



Working
Paper

540

Dezembro de 2020



FGV

**SAO PAULO SCHOOL
OF ECONOMICS**

**Um novo mapa do comércio internacional usando
análise de complexidade:
Competição imperfeita e a escada tecnológica**

**Paulo Gala
Luiz Antonio Rodrigues Junior
André Roncaglia de Carvalho**

As manifestações expressas por integrantes dos quadros da Fundação Getúlio Vargas, nas quais constem a sua identificação como tais, em artigos e entrevistas publicados nos meios de comunicação em geral, representam exclusivamente as opiniões dos seus autores e não, necessariamente, a posição institucional da FGV. Portaria FGV Nº19

Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas FGV EESP
www.fgv.br/eesp

Um novo mapa do comércio internacional usando análise de complexidade: competição imperfeita e a escada tecnológica

Paulo Gala – EESP/FGV

Luiz Antonio Rodrigues Junior – UNIFESP

André Roncaglia de Carvalho – UNIFESP

Resumo

O objetivo principal desse trabalho é a aplicação de técnicas de redes complexas para o estudo do comércio mundial, com foco específico na investigação das ideias cepalinas e estruturalistas. Um objetivo secundário do trabalho é ilustrar o potencial de utilização das abordagens da nova ciência das redes complexas em economia, no que vem sendo mais recentemente conhecido como uma agenda de pesquisa de econofísica. Trabalhamos com um banco de dados com 4898 produtos do sistema HS de 6 dígitos e 236 países. Os resultados empíricos baseados em metodologias computacionais para análise das redes aqui reportados apontam na direção do que diziam os economistas estruturalistas; países de renda per capita elevada se concentram na produção e exportação de bens manufaturados e complexos em mercados mais concentrados, países de renda per capita baixa se concentram na produção e exportação de *commodities* não complexas.

Abstract

The main purpose of this paper is to apply complex network techniques to the study of world trade, with a specific focus on the investigation of structuralist ideas. A secondary objective is to illustrate the potentialities of the use of the new science of complex networks in economics, in what has been recently referred to as an econophysics research agenda. We work with a database with 4898 and 6 digit HS system products and 236 countries. The empirical results based on network analysis and computational methods reported here point in the direction of what structuralists used to argue; countries with higher income per capita concentrate in producing and exporting manufactured and complex goods at more concentrated markets; countries with lower income per capita specialize in producing and exporting non-complex commodities.

Palavras chave: redes complexas, desenvolvimento econômico, comércio internacional, estruturalistas

Keywords: complex networks, economic development, international trade, structuralists

JEL classification: F10, D85, B20

1 – Introdução

Para os autores clássicos do desenvolvimento econômico as atividades produtivas são diferentes em termos de suas habilidades para gerar crescimento e desenvolvimento. Atividades com altos retornos crescentes de escala, alta incidência de inovações tecnológicas e altas sinergias decorrentes de divisão do trabalho dentro das empresas e entre empresas são fortemente indutoras de desenvolvimento econômico (Reinert 2009). São atividades onde em geral predominam competição imperfeita e todas as características desse tipo de estrutura de mercado (importantes curvas de aprendizagem, rápido progresso técnico, alto conteúdo de R&D, grandes possibilidades de economias de escala e escopo, alta concentração industrial, grandes barreiras à entrada, diferenciação por marcas, etc). Esse grupo de atividades de alto valor agregado se contrapõe às atividades de baixo valor agregado, em geral praticadas em países pobres ou de renda média com típica estrutura de baixa sofisticação tecnológica (baixo conteúdo de R&D, baixa inovação tecnológica, ausência de curvas de aprendizado e possibilidades de divisão do trabalho (Reinert e Katel 2010). Para esses economistas o aumento de produtividade de uma economia viria justamente da subida da escada tecnológica, migrando de atividades de baixa qualidade para as atividades de alta qualidade, rumo à sofisticação tecnológica do tecido produtivo (Bresser-pereira 2014). Para isso a construção de um sistema industrial complexo e diversificado é fundamental, sujeito a retornos crescentes de escala, altas sinergias e linkages entre atividades (Reinert 2010). A especialização em agricultura e extrativismos não permitiria esse tipo de evolução tecnológica.

Migrar de atividades de baixa qualidade para as atividades de alta qualidade onde reina a concorrência imperfeita é tarefa de enorme dificuldade. Desse salto depende o processo de desenvolvimento econômico. Por definição as atividades de alta qualidade aparecem em mercados com estruturas de oligopólio e concorrência monopolística o que já dificulta sobremaneira a entrada de novos players de países emergentes. Barreiras à entrada, grandes economias de escala e diferenciação por marcas são algumas das características desses mercados que dificultam muito o acesso de novas empresas do mundo emergente. Para se desenvolver um país precisa ser capaz de constituir empresas nesses setores já muito bem ocupados onde os potenciais de economias de escala e lucros são enormes: aí está a produtividade. Tarefa nada fácil para um país emergente; sem entrar nesses mercados e ocupar espaço relevante não há ganhos de produtividade relevantes e não há desenvolvimento econômico. Reinert mostra como podemos usar as ideias de Michael Porter para entender a microeconomia do desenvolvimento econômico: como evitar trabalhar onde não há barreiras à entrada, economias de escala e escopo e onde a informação é razoavelmente perfeita. Entender o subdesenvolvimento é compreender o que acontece nas indústrias onde as estratégias de Porter não funcionam – as “dog industries” que ele diz a seus clientes para se manterem longe. “Star industries” são atividades onde em geral predominam competição imperfeita e todas as características desse tipo de estrutura de mercado. Esse grupo de atividades se contrapõe às atividades de baixo valor agregado “dog industries”, em geral praticadas em países pobres ou de renda média. No livro “A vantagem competitiva das nações”, Porter leva as conclusões tiradas da arena da competição industrial para o nível nacional. O conselho que ele dá às nações é essencialmente o mesmo que ele dá às corporações: cultivar “star industries” e manter-se longe das “dog industries”. A “competitividade” no esquema de Porter consiste em posicionar seu próprio país nas atividades de “stars”. Segundo Erik Reinert, as recomendações da estratégia de Porter são essencialmente uma versão mais sofisticada das recomendações das escolas de pensamento mercantilistas e cameralistas que ele analisa longamente ao longo do livro.

Dessa análise surgem duas rotas possíveis para as diversas nações. A primeira que leva ao desenvolvimento econômico e a constituição e manutenção de atividades com retornos crescentes de escala, especialmente, mas não unicamente, manufaturas. As economias de escala permitem aumentos significativos de produtividade, pressionam salários para cima e geram lucros e excedentes tributáveis. Os salários mais altos geram maior poupança e maior demanda por bens mais sofisticados. Os excedentes tributáveis permitem aos governos taxar e investir, de preferência em infraestrutura e atividades públicas que estimulem inovações. O aumento do custo do trabalho estimula novas ondas de investimento em máquinas que poupam trabalhadores, mas aumentam ainda mais a produtividade. Assim o sistema vai se retroalimentando num ciclo virtuoso. O oposto ocorre em economias pobres que se dedicam a atividades com baixos retornos de escala, especialmente extrativismos de commodities. Os salários reais não sobem de forma consistente, pois não há ganhos de produtividade relevantes no sistema. Não há excedentes para aumentos de lucros, poupança e tributação. Nesse caso o sistema fica preso numa armadilha de pobreza; um círculo vicioso sem investimentos e inovações tecnológicas relevantes, dependente das oscilações do mercado mundial de commodities: a boa e velha história da América Latina.

Como medir empiricamente essas proposições dos economistas clássicos do desenvolvimento? Idealmente se poderia estudar os participantes e as estruturas dos mercados dos principais produtos do mundo revelados no comércio mundial. Se a proposição dos clássicos do desenvolvimento estiver correta, deveríamos encontrar países de renda per capita mais elevada se especializando na produção de bens manufaturados em mercados mais concentrados e países pobres se especializando em atividades mais ligadas a produção de *commodities*. Nesse trabalho seguiremos essa via. Usando técnicas de redes complexas faremos um estudo dos principais mercados de produtos e da rede comercial mundial. Trata-se de usar técnicas de econofísica para testar as hipóteses dos clássicos do desenvolvimento econômico. Outros trabalhos de econofísica já usaram redes complexas para estudar o comércio internacional (Fagiolo *et al* (2008) e Deguchi *et al* (2014)), mas não com o enfoque que aqui daremos usando ideias cepalinas e com uma base dados que se concentra em medir a complexidade produtiva de países e produtos no comércio mundial. Um objetivo secundário do trabalho será ilustrar o potencial das abordagens da nova ciência das redes complexas em economia, no que vem sendo mais recentemente caracterizado como uma agenda de pesquisa de econofísica (Sinha *et al* 2010). O trabalho se divide em 5 partes. A próxima seção trata das medidas de sofisticação produtiva do *Atlas da Complexidade Econômica*. A seção 3 apresenta o banco de dados que será usado e faz uma análise empírica sobre padrões de comércio mundial com base na divisão de entre produtos commodities e manufaturas. A quarta seção traz análises da rede de comércio internacional em termos de concentração dos mercados. A quinta seção conclui o texto.

