

UPGRADE TECNOLÓGICO EM ECONOMIAS EMERGENTES: UMA ABORDAGEM COMPARATIVA PARA BRASIL E CHINA (2001–2020)

Graciely Aquino de Oliveira¹
José Eduardo Roselino²
Antonio Carlos Diegues³

Resumo: O artigo estima e compara desempenhos de *upgrade* tecnológico nas economias de Brasil e China para o período de 2001 a 2020. Os dois países representam importantes experiências de industrialização em economias periféricas, no entanto, as trajetórias nas primeiras duas primeiras décadas deste século exibem significativas diferenças em termos de dinamismo econômico e mudança estrutural. A metodologia empregada permitiu a análise comparada de indicadores de *upgrade* tecnológico baseada nos pressupostos teóricos e dimensões sugeridas em Radosevic e Yoruk (2015a, 2017): intensidade do upgrade tecnológico, abrangência do upgrade tecnológico e interação com a tecnologia global. Foi possível observar que as duas economias iniciaram o período com indicadores semelhantes, mas que a China apresentou desempenho superior em grande parte dos componentes ao longo do período.

Palavras-chave: Upgrade Tecnológico. Desenvolvimento Econômico. Brasil. China.

TECHNOLOGICAL UPGRADING IN EMERGING ECONOMIES: A COMPARATIVE FRAMEWORK FOR BRAZIL AND CHINA (2001–2020)

Abstract: This paper proposes an approach to estimate and compare the performance of Brazil and China in terms of technological upgrading between 2001 and 2020. Both countries represent significant cases of industrialization in peripheral economies; however, their trajectories over the first two decades of the 21st century reveal notable differences in terms of economic dynamism and structural transformation. The methodology enables a comparative analysis of technological upgrading indicators, based on the theoretical assumptions and dimensions proposed by Radosevic and Yoruk (2015a, 2017): intensity of technological upgrading, scope of technological upgrading, and interaction with global technology. The results indicate that while both economies started the period with similar indicators, China demonstrated a superior performance across most of the components.

Keywords: Technological Upgrade. Economic Development. Brazil. China.

UPGRADE TECNOLÓGICO EN ECONOMÍAS EMERGENTES: UN MARCO COMPARATIVO PARA BRASIL Y CHINA (2002-2020)

¹ UFSCar, Programa de Pós-Graduação em Economia, Sorocaba-SP, Brasil, graciely.aquino@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8006-8931>

² UFSCar, Departamento de Geografia Turismo e Humanidades, Sorocaba-SP, Brasil, jeroselino@ufscar.br, <https://orcid.org/0000-0001-8066-8024>

³ UNICAMP, Instituto de Economia, Campinas-SP, Brasil, diegues@unicamp.br, <https://orcid.org/0000-0002-4124-666X>

Resumen: Este artículo presenta una metodología para estimar y comparar el desempeño relativo de Brasil y China en términos de esfuerzos de actualización tecnológica durante el período 2001–2020. Ambos países representan casos significativos de industrialización en economías periféricas; sin embargo, sus trayectorias en las dos primeras décadas del siglo XXI muestran diferencias notables en cuanto al dinamismo económico y la transformación estructural. La metodología aplicada permitió un análisis comparativo de indicadores de actualización tecnológica, basado en los supuestos teóricos y dimensiones propuestas por Radosevic y Yoruk (2015a, 2017): intensidad de la actualización tecnológica, alcance de la actualización tecnológica e interacción con la tecnología global. Los resultados muestran que, aunque ambas economías iniciaron el período con indicadores similares, China presentó un desempeño superior en la mayoría de los componentes analizados.

Palabras clave: Upgrade tecnológico. Desarrollo económico. Brasil. China.

Introdução

As experiências de Brasil e China se destacam como casos expressivos de industrialização e desenvolvimento em economias periféricas, mas exibem desempenhos substancialmente distintos nas últimas décadas. Diferentemente do caso chinês – em que se observou um aumento da participação no PIB mundial de 2,2% para cerca de 14% entre 1980 e 2024 –, a economia brasileira teve sua participação no PIB mundial reduzida de 3,97% em 1980 para menos de 2,5% a partir de meados da década de 2010.

Ou seja, enquanto o processo de desenvolvimento econômico chinês ganhou vigor crescente desde os anos 1980 e avançou nos marcos do aprofundamento da globalização durante as duas primeiras décadas do Séc. XXI, o Brasil experimentou no mesmo período o arrefecimento do crescimento econômico e até mesmo retrocessos estruturais identificados com o desadensamento do tecido industrial e desindustrialização.

