento similar (suas exportações de AT passam de menos do 8% para 33% do total exportado) e as rubricas de maior dinamismo são as mesmas que a Coreia do Sul.

Os países com alto aproveitamento das economias de escala mostram duas tipologias. Por um lado o caso de China e México, que ao longo do período aproveitam a grande escala das

exportações de AT para mudar o padrão de exportações aumentando a percentagem destas exportações no total exportado (China passa de 2,5% para 30% de exportações de AT no total exportado, México passa de 9% para 24%<sup>12</sup>). O perfil do dinamismo é similar para eles, baseado num aumento expressivo das exportações de máquinas para a elaboração automática de dados e suas partes, equipamento de telecomunicações, lâmpadas, tubos e válvulas eletrônicas de catodo, ademais de receptores de televisão (México) e máquinas e aparelhos elétricos (China). O Brasil e a Índia diferenciam-se destes países pois não conseguem no período que a grande massa de exportações de AT implique uma mudança no padrão exportador. As exportações de AT passam de 2% para 5% do total exportado na Índia, e esse aumento baseia-se especialmente no crescimento das exportações de produtos medicinais e farmacêuticos. No caso do Brasil, as exportações de AT passam a representar o 8% das exportações totais, partindo de 3% no ano 1985. As rubricas que sustentam este aumento são aeronaves e equipamento conexo e suas partes e equipamentos de telecomunicações.

Países pertencentes a este último grupo entram em uma trajetória tecnológica irreversível, pois não se observaram transições para os grupos inferiores. Trata-se de países que logram captar a tecnologia nas suas duas dimensões, em primeiro lugar, tem o conhecimento acerca de como criar novos produtos de alta tecnologia e em segundo lugar o conhecimento acerca de como produzi-los. Em outras palavras, contam com os conhecimentos para inovar tanto nos produtos quanto nos processos de produção deles (FAGERBERG e VERSPAGEN, 2002).

A capacidade tecnológica mostra-se desta forma cumulativa, no sentido de que inovações acontecem através de um processo contínuo e este processo é irreversível. Países de renda média e baixa que por terem um grande mercado seja interno quanto boa inserção no comércio internacional de bens de elevado conteúdo tecnológico estão mais propícios a alcançar seus pares em termos de renda que aqueles com alta renda baseados em recursos naturais. Na próxima seção fazemos uma comparação das transições ocorridas entre nossos grupos estimados a partir da estrutura produtiva e grupos estimados a partir da renda.

## 6. Cadeia de Markov.

Muitos modelos de crescimento ressaltam a importância das condições iniciais na determinação de equilíbrios múltiplos de longo prazo e a conseqüente polarização dos níveis de renda per capita ou capacidades tecnológicas. Nossa hipótese é menos restritiva ao assumir que existe uma probabilidade positiva de transição entre os clubes em um período finito de tempo. Neste sentido, a ferramenta adequada para análise de um possível equilíbrio de longo prazo é a Cadeia de Markov. A avaliação de Cadeia de Markov é um elemento fundamental para conhecer a evolução das observações entre estados de uma distribuição. Dado um conjunto de estados,  $S = \{s_1, s_2, \dots, s_r\}$  o processo de Markov começa com a distribuição das observações entre estes estados e analisa suas transições sucessivas de um estado para outro. Se a economia começa no estado  $s_i$ , então ela se move ao estado  $s_j$  com uma probabilidade de  $p_{ij}$  essa probabilidade não depende do estado no qual se encontrava antes.

As probabilidades  $p_{ij}$  são chamadas probabilidades de transição. A economia pode, porém, permanecer no mesmo estado, com probabilidade  $p_{ii}$ . Uma distribuição de probabilidades iniciais, definida sobre S, especifica o estado inicial como um estado particular.