2 – Complexidade econômica e padrões de comércio internacional

Hausmann *et al* (2011) usam técnicas de computação, redes e complexidade para criar um método capaz de medir a sofisticação produtiva ou “complexidade econômica” de países com extraordinária simplicidade. A partir da análise da pauta exportadora de um determinado país, são capazes de medir de forma indireta a sofisticação tecnológica de seu tecido produtivo. A metodologia criada para a construção dos índices de complexidade econômica culminou num *Atlas* (<http://atlas.media.mit.edu>) que reúne extenso material sobre uma infinidade de produtos e países desde 1963. Os dois conceitos básicos para se medir se um país é complexo economicamente são a ubiquidade e diversidade de produtos encontrados na sua pauta exportadora. Se uma determinada economia é capaz de produzir bens não ubíquos, raros e complexos, há indicação de que tem um sofisticado tecido produtivo. Os bens não ubíquos devem ser divididos entre aqueles que têm alto conteúdo tecnológico e, portanto, são de difícil produção (aviões, por exemplo) e aqueles que são altamente escassos na natureza, por exemplo, diamantes, e, portanto, tem uma não ubiquidade natural. Para controlar esse problema dos recursos naturais escassos na medição de complexidade, os autores do *Atlas* usam uma técnica engenhosa: comparam a ubiquidade do produto feito num determinado país com a diversidade de exportação de países que também exportam esse produto. Por exemplo: Botsuana e Serra Leoa produzem e exportam algo raro e, portanto, não ubíquo: diamantes brutos. Por outro lado têm uma pauta exportadora extremamente limitada e não diversificada. Temos aqui então casos de não ubiquidade sem complexidade. Por outro lado, poderíamos citar equipamentos médicos de processamento de imagem (raio-X), algo que praticamente só países ricos conseguem fabricar, certamente um produto não ubíquo. Só que nesse caso a pauta exportadora de Japão, EUA e Alemanha são extremamente diversificadas, indicando que esses países são altamente capazes de fazer várias coisas. Ou seja, não ubiquidade com diversidade significa “complexidade econômica”. Um país que tenha uma pauta muito diversificada mas em bens ubíquos (peixes, tecidos, carnes, minérios, etc...) não apresenta grande complexidade econômica; faz o que todos fazem. Dessa forma, diversidade sem não ubiquidade significa falta de complexidade econômica. O mesmo raciocínio se aplica para a aferição da complexidade dos produtos. Aqueles produzidos por poucos países com pautas de exportação diversificadas são considerados produtos complexos. Produtos feitos por muitos países com pautas de exportação não diversificadas são considerados de baixa complexidade.

Uma das grandes virtudes desses indicadores de complexidade econômica (ECI) e de produtos (PCI) é que não há considerações sobre questões qualitativas relevantes para a produção e exportação desses bens. Ou seja, não há juízo de valor em relação ao que se considera complexo ou não complexo. Nessa linha de raciocínio os autores seguem classificando diversos países e chegam a correlações robustas entre níveis de renda per capita, desigualdade econômica e complexidade econômica (Hausmann *et al* 2011 e Hartman *et al* 2015). Japão, Alemanha, Estados Unidos, Reino Unido e Suécia estão sempre entre os 10 primeiros países nos rankings de complexidade dos últimos 10 anos. O *Atlas da Complexidade Econômica* também traz outra contribuição empírica importante; ao calcular a probabilidade de produtos serem co-exportados por diversos países, o Atlas cria uma medida interessante sobre conhecimento produtivo contido nos produtos e capacidades locais necessárias para produzi-los: o “espaço produtivo” (Hidalgo *et al* 2007). Quanto maior a probabilidade de dois produtos serem co-exportados maior a indicação de que contem características similares e de que portanto demandam capacidades produtivas similares para serem produzidos, são produtos “irmãos” ou “primos”. O indicador de co-

exportação acaba funcionando como uma medida de encadeamento de conhecimento produtivo entre produtos, ou seja, ele indica as conexões produtivas existentes entre vários bens graças aos pré-requisitos comuns necessários para produzi-los. Os bens que tem muita conectividade estão, portanto, carregados de potencial de conhecimento e tecnológico o que os torna *hubs* de conhecimento; enquanto que bens com baixa conectividade requerem capacidades produtivas simples e que tem baixo potencial multiplicativo de conhecimento.

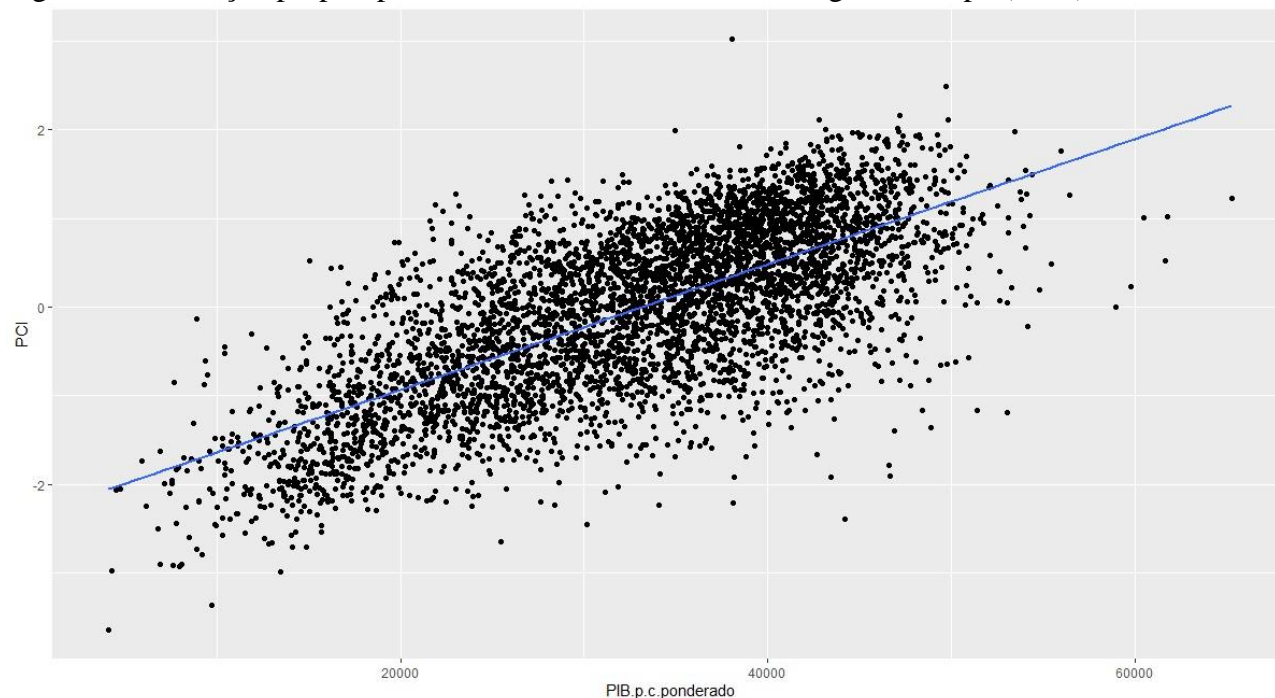
Por exemplo: países que produzem motores de combustão avançados provavelmente têm engenheiros e conhecimentos que permitem produzir uma série de coisas similares e sofisticadas. Países que produzem só bananas ou frutas tem conhecimentos limitados e provavelmente serão incapazes de fazer bens mais complexos. É importante frisar aqui que toda dificuldade para se observar isso decorre da incapacidade de se medir e capturar diretamente essas competências produtivas locais. O que se observa no comércio internacional são os produtos e não as habilidades que os países têm em produzi-los. Do ponto de vista empírico, fica claro no Atlas que manufaturas se caracterizam em geral como bens mais complexos e *commodities* aparecem como bens não complexos. Das 34 principais comunidades de produtos calculadas a partir de um algoritmo de compressão do Atlas (Rosvall and Bergstrom 2007), é possível observar que maquinário, produtos químicos, aviões, navios e eletrônicos se destacam como bens mais complexos e conectados entre si (ou seja, hubs de conhecimento). Por outro lado, pedras preciosas, petróleo, minerais, peixes e crustáceos, frutas, flores e agricultura tropical apresentam baixíssima complexidade e conectividade. Cereais, têxteis, equipamentos para construção e alimentos processados situam-se numa posição intermediária entre os bens mais complexos e menos complexos.

Como destacamos acima, na visão dos autores estruturalistas O desenvolvimento econômico pode ser tratado como o domínio de técnicas de produção mais sofisticadas que em geral levam a produção de maior valor adicionado por trabalhador. É isso que o indicador de complexidade econômica acaba capturando de forma bastante engenhosa a partir de medidas de ubiquidade e diversidade da pauta exportadora dos diversos países. Os resultados do Atlas também apontam na direção sugerida pelos clássicos do desenvolvimento econômico para padrões de especialização no comércio mundial: países ricos se especializam em mercados de manufaturas e países pobres em mercados de *commodities*, algo que exploraremos abaixo com mais profundidade.

3 – Manufaturas e commodities no comercio mundial

O primeiro passo de nossa abordagem empírica consistiu em estudar a estrutura dos mercados dos produtos do comércio internacional para o período 2005-2017. Nosso banco de dados final e completo após diversas filtrações em relação a dados faltantes resultou em 4898 produtos do sistema HS de 6 dígitos e 236 países (<https://www.foreign-trade.com/reference/hscodet.htm>). As contas para renda per capita foram feitas usando o PIB per capita em paridade do poder de compra constantes de 2017. Replicamos a metodologia de Felipe (2012). Cada ponto é um produto do comércio mundial com a média ponderada da renda per capita dos países que exportam esse produto durante o período 2007-2017 no eixo X. No eixo Y temos a complexidade média do produto no período. O gráfico mostra que há um claro padrão de produtos associados a renda per capita elevada. Pode ser lido como uma versão da escada tecnológica que países precisam subir em termos de complexidade do sistema produtivo.