Com o objetivo de elaborar diagnósticos mais precisos destas distintas trajetórias, o presente artigo se propõe a elaborar e analisar indicadores comparativos de *upgrade* tecnológico para Brasil e China durante o período 2001 a 2020, oferecendo uma perspectiva mais acurada e qualitativa para o entendimento dessas duas configurações nacionais.

O trabalho avança com relação à literatura ao apresentar dados inéditos sobre diferentes dimensões dos processos de *upgrade* tecnológico em ambos os países

com base na construção de indicadores fundamentados nos trabalhos seminais de Radosevic e Yoruk (2015a, 2017).

Para tanto, o texto estrutura-se em outras quatro seções, além dessa breve introdução. Na próxima seção desenvolve-se uma breve síntese da literatura que fundamenta a abordagem teórica sob a qual se assenta este trabalho, enfatizando a necessidade de se entender o processo de desenvolvimento a partir de uma perspectiva sistêmica.

A seguir, apresenta-se de forma mais detida a abordagem metodológica empregada para a elaboração de indicadores referentes aos processos de *upgrade* tecnológico para os casos de Brasil e China.

A estratégia resultou em indicadores multidimensionais e os resultados são apresentados e discutidos na seção seguinte, observando-se que a despeito de exibirem condições similares no início das séries consideradas, a China foi capaz de promover uma evolução mais virtuosa na maioria das dimensões abordadas. Por fim, são apresentadas as considerações finais em que se sintetizam os principais achados e apresentam-se algumas limitações do presente estudo.

Aspectos conceituais: o caráter sistêmico dos processos do *upgrade* tecnológico

A perspectiva aqui adotada entende o desenvolvimento econômico como sendo forjado por meio de transformações qualitativas e estruturais profundas, impulsionadas principalmente por avanços tecnológicos e rupturas com os modelos e estruturas pretéritas. Essas mudanças são determinadas pela forma como a produção, a sociedade, a política e as instituições estão organizadas, em consonância com as especificidades nacionais. Os processos de *upgrade* tecnológico e desenvolvimento não seguem uma trajetória linear ou previsível e são moldados por diferentes fatores locais, como as condições políticas, aspectos históricos e institucionais.

Assim, o referencial teórico aqui empregado se distancia das abordagens *mainstream* em que o desenvolvimento seria impulsionado fundamentalmente pelo incremento da quantidade alocada de fator-trabalho e de capital.

Ainda no contexto pós II Grande Guerra os trabalhos empíricos de Fabricant (1954), Abramovitz (1958) e Schmookler (1962) levaram à descoberta de que, população, poupança e acumulação de capital, representavam fatores explicativos

de apenas uma pequena fração do crescimento da economia dos EUA, sendo o restante um “resíduo inexplicado”, que foi denominado “progresso técnico” (Ayres, 1998).

O embasamento teórico e conceitual deste artigo é convergente com as abordagens vinculadas à tradição schumpeteriana e neoschumpeteriana, que confere lugar central ao processo de promoção e difusão de inovações para fazer avançar o desenvolvimento econômico. Ainda sob essa perspectiva faz-se necessário considerar que a atividade inovativa tem caráter sistêmico, conforme se apresenta na literatura que trata do conceito de Sistemas Nacionais de Inovação (SNI), a partir das referências de Freeman (1987), Lundvall (1992) e Nelson (1993).

Nelson e Winter (2005) fazem uma crítica ao intenso foco que a teoria microeconômica convencional atribui ao comportamento das firmas que operam com tecnologias “dadas”, apontando que por muito tempo a teoria deixou de se preocupar com mudanças estruturais no longo prazo, retomando ideias centrais das obras clássicas de Joseph Schumpeter.

Neste trabalho entende-se que mudanças substanciais na base de conhecimento e na especialização de um país podem aumentar a sua capacidade de gerar valor, de deslocar uma empresa ou economia para nichos econômicos mais intensivos e tecnologicamente mais sofisticados. Essa atualização é um processo de mudança progressiva de atividades de baixo valor para atividades de alto valor agregado (Radošević e Yoruk, 2015a). Essas referências abordam a questão do *upgrade* tecnológico a partir de uma literatura ampla sobre o assunto, além de introduzirem uma estrutura conceitual e pressupostos que propõem como um caminho a seguir na teorização e mensuração do *upgrade* tecnológico.