Para o nosso caso de três grupos, podemos definir a matriz de transição, como segue:

<sup>12</sup> O caso de México necessita uma análise mais aprofundada que excede o limite de nosso trabalho, dado que ademais de apresentar um aumento expressivo das exportações manufatureiras aumentando sua participação no comércio mundial, apresenta também uma queda na participação mundial do valor agregado manufatureiro, o que estaria indicando o caráter de país “maquila” ou ensamblador.

$$P = M \begin{matrix} B \\ A \end{matrix} \begin{pmatrix} p_{bb} & p_{mb} & p_{ab} \\ p_{bm} & p_{mm} & p_{am} \\ p_{ba} & p_{ma} & p_{aa} \end{pmatrix}$$

As entradas da primeira coluna da matriz P representam as probabilidades dos vários níveis de exportações de alta tecnologia (baixa, média e alta) aconteçam depois da economia pertencer ao grupo com baixa exportação de AT. As entradas da segunda e terceira coluna representam as probabilidades dos grupos de exportadores sucederem o médio e alto nível de exportações de alta tecnologia, respectivamente.

$$P_{85,95} = M \begin{matrix} B \\ A \end{matrix} \begin{pmatrix} 0,84 & 0,16 & 0 \\ 0,16 & 0,79 & 0,05 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad P_{95,04} = M \begin{matrix} B \\ A \end{matrix} \begin{pmatrix} 0,90 & 0,10 & 0 \\ 0,17 & 0,74 & 0,09 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Não observou-se nenhuma mudança significativa entre as duas matrizes para o período inicial, intermediário e final de nossa amostra. Para a matriz de transição 85-95, a linha B indica, em  $p_{bb}$  a probabilidade de os componentes pertencentes ao grupo de menor quantidade exportada de AT em 1985, permanecerem no mesmo grupo em 1995 (85% do total de países permanece na mesma situação); em  $p_{mb}$  a probabilidade dos componentes que, pertencendo ao grupo de baixa quantidade de exportações de AT em 1985, passam para o grupo de média quantidade de exportações de AT (16% dos países) e,  $p_{ab}$  pertencendo ao grupo de baixa quantidade de exportações de AT, passam para altas exportações de AT. Existe uma transição freqüente entre os dois primeiros grupos nos períodos analisados, o que mostra a fragilidade do processo de *take off* tecnológico. Mais raras são as transições do grupo intermediário para aquele de grande produção/exportação de bens de alto conteúdo tecnológico (0,5% dos países). Esta transição parece porém ter crescido em probabilidade no segundo período, mas não chega ao 1%, o que mostra que mesmo tendo aumentado, não representa uma grande quantidade de países.

A matriz apresenta uma diagonal principal dominante, ressaltando a inércia do *status quo*. Para conhecer o comportamento estocástico de longo prazo de nossa distribuição procuramos o vetor ergódico. Uma cadeia de Markov é chamada ergódica se é possível se deslocar de um estado qualquer para outro estado. A cadeia será por outro lado, regular, se a matriz de transição tem só elementos positivos. Em outras palavras, para qualquer n, é possível mudar de qualquer estado para outro em exatamente n passos. Desta forma, toda matriz regular é ergódica.

Para chegar a vetor ergódico, partimos do estado inicial da distribuição. Considera-se o vetor de probabilidades iniciais, que é um vetor coluna de r componentes cujas entradas são não negativas e somam 1. Se  $\mathbf{u}$  é o vetor de probabilidades que representa o estado inicial do processo de Markov, então o componente i-ésimo de  $\mathbf{u}$  representa a probabilidade que o processo comece no estado  $s_i$ . Para o ano inicial 1985, o vetor de probabilidades de estado inicial é:

$$\mathbf{u} = (0,29 \quad 0,51 \quad 0,20)$$

Seja P a matriz de transição de um processo de Markov e seja  $\mathbf{u}$  o vetor de probabilidades que representa a distribuição inicial. Então, a probabilidade que o processo chegue ao estado  $s_i$  depois de n passos, é a i-ésima entrada no vetor:

$$\mathbf{u}^{(n)} = \mathbf{u}P^n$$

Para o nosso caso, temos o seguinte vetor de probabilidade da distribuição de longo prazo, depois de dezenove passos:

$$\mathbf{u}^{(19)} = (0,37 \quad 0,36 \quad 0,27)$$

A matriz de transição de exportações de alta tecnologia é regular, mas não pode ser caracterizada como ergódica, dado que temos um estado *absorbing*, na última fila da matriz. Um estado  $s_i$  de uma cadeia de Markov é chamado de absorvente se é impossível deixar ele ( $p_{ii}=1$ ). Um cadeia de Markov é absorvente se tem ao menos um estado absorvente e se para todo estado é possível converter-se em um estado absorvente. Uma característica de matrizes de Markov absorventes, é que não podemos achar o vetor único fixo de longo prazo, que definiria um equilíbrio

de longo prazo, isto é uma matriz de Markov que converge para um estado no qual os três vetores coluna da matriz são iguais.