Figura 1: elaboração própria para 2007-2017 usando a metodologia de Felipe (2012)



Dividimos então os produtos da rubrica HS 6 dígitos em 3 grupos seguindo um padrão tecnológico relativamente arbitrário para facilitar a exploração dos dados (figura 2)

Commodities (vermelho)

- 01-05 Animal & Animal Products (193)
- 06-15 Vegetable Products (310)
- 16-24 Foodstuffs (177)
- 25-27 Mineral products (146)

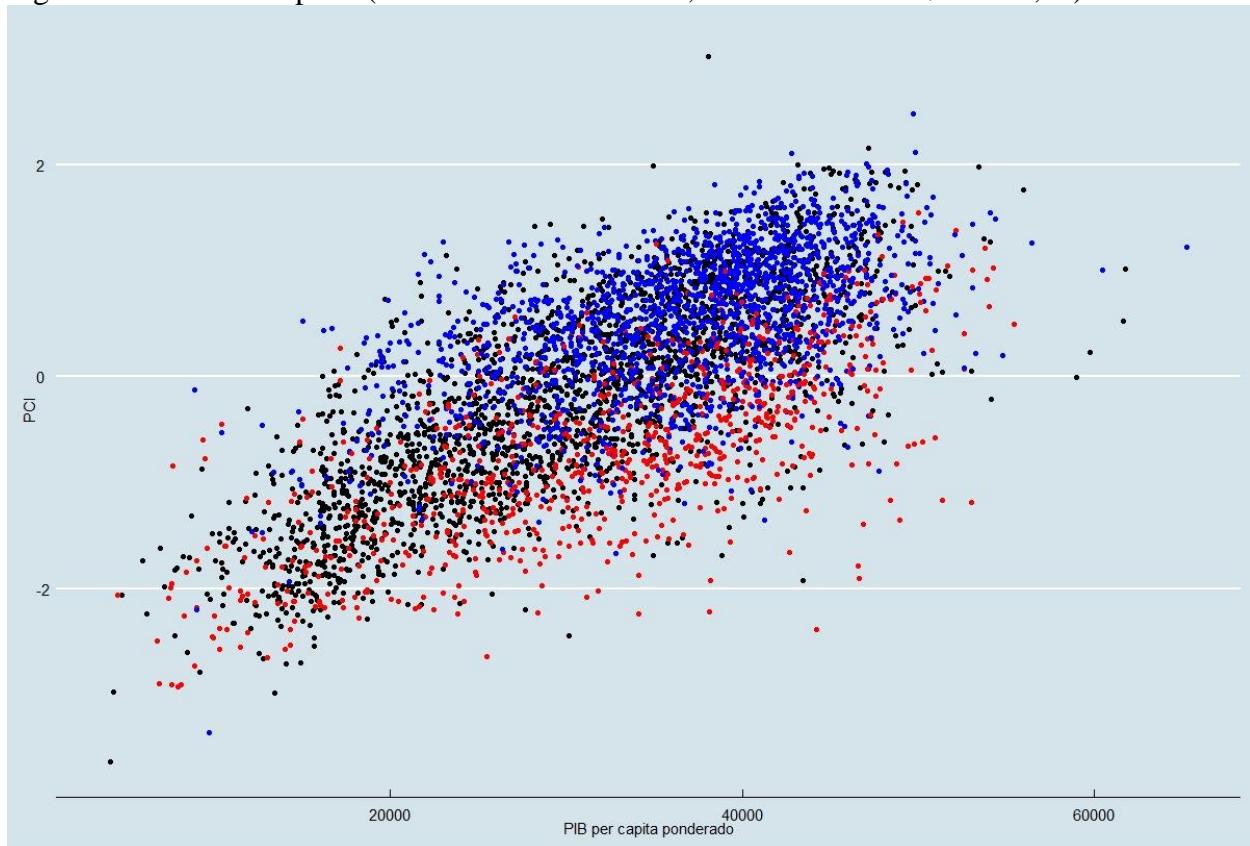
Manufaturas low-tech (preto)

- 39-40 Plastics / Rubbers (189)
- 41-43 Raw Hides, Skins, Leather, & Furs (63)
- 44-49 Wood & Wood Products (preto) (222)
- 50-63 Textiles (preto) (805)
- 64-67 Footwear / Headgear (55)
- 68-71 Stone / Glass (183)
- 72-83 Metals (547)
- 90-97 Miscellaneous (370)

Manufaturas médium/high-tech (azul)

84-85 Machinery / Electrical (759)
86-89 Transportation (131)
28-38 Químicos (739)

Figura 2: amostra completa (PCI médio= -0.0224603, renda média= US\$ 32.845,22)



Abaixo os gráficos para cada grupo separadamente. Todos países do mundo fazem commodities (figura 3). São produtos que se localizam na base escada tecnológica. A grande maioria dos países do mundo fazem produtos low tech, alguns low tech chegam a $PCI=2$. São produtos que se localizam em toda a escada tecnológica (figura 4). Praticamente so países acima de 20k de renda per capita conseguem fazer produtos médium/high tech, são produtos que se localizam na parte superior da escada tecnológica (figura 5). A figura 6 mostra a análise somente para Machinery / Electrical com 759 produtos.

Figura 3: commodities (PCI médio= -0.6886299, renda média= US\$ 32,265.63)

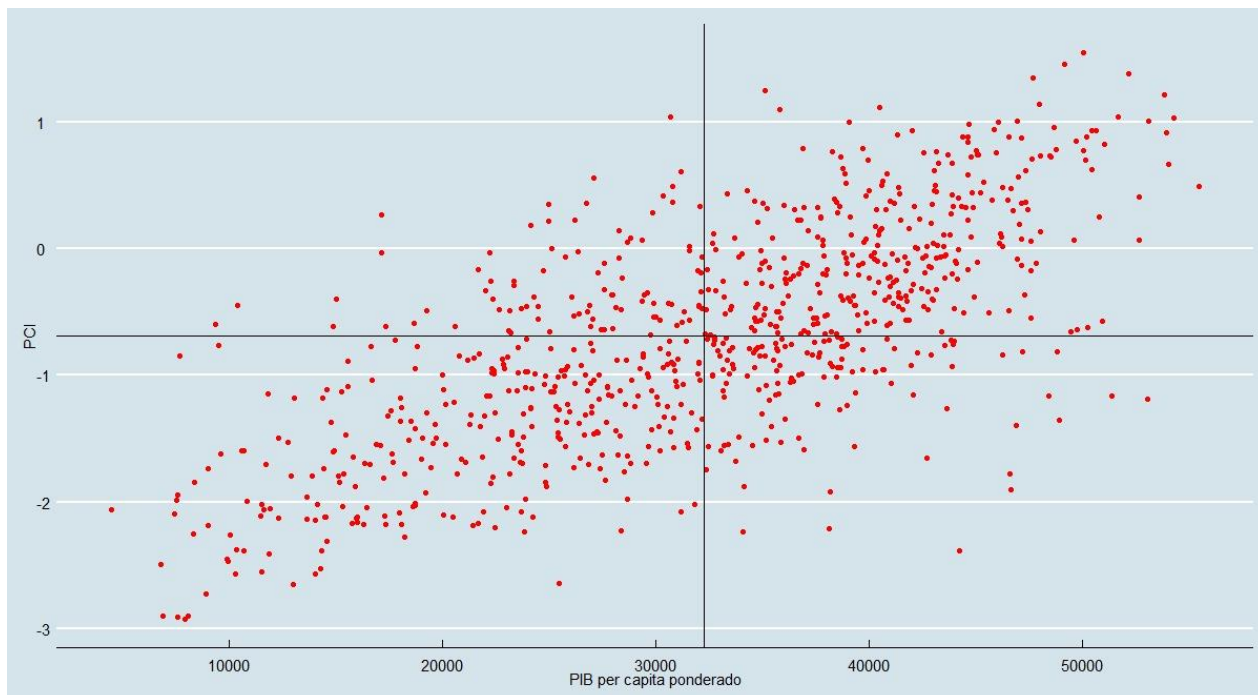


Figura 4: manufaturas low-tech (PCI médio= -0.1783394, renda média= US\$ 30,555.23)

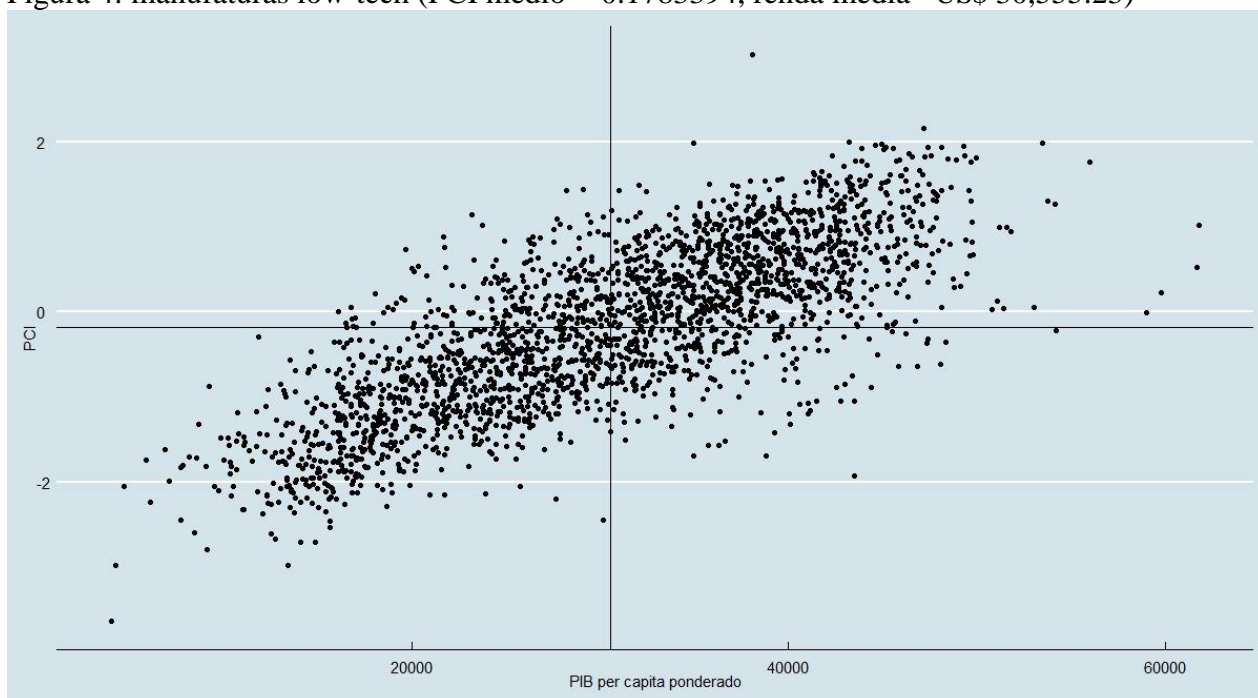


Figura 5: manufaturas médium/high-tech (PCI médio= 0.5490981, renda média= US\$ 36.573,38)