O conceito de *upgrade* tecnológico surge então como resultado da interação entre três dimensões, sendo estas:

- (i) a intensificação de diferentes tipos de atividades tecnológicas;
- (ii) fatores estruturais e mudanças nesse processo; e
- (iii) medida pela maneira como a economia interage dentro desse processo com a economia global, sendo uma dimensão complementar, já que amplia e reduz os efeitos do *upgrade* tecnológico dependendo de como essa interação é feita (RADOSEVIC; YORUK, 2017).

Sob essa perspectiva consideram-se que as diferenças estruturais afetam o desempenho do *upgrade* tecnológico e diferenciam os níveis de intensidade de cada

dimensão. Para Radosevic e Yoruk (2017) a tecnologia é um importante fator, mas não pode ser reduzida a uma variável única definida de forma estreita, sendo a tecnologia impulsionadora do crescimento um fenômeno multidimensional e sistêmico.

Em aderência a esse entendimento, Radosevic e Yoruk (2017) apresentam uma proposta de mensuração *upgrade* tecnológico com base em um índice global composto por três processos dimensionais formados por diferentes tipos e intensidades, por meio de vários tipos de atividades inovativas e tecnológicas. A ampliação do *upgrade* tecnológico acontece por meio de diferentes formas de diversificação de tecnologia e conhecimento, e interação com a economia global através da importação, adoção e troca de conhecimento; não é um substituto do crescimento econômico, mas um de seus determinantes.

Este artigo se propõe a avançar na análise dos casos de Brasil e China, fundada nessa perspectiva teórica e metodológica, conforme se apresenta a seguir.

Metodologia: indicadores selecionados de *upgrade* tecnológico

O artigo apresenta uma análise comparada de indicadores de *upgrade* tecnológico entre Brasil e China, baseados nos pressupostos teóricos e indicadores sugeridos em Radosevic e Yoruk (2015a, 2015b e 2017): **intensidade** do *upgrade* tecnológico, **abrangência** do *upgrade* tecnológico e **interação com a tecnologia global**. Os autores postulam que índices compostos são amplamente usados nas ciências econômicas como forma de se medir o progresso relativo dos países, para diversos indicadores como: competitividade, globalização e inovação.

O tipo e a intensidade de *upgrade* tecnológico estão nas capacidades e habilidades de produção e tecnologia das empresas e da população, nos investimentos e resultados na criação e geração de novos conhecimentos e na extensão das atividades de pesquisa e desenvolvimento.

Dessa forma, com o intuito de melhor identificar as diferenças entre os avanços tecnológicos para as nações de interesse, propõem-se aqui as seguintes dimensões para o *upgrade* tecnológico:

- A. **Intensidade** de *upgrade* tecnológico: identifica capacidades e competências de produção e tecnologia das empresas e população, geração de conhecimento e atividades de pesquisa e desenvolvimento, essenciais para o avanço tecnológico e desenvolvimento de processos inovativos;

- B. **Abrangência de *upgrade* tecnológico:** constitui as características estruturais e as mudanças nas características estruturais, tais quais indicadores de capital humano, capital físico e questões organizacionais;
- C. **Interação com a economia global:** capta a influência das interações globais dos países em que ocorrem os fluxos de conhecimento e efeitos complementares ao *upgrade* tecnológico.

Os indicadores foram compostos por subíndices que melhor captam os objetivos dos componentes supracitados. Os subíndices propostos a seguir estão fundamentados nos pressupostos teóricos desenvolvidos em Radosevic e Yoruk (2015a, 2017), baseando-se na revisão de literatura explicitada anteriormente, na plausibilidade econômica e na disponibilidade e comparabilidade de dados para ambos os países, Brasil e China.

O índice de **intensidade de *upgrade* tecnológico** consiste em dois componentes: capacidade tecnológica e P&D e intensidade do conhecimento, com base em sete indicadores. O componente de “Capacidade Tecnológica”, é construído a partir da mensuração das capacidades de geração de tecnologia (em especial, patentes), e é composto por quatro indicadores: Pedidos residentes de patentes no escritório nacional *pmi*, pedidos de patentes ao escritório de patentes dos Estados Unidos da América (USPTO) *pmi*, pedidos de patentes ao escritório de patentes da Europa (EPO) *pmi*, e contagem de designs industriais feitas por residentes *pmi*. O segundo componente, “P&D e Intensidade de Conhecimento”, pretende capturar o conhecimento desenvolvido por investimentos em P&D, bem como a influência das capacidades incorporadas nas pessoas, ou seja, pessoal de P&D, cientistas e os resultados de suas publicações e possui os subseqüentes indicadores: Despesas com pesquisa e desenvolvimento do setor empresarial (% do PIB), artigos de revistas científicas e técnicas *pmi*, e citações científicas *pmi*.