Um exercício útil é compara a matriz de transição de exportações de alta tecnologia, como outra matriz, de renda, para o mesmo período. Esta matriz de renda, foi construída a partir dos dados de produto per capita real (ajustado segundo a PPP) da Penn World Table, mark 6.2. Como pode ser observado a seguir, as matrizes são similares, com predominância da diagonal principal, o que indica, que assim como os países tendem a manter-se na mesma situação ao longo do tempo respeito a quantidade exportada de bens de alta tecnologia, a mesma situação acontece com os níveis de renda per capita reais (ajustados por paridade de poder de compra). Sem embargo podemos apreciar algumas diferenças. Em primeiro lugar, existe uma mobilidade maior na linha de renda baixa que no caso das exportações. E verdade que nenhum país da amostra muda do grupo baixo para o alto, mas, uma quantidade maior de países migra da situação de baixa renda para renda média per capita, que no caso das exportações (24% contra 14%). Em segundo lugar, a situação contrária acontece no grupo intermediário: a mobilidade é maior no caso das exportações de alta tecnologia que no caso de renda.

$$AT_{85-04} = M \begin{matrix} B \\ A \end{matrix} \begin{pmatrix} 0,86 & 0,14 & 0 \\ 0,23 & 0,62 & 0,15 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad R_{85-03} = M \begin{matrix} B \\ A \end{matrix} \begin{pmatrix} 0,76 & 0,24 & 0 \\ 0,13 & 0,81 & 0,05 \\ 0 & 0,10 & 0,90 \end{pmatrix}$$

Podemos observar que as linhas vão se diferenciando a medida que cresce o nível de exportação de bens de alta tecnologia. Para a primeira linha de probabilidades de transição os dois indicadores são bastante próximos, o que pode indicar que a transição entre os dois primeiros grupos pode estar mais dissociada do processo de melhoria de capacidades tecnológicas. As transições do grupo intermediário diferenciam-se mais entre os indicadores apresentados. As maiores diferenças são observadas quanto aos países de maiores exportações de bens de alto conteúdo tecnológico e aqueles de maior renda.

Enquanto na matriz de transição de grupos de renda existe uma probabilidade positiva de que economias no grupo dos ricos caiam para o grupo intermediário, na matriz de transição de exportações de AT esta probabilidade é nula. Dois exemplos de transição observados no primeiro caso são a Venezuela e Iran, países no grupo dos ricos na década de 70 que após mudanças nos preços relativos do petróleo tiveram seus níveis de renda per capita reduzidos à média dos países intermediários. O segundo fato reflete a cumulatividade do aprendizado tecnológico em contraposição a fragilidade dos altos níveis de renda per capita quando baseados em recursos naturais. Uma vez que a economia entra no círculo virtuoso do aprendizado ao exportar bens de alta tecnologia (*learning-by-doing* e *learning-by-exporting*) existe uma “armadilha do conhecimento” que impede que esta torne a exportar em níveis de grupos inferiores.

Por último, a maior diferencia encontra-se na ultima linha, onde vemos que existe uma mobilidade no grupo de renda alta. Trata-se de países que não lograram manter sua posição e foram rebaixados ao grupo de renda média (Algeria, Camarões, Costa de Marfil, El Salvador, Geórgia, Latvia, Paraguai). No caso das exportações, pode ser visto que uma vez alcançado o grupo de alta quantidade de exportações de alta tecnologia, não tem volta para trás.

## 7. Observações Finais.

O trabalho teve como objetivo principal analisar o número de grupos que podem ser considerados dentro da distribuição de exportações de alta tecnologia, considerando os anos que vão de 1985 até 2004. O teste LR modificado permite concluir pela existência três componentes em todos os casos, aumentando a significância desde o início da amostra (1985, 9%; 2004, 5%). Os testes AIC e BIC divergem em quanto à escolha, o que é esperado pela definição destes critérios, sendo que o AIC escolhe três componentes e o BIC dois. O teste conclui, portanto, pelo aumento da polarização dos níveis de conteúdo tecnológico das exportações.