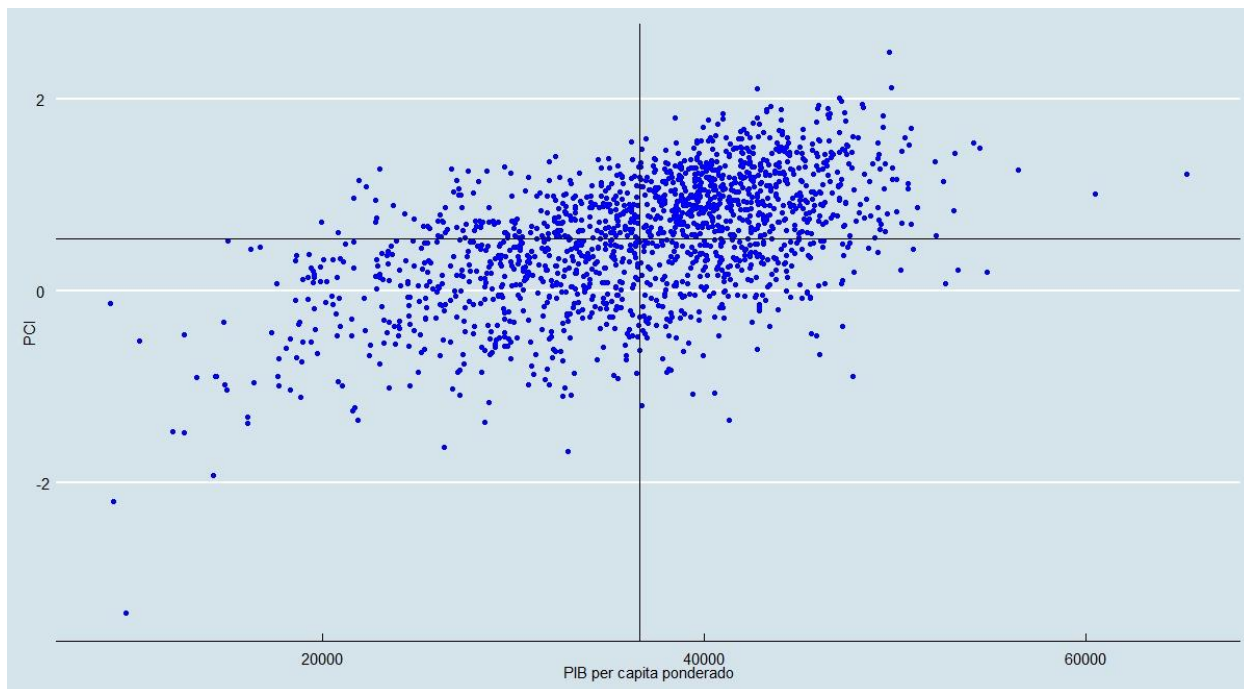
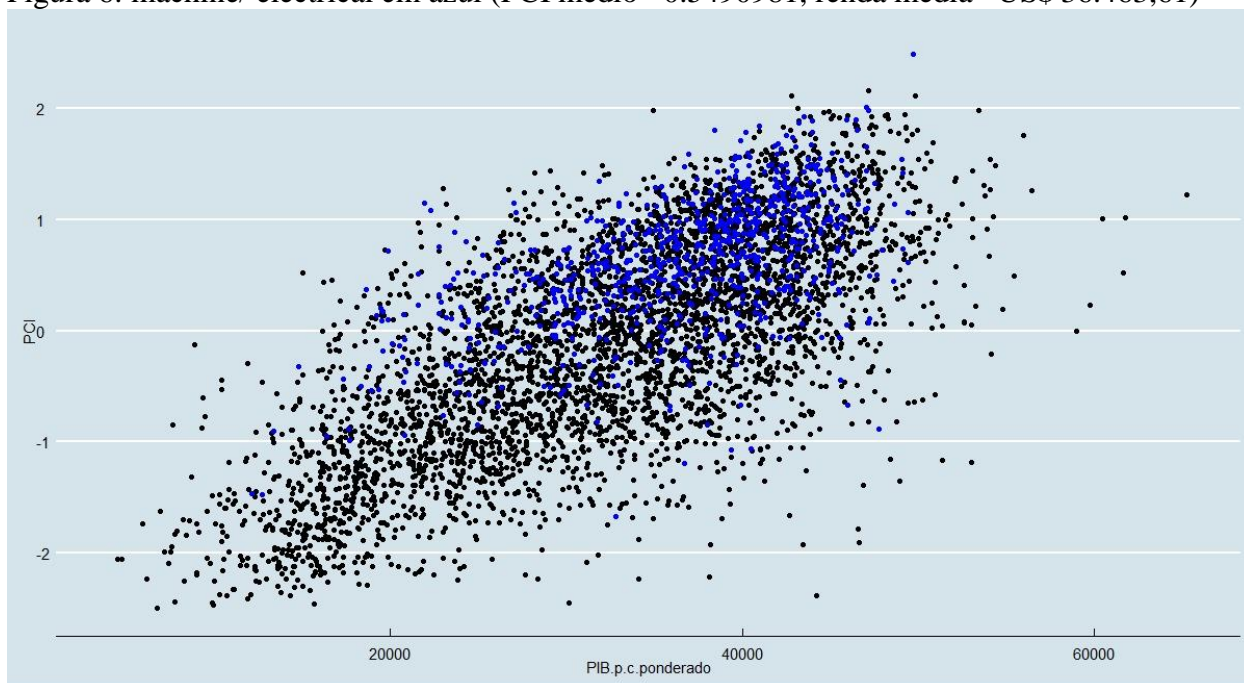


Figura 6: machine/ electrical em azul (PCI médio= 0.5490981, renda média= US\$ 36.463,61)



4 – Estrutura e competição nos mercados mundiais

Na literatura tradicional de organização industrial entende-se por concentração uma situação em que firmas ocupam uma parcela relevante de um mercado. Aqui usamos essa ideia de forma análoga para participação de países nos mercados mundiais. Essa adaptação de CR4 de firmas para países pode ser enganosa. Imagine uma situação em que temos 3 países produtores, com uma firma em cada, e muda para um país produtor, com 6 firmas nele. O número de países num determinado mercado mundial nada diz sobre o numero de firmas dentro de cada país. Usamos aqui esses dados de países por ser o único disponível para as comparações que pretendemos fazer. O mais tradicional índice da literatura CRn mede a parcela dominada pelas n maiores firmas do mercado. Um mercado com $CR4 = 90$, por exemplo, nos diz que as quatro maiores firmas dominam 90% do mercado. Aqui usamos o mesmo conceito para medir concentração de mercados mundiais em termos de países. Calculamos a concentração de países para cada mercado dos 4898 produtos de nossa base usando uma media de 2007 até 2017: um CR4 médio para o mercado de cada produto nesse período. Plotamos esse resultado no gráfico abaixo numa comparação com a complexidade de cada produto (figura 7). A nuvem exibe quadrantes compostos por nível de complexidade e concentração dos produtos. Nossos resultados mostram que o quadrante com CR4 maior do que 50% e PCI maior do que zero tem 40% dos produtos do comercio mundial. São mercados concentrados e complexos. Nos gráficos abaixo mostramos todos os produtos de nossa amostra: commodities (figura 8); manufaturas low-tech (figura 9); manufatura médium/high-tech (figura 10). A figura 11 mostra a análise somente para Machinery / Electrical com 759 produtos.

Figura 7: amostra completa (PCI médio= -0.0224603 , CR4= 0.5955995)

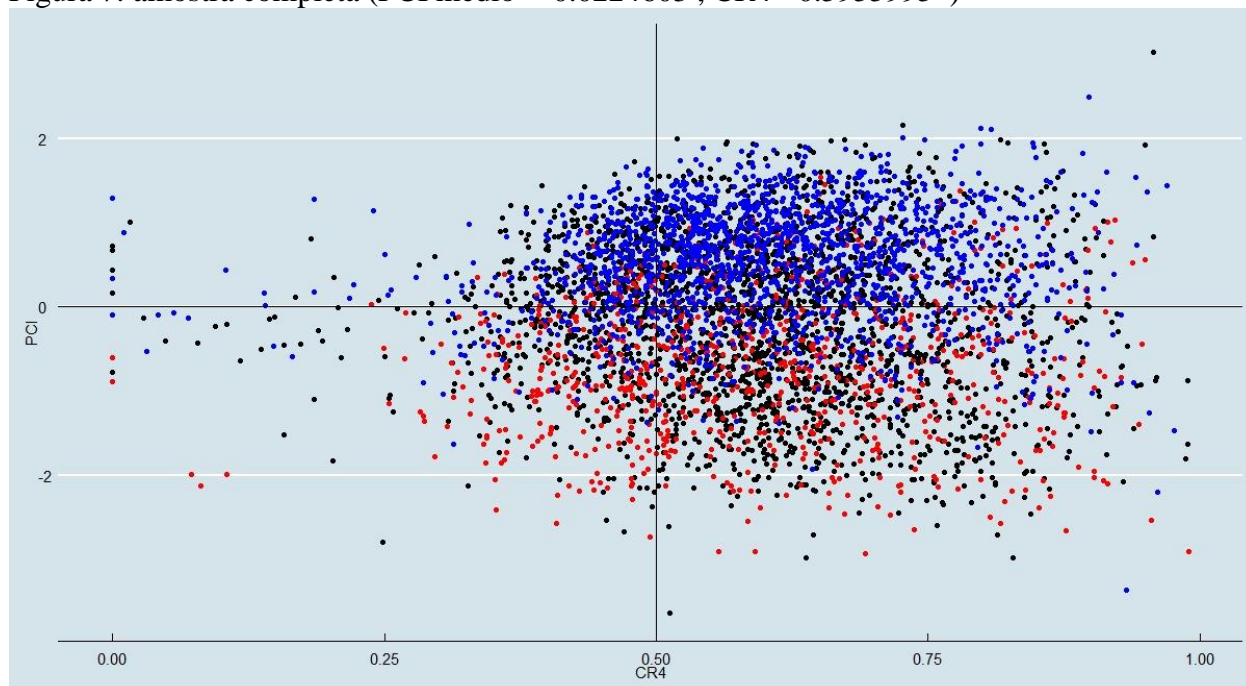


Figura 8: commodities (PCI médio= -0.6886299, CR4= 0.593031)