Ao longo do período percebe-se uma mobilidade importante inter-distribuição, partindo para uma polarização, como pode ser analisado a partir da diminuição de membros no segundo componente a favor do primeiro e o terceiro componente. A média de exportação de produtos de alta tecnologia aumenta em todos os grupos, porém com uma maior dispersão no primeiro grupo e maior concentração no grupo de países avançados. O aumento da média no conjunto de países atrasados se dá principalmente pela injeção de novos componentes.

A análise das distribuições de longo prazo nos indica que não houve um movimento de troca de regime de Markov no período analisado, a polarização de rendas estava “escrita” desde os anos iniciais da análise. Através da comparação das matrizes de transição de exportações e renda podemos concluir que estas estão fortemente ligadas, com vantagens para a análise da tecnologia. O caráter cumulativo da tecnologia permite uma maior estabilidade de nossos grupos, principalmente aquele de alto nível de tecnologia/renda, pois exclui nestes casos países com alta renda baseados em commodities e portanto com grande fragilidade com relação a mudanças de preços relativos.

## Referências Bibliográficas.

- AKAIKE, H. Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. In: PETROV, B.N., CSAKI, P. (Eds.), *Second International Symposium on Information Theory*, p. 267-281, 1973.
- AMABLE, B.; VERSPAGEN, B. The Role of Technology in Market Share Dynamics, *Applied Economics*, v. 27, N.2, P. 197-204, fev.1995.
- ARCHIBUGI, D.; MICHIE, J. The globalization of technology: a new taxonomy. *Cambridge Journal of Economics*, Special issue on technology and innovation, v.19, 1995.
- BARRO, R. Economic Growth in a Cross Section of Countries. *NBER Working Papers* n.3120, 1991.
- BARRO, R., SALA-I-MARTIN, X. Convergence. *Journal of Political Economy*, v.100, n.2, p. 223-51, abr. 1992.
- BAUMOL, W. J. Productivity growth, convergence and welfare: what the long-run data show. *American Economic Review*, v.76, n. 5, p. 1072-85, 1986.
- BEAUDRY, P., COLLARD, F. e GREEN, D. A. Changes in the world distribution of output per worker, 1960–1998: How a standard decomposition tells us an unorthodox story. *Review of Economics and Statistics* n.87, p. 741–753, 2005.
- BERNARD A., DURLAUF, S. Interpreting Test of the Convergence Hypothesis. *Journal of Econometrics*, v.71, n. 1, p.161-173, 1996.
- CASTELLACCI, F., ARCHIBUGI, D., (2005) The technology clubs in the world economy, mimeo, 2005.
- CHEN, H., CHEN, J., KALBFLEISCH, J. D. A modified likelihood ratio test for homogeneity in finite mixture models. *J. R. Stat. Soc. Ser. B Stat. Methodol.*, v.63, p. 19–29, 2001.
- CHEN, H., CHEN, J., KALBFLEISCH, J. D. Testing for a finite mixture model with two components. *J. R. Stat. Soc. Ser. B Stat. Methodol.*, v.66, p. 95–115, 2004.

- DE CASTRO, S.; DE OLIVEIRA GONÇALVES, F. False Contagion and False Coverage Clubs in Stochastic Growth Theory. *Economics Discussion Paper No. 237*, Universidade de Brasília, July 2002.
- DOSI, G.; PAVITT, K., SOETE, L. *The economics of technical change and international trade*. London: Harvester-Wheatsheaf, 1990
- DURLAUF, S. N.; JOHNSON, P. A. Multiple regimes and cross-country growth behaviour. *Journal of Applied Econometrics* v.10, n.4, p. 365-84, 1995, 1995.
- FAGERBERG, J.; VERSPAGEN, B. Technology gaps, Innovation-diffusion and Transformation: An Evolutionary Interpretation, *Research Policy*, v.31, n.8-9, p. 1291-1304, dez. 2002.
- GROSSMAN, G.; HELPMAN, E. Technology and trade. In: GROSSMAN, G. e ROGOFF, K. (Eds.). *Handbook of international economics*, v. 3. New York: Elsevier, 1995.
- HAUSMAN, R., HWANG, J., RODRIK D. What you Export Matters, *NBER Working Paper Series* n.1905, 2005.
- HESTON, A., SUMMERS, R., ATEN, B. Penn World Table Version 6.2, Center for International Comparisons of Production, Income and Prices at the University of Pennsylvania, sep. 2006.
- HOWITT, P., MAYER-FOULKES D. R&D, Implementation and Stagnation: A Schumpeterian Theory of Convergence Clubs. *NBER Working Papers* n. 9104, 2002.
- Jones, C. Growth: With or Without Scale Effects? *American Economic Review Papers and Proceeding*, v. 89, n.2, 1999.
- KRUGMAN, P. A model of Innovation, Technology Transfer, and the World Distribution of Income. *Journal of Political Economy*, v. 87 n.2, p. 253-66, 1979.
- MONTORBIO, F., RAMPA, F. The Impact of Technology and Structural Change on Export Performance in Nine Developing Countries. *World Development*, v. 33, n.4, p. 527-47, abr. 2005.
- NAKAJIMA, T. Catch-up in turn in a multi-country international trade model with learning-by-doing and invention. *Journal of Development Economics* v.72, n.1, p.117-138, 2003.
- PRITCHETT, L. Divergence, big time. *Journal of Economic Perspectives*, v.11, n.3, p. 3-17, 1997.
- QUAH, D. T. Empirical cross-section dynamics in economic growth. *European Economic Review*, v. 37, n. 2-3, p. 426-434, abr. 1993.
- QUAH, D. T. Twin peaks: growth and convergence in models of distribution dynamics. *Economic Journal* v.106, n.437, p.1045-55, 1996.
- ROSENBLATT, M. Remarks on Some Nonparametric Estimates of a Density Function. *Annals of Mathematical Statistics.*, v. 27, 1956.
- SCHWARZ, G. Estimating the dimension of a model, *Annals of Statistics* n.6, 1978.
- TRADE CAN. Nações Unidas/CEPAL, 2005.
- VERNON, R. The Product Cycle Hypothesis in a New International Environment. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, N.41, P.255-267, 1979.

#### **Apêndice 1 – Rubricas de exportações de alta tecnologia, TradeCAN 2006**

<b>CUCI</b>	<b>Rubrica</b>
524	Matérias radiativas e conexas
541	Produtos medicinais e farmacêuticos
712	Máquinas de vapor de água ou outros vapores
716	Aparatos elétricos rotativos e suas partes e peças soltas
718	Outra maquinaria geradora de energia e suas partes
751	Máquinas de oficina
752	Máq. para a elaboração automát. de dados e suas unidades
759	Partes, n.e.p. exc. destinadas a grupos 751 ó 752
761	Receptores de televisão
764	Equipo de telecomunicaciones e partes e accesorios

771	Aparatos de eletricidade e suas partes
774	Aparatos elétricos e radiológicos para usos médicos
776	Lâmparas, tubos y válvulas electrónicas de cátodo
778	Máquinas e aparatos elétricos
792	Aeronaves e equipo conexo e suas partes
871	Instrumentos e aparatos de ótica
874	Instrumentos e aparatos de medição
881	Aparatos e equipos fotográficos

**Apêndice 2 – Países componentes da amostra e grupo ao qual pertence em 1895 e 2004.**

País	1985			2004		
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Albânia	6.407834				9.98891	
Alemanha			16.81035			18.57626
Angola	7.071742			8.610529		
Arábia Saudita		12.17738			11.91453	
Argélia		9.461261		9.777836		
Argentina		12.03995			13.23895	
Austrália			13.15306			15.09513
Áustria			14.12068			16.09995
Bahamas		11.75203		9.143947		
Bahrain		10.49682		10.39036		
Bangladesh		8.185496			10.31628	
Barbados		11.81496		9.480372		
Bélgica e Luxemburgo			15.04413			16.87324
Bhutan	6.581665			8.226048		
Benin		8.700872		6.528812		
Bermuda		8.396322		9.150106		
Bolívia	7.493471			8.624576		
Brasil			13.4227			15.71167
Bulgária		10.59388			12.50562	
Burkina Faso	5.404521			7.527764		
Burundi	5.087584			7.354415		
	5.398163			7.215468		
Camboja	6.292906			7.984674		
Cameron	7.848247			8.898971		
Canadá			15.41986			17.07707
Chad	6.039476				10.54358	
Chile		9.619658			11.81418	
China			13.45814			19.10199
Chipre		9.771819			11.79609	
Colômbia		10.12328			12.85355	
Congo( Rep. Dem. do)		9.279343		8.659463		
Coréia		9.451145			11.96831	
Costa de Marfil	8.015718			8.738139		
Costa Rica		10.58894				15.44746
Dinamarca			14.35072			16.18332
	5.593383			9.480409		