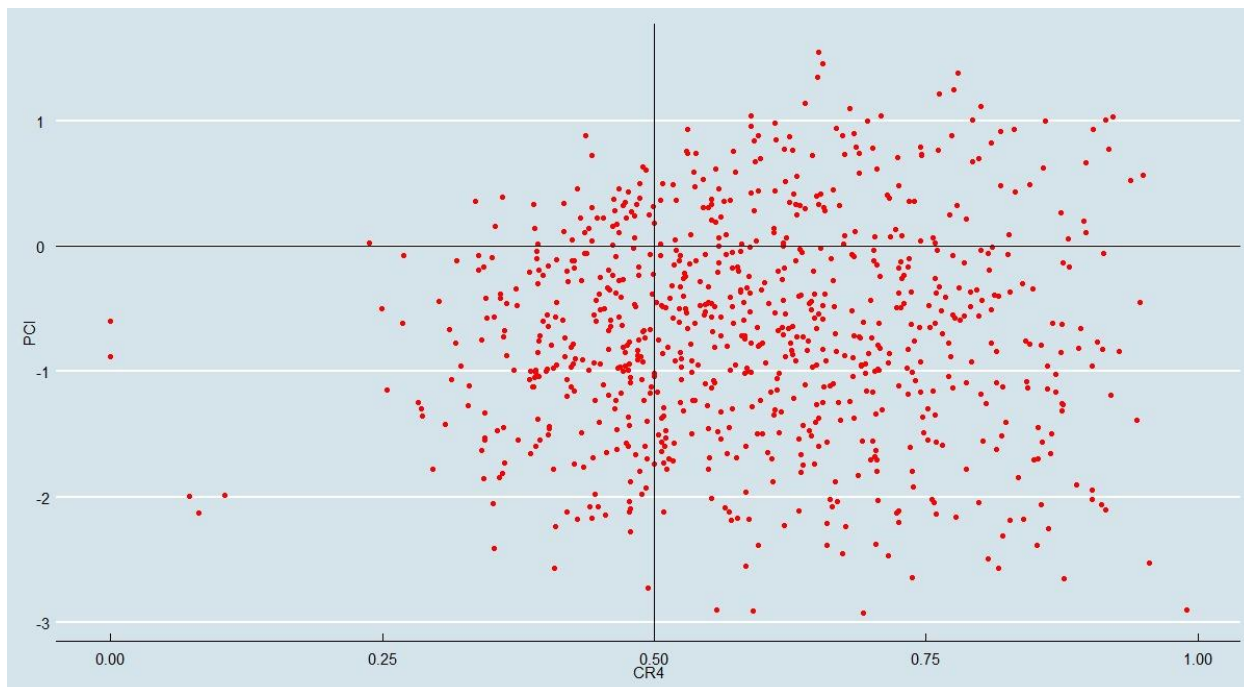


Figura 9: manufaturas low-tech (PCI médio= -0.1783394, CR4= 0.5932409)

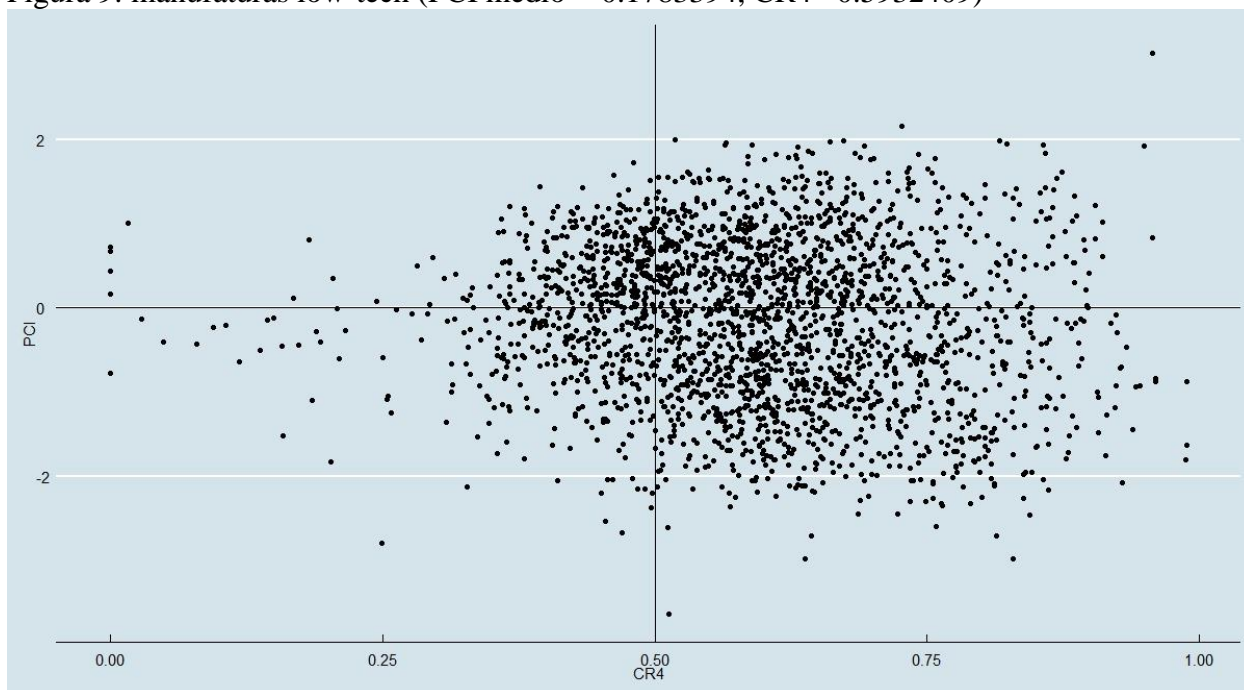


Figura 10: manufaturas médium/high-tech (PCI médio= 0.5490981, CR4=0.6003969)

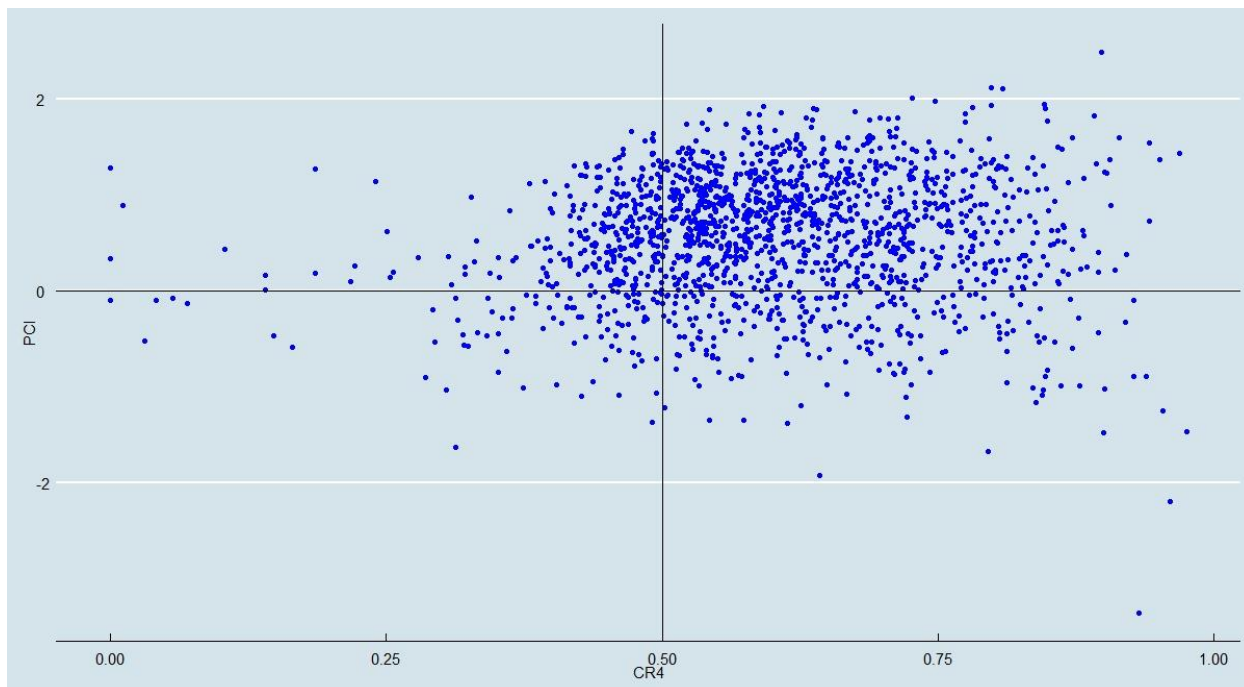
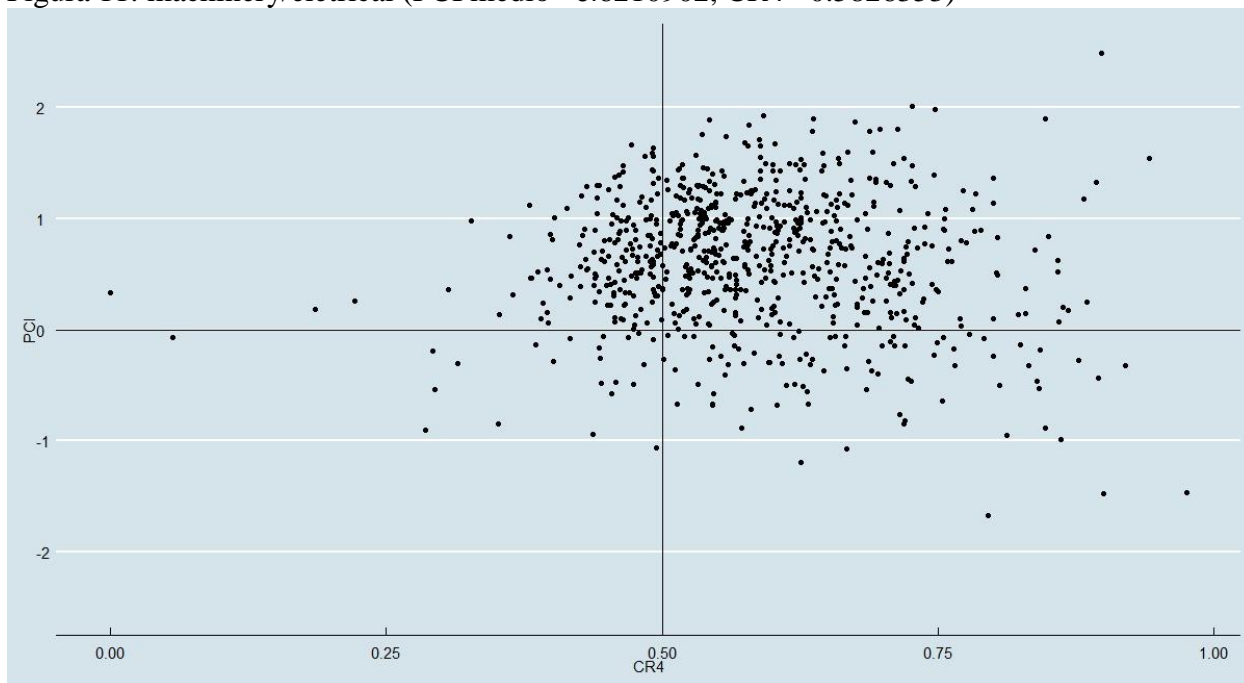


Figura 11: machinery/eletrical (PCI médio= 0.6210902, CR4= 0.5826353)



Outro índice muito utilizado na literatura sobre o tema é o HHI (índice de concentração Herfindhal-Hirschman) que indica o tamanho das firmas em um setor ou mercado. É definido como o somatório das parcelas de mercado de cada firma elevado ao quadrado. A ideia é dar maior peso as firmas ou países dominantes. Um mercado com apenas uma firma ou país tem um

HHI de 1, enquanto o HHI próximo de 0 indica um grande número de firmas ou países com baixa participação de mercado. O HHI é o índice mais utilizado pelas autoridades antitruste, mas é sujeito a algumas críticas relacionadas à entrada de firmas em mercados. A principal crítica ao HHI diz respeito ao fato de que no caso de um arranjo colusivo detectado, a eventual saída de firmas de um mercado aumentará o HHI, mas não necessariamente diminuirá a concorrência. Em geral mercados com HHI menor do que .01 são considerados mercados competitivos, com baixa concentração, com HHI entre .10 e .18 são considerados com concentração moderada e HHI acima de .18 são considerados concentrados. Nossos resultados mostram que 33,6% dos produtos de nossa base tem HHI menor ou igual a 0.1, estão em mercados altamente competitivos; 39,16% dos produtos tem HHI maior que 0.1 e menor ou igual a 0.18, estão numa faixa de moderada concentração e 27,24% produtos tem HHI maior do que .18. Produtos complexos com $PCI > 0$ que estão em mercados com moderada e alta concentração $HHI > .10$ representam 34.40% de nossa base. Nos gráficos abaixo mostramos todos os produtos de nossa amostra (figura 12); commodities (figura 13); manufaturas low-tech(figura 14); manufatura médium/high-tech (figura 15). A figura 16 mostra a análise somente para Machinery / Electrical com 759 produtos.

Figura 12: amostra completa (PCI médio= -0.0224603, HHI= 0.1563353)

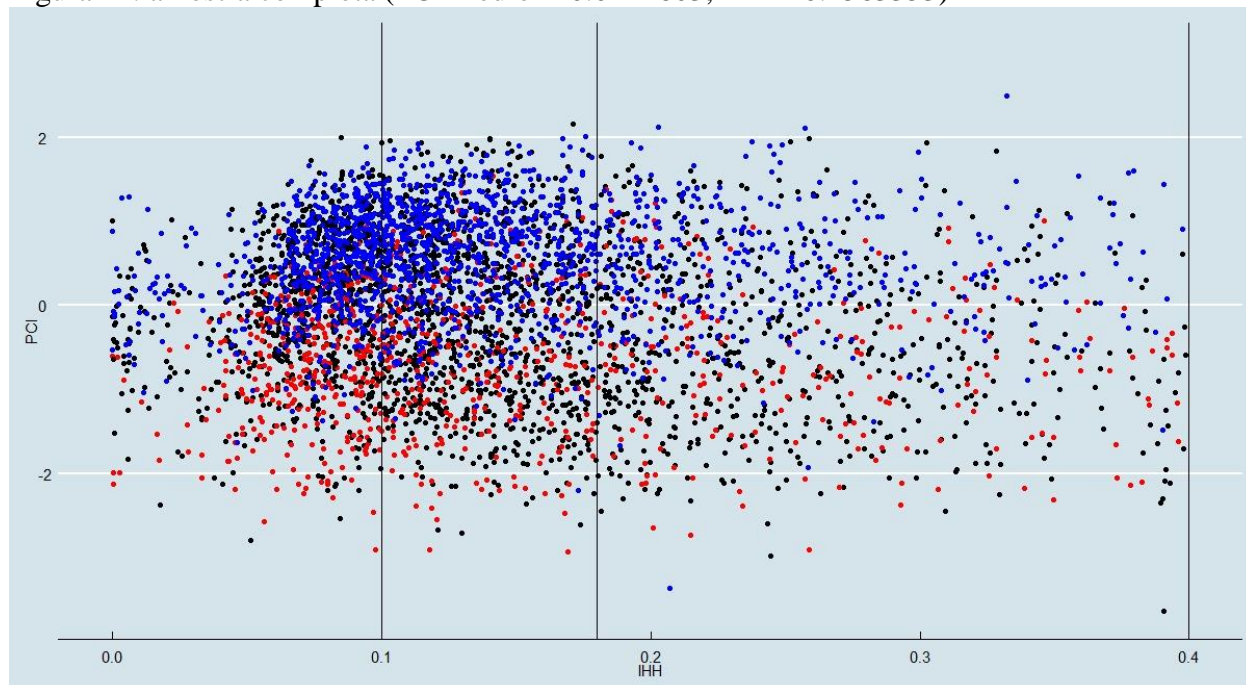


Figura 13: commodities (PCI médio= -0.6886299, HHI=0.158215)

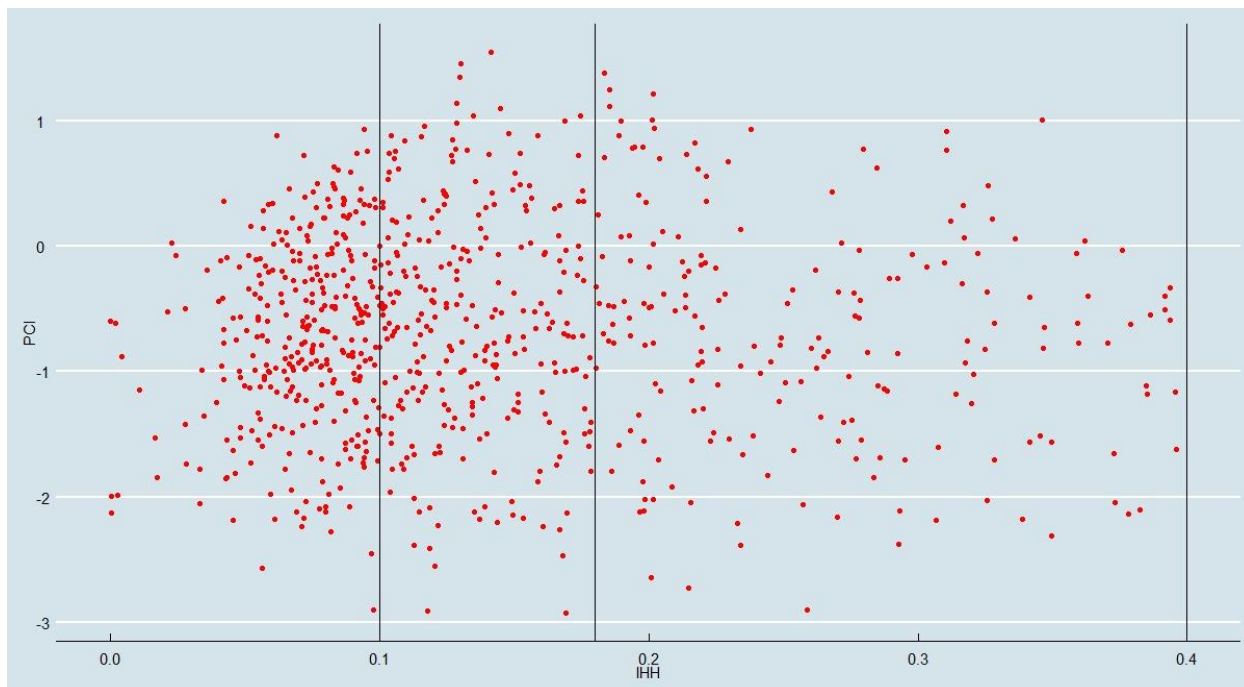


Figura 14: manufaturas low-tech (PCI médio= -0.1783394, HHI=0.1614085)