Equador		9.43648			11.1366	
Egito		10.30754			11.69245	
El Salvador		11.28968			11.80673	
Emiratos Arabes Unidos		10.6811			14.30338	
Espanha			14.1616			16.46963
Estados Unidos			17.67467			19.18921
Etiópia		8.927488		8.210369		
Filipinas			14.04295			17.37467
Finlândia			13.36546			16.13529
Francia			16.36942			18.05657
Gabón		11.11561			10.7815	
Ghana	7.330102			8.578604		
Grécia		11.07255			13.82183	
Groenlândia	7.335541			9.147742		
Guatemala		10.57237			11.71374	
Guinea	6.541935			7.088684		
Haiti		10.51714		7.789279		
Honduras		8.606314		9.52721		
Hong-Kong			14.86952			16.68628
Hungria		12.16161				16.33689
Índia		12.09654				15.02487
Indonésia		11.37121				15.64884
Iran		9.436876			11.22017	
Iraque		9.871167		8.102468		
Irlanda			14.60653			17.7933
Islândia		8.822863			11.81397	
Israel		13.29421				15.88391
Itália			15.51772			17.027
Jamaica		8.58243		8.628989		
Japão			17.33675			18.86312
Jordânia		10.58354			12.10172	
Kenia		9.295393			10.10315	
Kuwait		10.65156			11.15106	
Malásia			14.85151			18.13931
Malí	7.698899			8.830849		
Malta		11.08446			14.50705	
Marrocos		10.57329			13.81681	
Maurício	8.054605				10.46489	
Mauritânia	6.029801			8.789525		
México			14.78508			17.57936
Mongólia	5.516267			7.743283		
Moçambique	6.949143			7.987064		
Myanmar	6.960269			8.731122		
Nepal	7.505396			8.943567		
Nicarágua	7.276318			8.741263		
Níger		12.21526			12.03538	
Nigéria		9.858613			10.00501	
Noruega			13.35607			14.78997
Nova Caledônia	6.879461			8.406938		
Nova Zelândia		11.19589			13.33693	

Omán		10.84712			10.78045	
Países Baixos			15.60162			17.64286
Paquistão		10.70894			10.82123	
Panamá		11.5485			12.56357	
Papua Nova Guine	7.612307			8.98221		
Paraguai	6.673797				9.915659	
Peru		9.462606			10.77292	
Polônia		11.26675				15.19062
Portugal		12.87894				15.0006
Reino Unido			16.28327			17.98095
República Dominicana		9.583017			12.54549	
România		11.12858			13.86128	
Ruanda	6.048732			6.822719		
Senegal	7.695156			9.233802		
Serra Leoa	6.202777			9.343123		
Singapura			15.28896			17.80827
Síria (República Árabe)	8.203478				10.43645	
Somália	7.248364			6.65772		
Sri Lanka		8.593133			11.88204	
Sudão		8.348116			9.767649	
Suécia			15.02695			16.74409
Suíça y Liechtenstein			15.32016			16.97323
Suriname	6.649704			7.298718		
Tailândia		13.22132				17.16311
Tanzânia	7.842352			8.57514		
Togo		8.405425		6.552804		
Trinidad e Tobago		9.241239			10.0164	
Tunísia		9.869475			12.76111	
Turquia		10.23822				14.76037
Uganda	6.644487			8.618877		
Uruguai		9.049242			11.19799	
Vanuatu	6.618943			7.731333		
Venezuela		9.174658			11.58808	
Vietnam	5.641916				13.58538	
Yugoslavia		12.56327			10.80547	
Zâmbia	7.663928			7.553121		
Zimbábue		8.501202		9.630279		
<b>Total países por grupo</b>	<b>37</b>	<b>61</b>	<b>25</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>35</b>
<b>Total de países</b>			<b>123</b>			<b>123</b>

Fonte: Elaboração dos autores com base nos resultados do Stata.