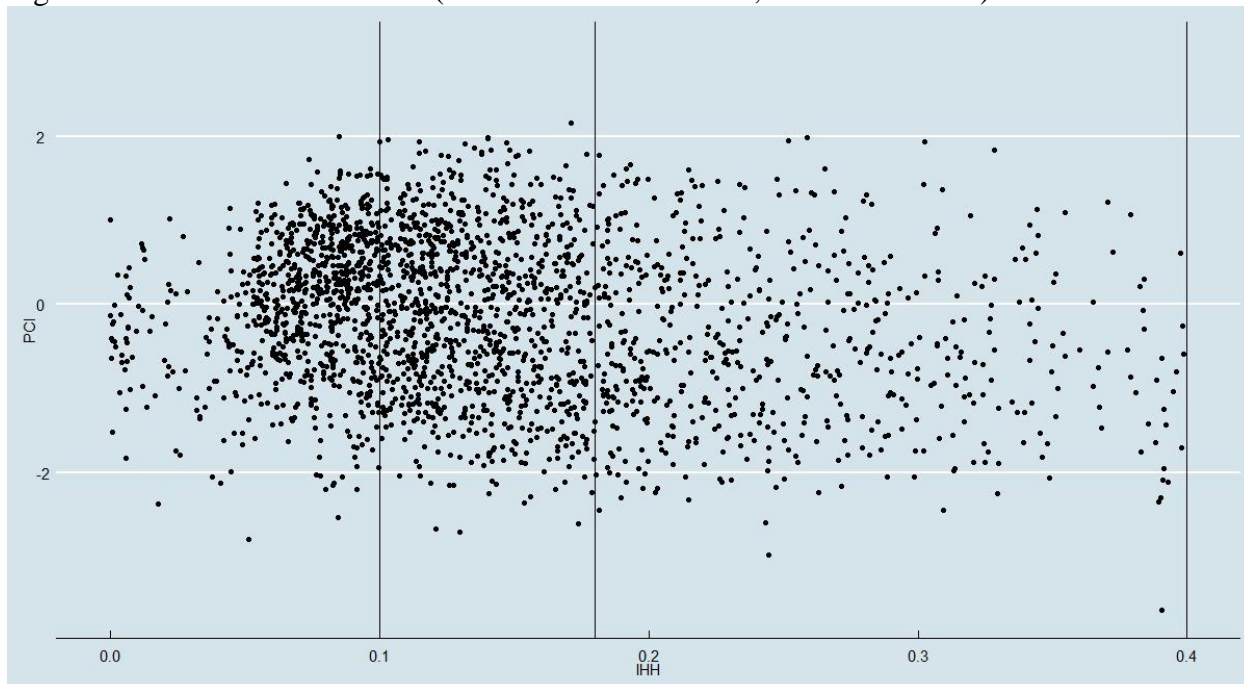


Figura 15: manufaturas médium/high-tech (PCI médio= 0.5490981, HHI=0.1477739)

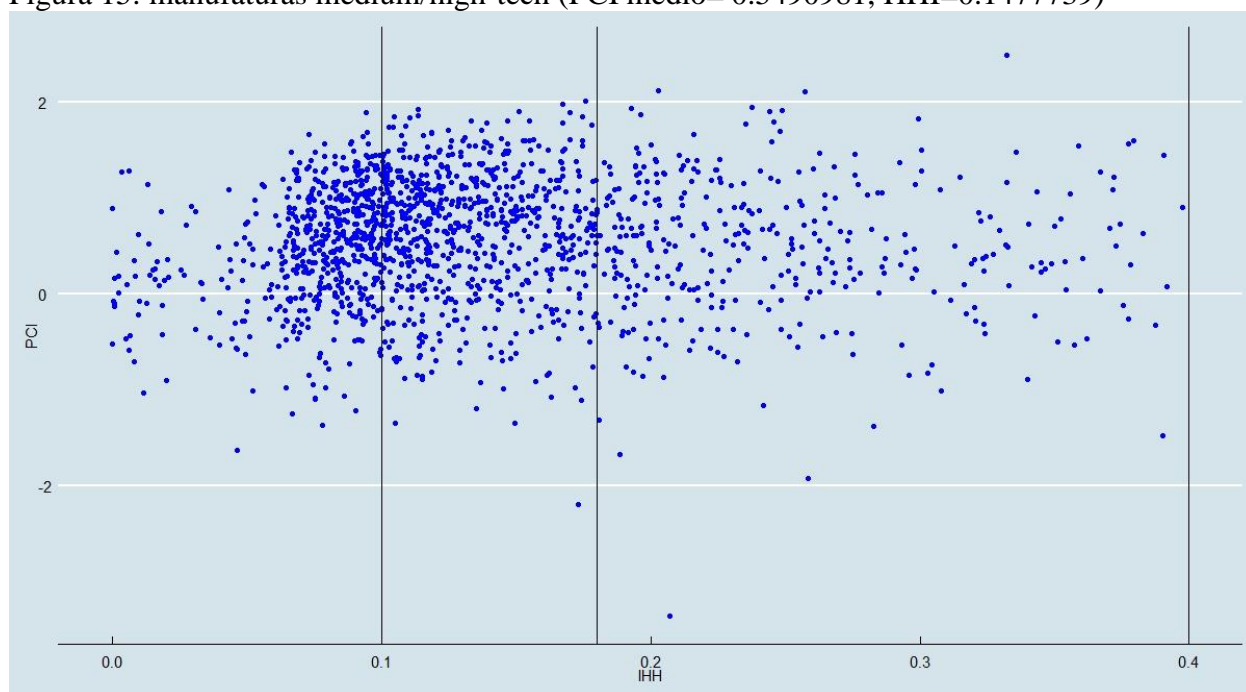
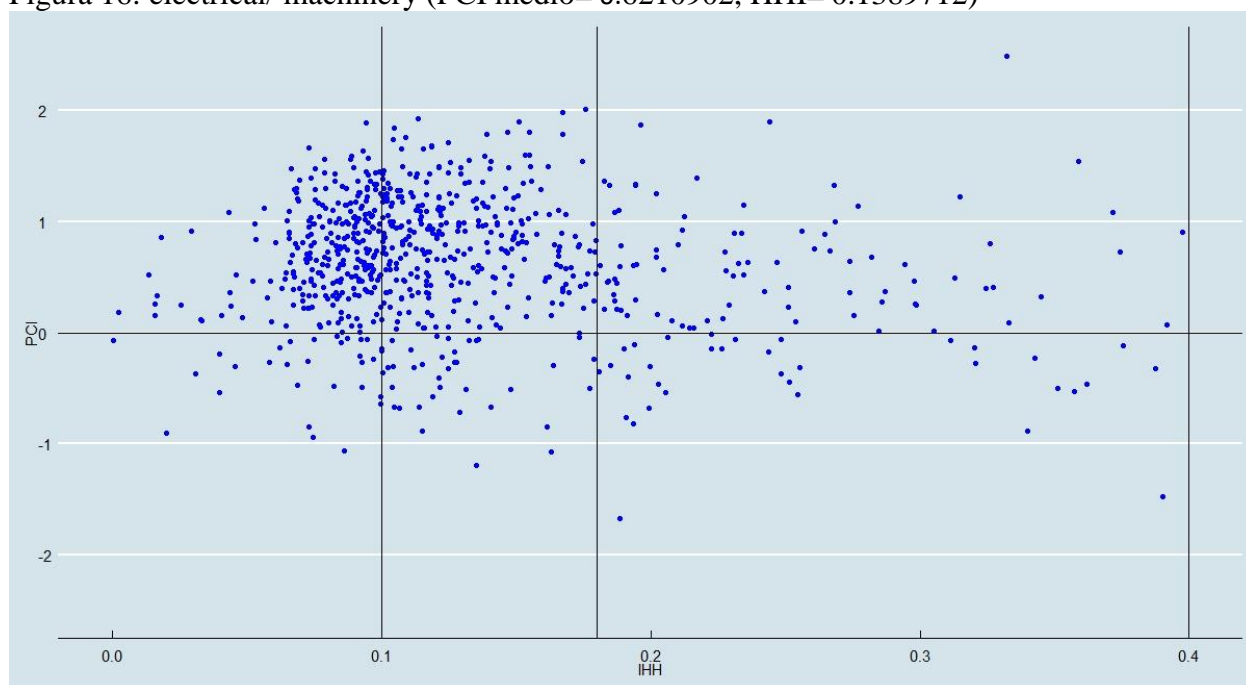


Figura 16: electrical/ machinery (PCI médio= 0.6210902, HHI= 0.1389712)



4- Conclusões

Uma possível contribuição desse trabalho é mostrar que há relativa concentração em todos mercados do mundo segundo nossa metodologia de análise (HHI em torno de 0,15 e CR4 em torno de 0,59). Em termos de CR4 os bens mais complexos parecem levemente mais concentrados. Em termos de HHI os menos complexos parecem levemente mais concentrados. Parece haver uma relação mais forte entre complexidade e concentração de mercado para bens de maior complexidade. Em certa medida os resultados do estudo de mercados e países aqui apresentados com base em análises de complexidade e níveis de renda per capita eram esperados; a investigação empírica do Atlas da Complexidade já apontava nessa direção. O *Atlas* faz regressões de renda per capita e complexidade de países, usando as tradicionais variáveis de controle da literatura sobre o tema. Aqui seguimos a via de detectar concentrações de mercado e competição imperfeita na rede de comércio mundial. A novidade deste trabalho está em analisar especificamente o mercado de cada produto em termos de concentração e países dominantes na rede de comércio global. Com medidas de concentração baseadas em número de participantes em cada um dos mercados globais pudemos identificar a predominância ou não de países desenvolvidos e pobres na rede de comércio mundial. A concentração do comércio mundial de produtos industrializados high-tech nas mãos de países ricos é uma evidência importante para a hipótese estruturalista da diferente configuração produtiva do centro e da periferia. Os resultados parecem bastante promissores no sentido de mostrar novo conteúdo empírico importante para antigas ideias em economia.

5- Referências

- Arthur, W., B. (2015), *Complexity and the Economy*, Oxford University press, New York.
- Barabasi A.L., (2016) *Network Science*, <http://barabasi.com/networksciencebook/>
- Deguchi, T., Takahashi, K., Takayasu, H., Takayasu M. (2014) “Hubs and Authorities in the World Trade Network Using a Weighted HITS Algorithm”, *PLOS ONE* 9(7): e100338. doi:10.1371/journal.pone.0100338
- Felipe, J., Kumar, U., Abdon, A., Bacate, M. (2012), “Product complexity and Economic Development”, in *Structural Change and Economic Dynamics*, June
- Fagiolo, G., Reyes, J., Schiavo, S., (2008) “The Evolution of the World Trade Web. A Weighted-Network Analysis”, *Journal of Evolutionary Economics* August, Volume 20, Issue 4, pp 479-514
- Foster, J., (2005) “From simplistic to complex systems in economics”, *Cambridge Journal of Economics* 29, 873–892, doi:10.1093/cje/bei083
- Hausmann, R.; Hidalgo, C.A.; Bustos, S.; Coscia, M.; Chung, S.; Jimenez, J.; Simões, A.; Yildirim, M. A. (2011) *The Atlas of Economics Complexity – Mapping Paths to prosperity*. Puritan Press

Hidalgo, C. (2015) *Why information grows: the evolution of order, from Atoms to Economies*, ed. Basic Books, NY

Hartmann, D., Guevara, M.R., Jara-Figueroa, C., Aristarán, M. Hidalgo, C.(2015), “Linking economic complexity, institutions and income inequality”, arXiv:1505.07907 [q-fin.EC]

Hidalgo, C; Hausmann, R. (2011) “The network structure of economic output”, *Journal of Economic Growth*, 16(4), pp. 309-42

Hidalgo, C. A., Klinger, B, Barabasi, A., L., and Hausmann, R., (2007) “The product space conditions the development of nations”, *Science* 27 july: 317 (5837), 482-487. Doi:10.1126/science.1144581

Johnson, N., F., (2007), *Simply Complexity, a clear guide to complexity theory*, Oneworld publications, Oxford

Kaldor, N., (1966) “Causes of the slow rate of economic growth of the United Kingdom”, in: *Further Essays On Economic Theory*, New York, Holmes & Meier Publisher.

Kattel, R. and Reinert, E., (2009) “The relevance of Ragnar Nurkse and classical development economics,” *The other canon foundation and Tallinn university of technology working papers in technology governance and economic dynamics* n21

Kattel, R. and Reinert, E., (2010) “Modernizing Russia: round iii. Russia and the other bric countries: forging ahead, catching up or falling behind?”, *The Other Canon foundation and Tallinn university of technology working papers in technology governance and economic dynamics* n32

Lall, S, Weiss, J., and Zhang, ., (2005) “The ‘sophistication’ of exports: a new measure of product characteristics”, *ADB Institute Discussion Paper* No. 23

Newman, M.E.J., (2010) *Networks, an introduction*, Santa Fe Institute, Oxford University Press

Oladi, R., and Gilbert, J. (2012) “Buyer and Seller Concentration in Global Commodity Markets”, DOI: 10.1111/j.1467-9361.2012.00667.x, *Review of Development Economics*, Volume 16, Issue 2, pages 359–367, May 2012

Reinert, E. (2008) *How rich countries got rich and why poor countries stay poor*, Ed. Public Affairs

Reinert, E., (2010) “Developmentalism,” *The other canon foundation and Tallinn University of technology working papers in technology governance and economic dynamics* n34

Reinert, S. (2011), *Translating Empire, Emulation and the Origins of political economy*, Harvard University Press

Rocha, I., L. (2015), "Essays on Economic Growth and Industrial Development: A comparative analysis between Brazil and South Korea", PhD Thesis, University of Cambridge.

Rosvall, M. and Bergstrom, C. (2008) "Maps of random walks on complex networks reveal community structure," *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105, 1118

Schteingart, D. (2014) "Estructura productivo-tecnológica, inserción internacional y desarrollo", *Tesis de Maestría en sociología económica*, Idaes-Unsam, Buenos Aires

Serrano, A. and Boguñá, M. (2003) "Topology of the world trade web", *Physical Review E* 68, 015101(R), July

Sinha, S., Chatterjee, A., Chakraborti, A., Bikas K. (2010) *Econophysics: An Introduction*, 1st Edition, Wiley-VCH

Apêndice

Figura 17: Produtos do Brasil em vermelho, Alemanha em azul (intensidade da cor proporcional ao *export share* em cada produto)

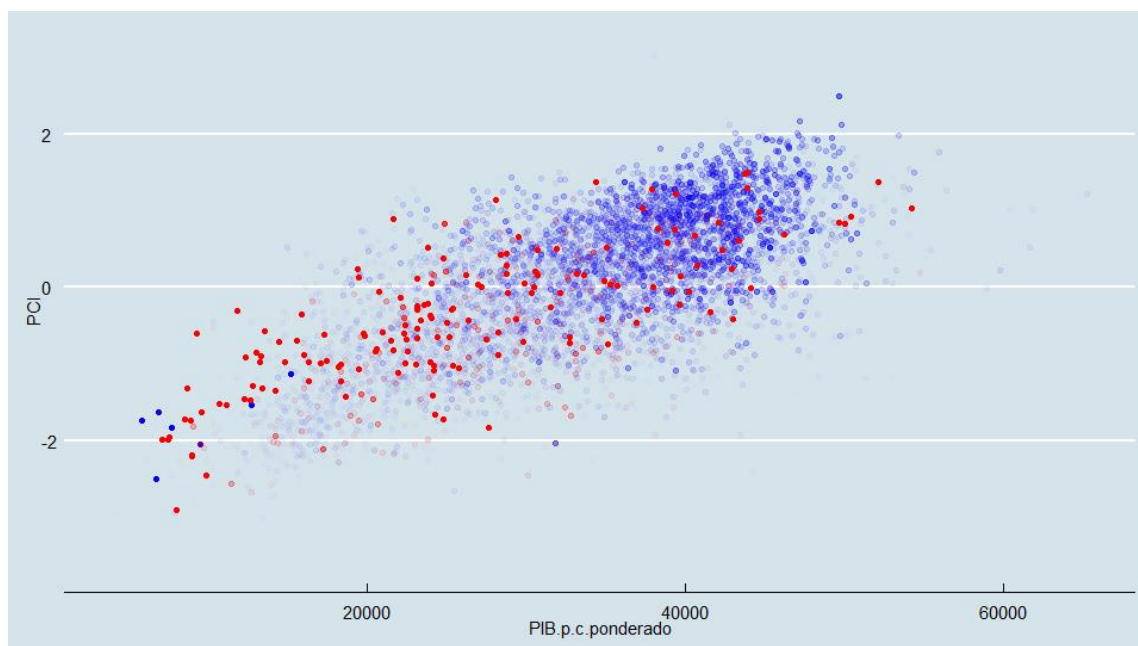


Figura 18: Produtos da Moçambique em vermelho, Estados Unidos em azul (intensidade da cor proporcional ao *export share médio* em cada produto, Moçambique multiplicado por um fator 10)

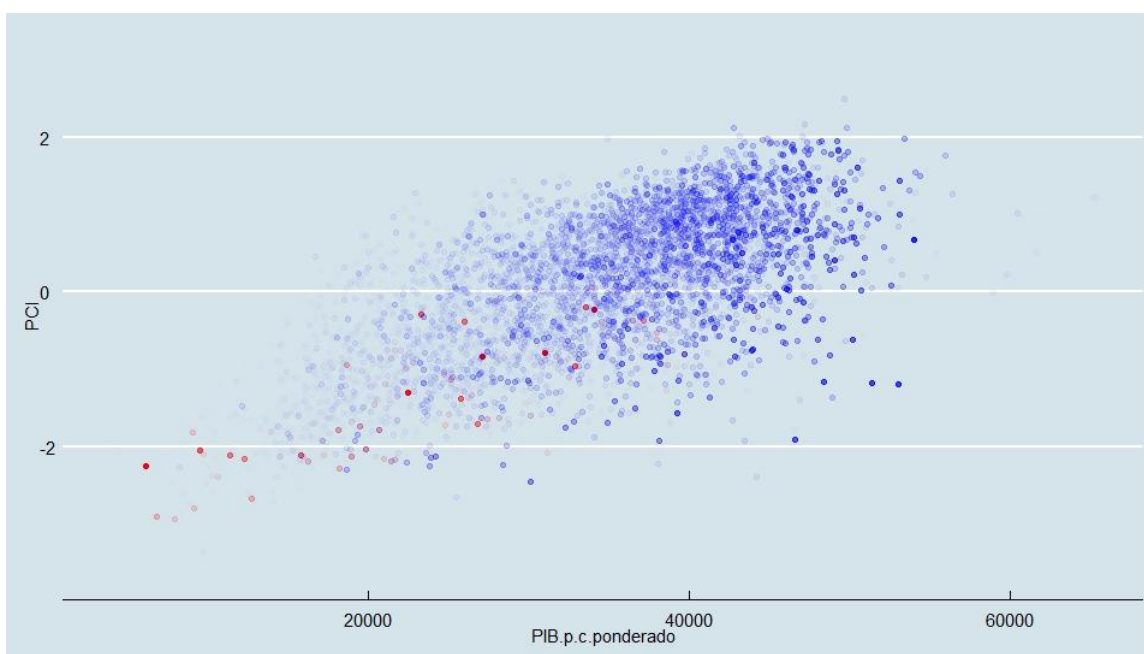


Figura 19: Produtos da China em vermelho, Estados Unidos em azul (intensidade da cor proporcional ao *export share* médio em cada produto)