O índice de **abrangência de *upgrade* tecnológico** possui dois componentes: capital humano e infraestrutura física e mudanças estruturais, baseados em seis indicadores. O primeiro componente “Infraestrutura: capital humano, físico e organizacional”, baseia-se na mensuração da influência das capacidades incorporadas nas pessoas por meio da educação, na resposta à demanda de competências, na extensão em que as pessoas exploram as tecnologias de infraestrutura disponíveis e no nível de investimento fixo e possui três indicadores: Anos médios de escolaridade para a população entre 15-60 anos, assinantes fixos

de Internet banda larga, e investimento bruto fixo (% do PIB). O componente “Mudanças Estruturais” visa capturar as alterações ao longo do tempo na capacidade tecnológica, na estrutura da demanda e no nível das tecnologias disponíveis, e possui três indicadores, são eles: Índice Herfindahl-Hirschman (IHH, doravante) para o total de pedidos de patentes nacionais, IHH para pedidos de patente ao EPO, IHH para pedidos de patente ao USPTO.

O índice de **interação com a economia global** abrange dois indicadores que representam a entrada e a saída de conhecimento de um país, e o componente que constitui esse índice é “Tecnologia e intercâmbio de conhecimento”, composto pelos indicadores: investimento direto estrangeiro, saídas líquidas (% do PIB) e investimento direto estrangeiro, entradas líquidas (% do PIB), Encargos pelo uso de propriedade intelectual, receitas (% PIB), e Encargos pelo uso de propriedade intelectual, pagamentos (% PIB).

Quadro 1 – Indicadores selecionados para o cálculo de upgrade tecnológico

Índice	Componente	Propostas de indicadores quantitativos	Fonte
Intensidade de upgrade tecnológico (Índice A)	Capacidade tecnológica	Pedidos residentes de patentes no escritório nacional <i>pmi</i>	Banco Mundial
		Pedidos de patentes ao USPTO <i>pmi</i>	WIPO
		Pedidos de patentes ao EPO <i>pmi</i>	WIPO
		Contagem de designs industriais feitas por residentes <i>pmi</i>	WIPO
	P&D e Intensidade de conhecimento	Despesas com pesquisa e desenvolvimento do setor empresarial (% do PIB)	UNESCO
		Artigos de revistas científicas e técnicas <i>pmi</i>	ThomsonNSI
		Citações científicas <i>pmi</i>	ThomsonNSI
Abrangência de upgrade tecnológico (Índice B)	Capital humano e Infraestrutura física	Anos médios de escolaridade para a população entre 15-60 anos	Barro-Lee
		Assinantes fixos de Internet banda larga	Banco Mundial
		Investimento bruto fixo (% do PIB)	Banco Mundial
	Mudanças estruturais	Índice Herfindahl-Hirschman para o total de pedidos de patentes nacionais	WIPO
		Índice Herfindahl-Hirschman para pedidos de patente ao EPO	WIPO
		Índice Herfindahl-Hirschman para pedidos de patente ao USPTO	WIPO
Interação com a economia global (Índice C)	Tecnologia e intercâmbio de conhecimento	Investimento direto estrangeiro, saídas líquidas (% do PIB)	Banco Mundial
		Investimento direto estrangeiro, entradas líquidas (% do PIB).	Banco Mundial
		Encargos pelo uso de propriedade intelectual, receitas (% do PIB).	Banco Mundial
		Encargos pelo uso de propriedade intelectual, pagamentos (% do PIB).	Banco Mundial

Fonte: Elaboração própria com base em Radosevic e Yoruk (2017). WIPO representa a Organização Mundial da Propriedade Intelectual; Barro-Lee representa a base de dados de desempenho educacional de 1950 a 2015, disponibilizada por Robert Barro e Jong-Wha Lee.

Os indicadores individuais contidos no Quadro 1 foram construídos a partir da compilação dos dados de fontes tais quais: Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WIPO), UNESCO, Banco Mundial, ThomsonNSI, USPTO e EPO (para o cálculo dos Índices Herfindahl-Hirschman⁴), UNComtrade e base de dados de desempenho educacional Barro-Lee.

Assim, fundamentado na metodologia desenvolvida por Caria (2015), foi utilizado um cálculo baseado na Distância Euclidiana (DE) para se chegar ao valor do *upgrade* tecnológico e de seus índices componentes. Fixa-se na DE um ponto de partida teórico, zero, que representa o pior desempenho possível em um indicador, a partir do qual a diferença, ou distância é calculada. A distância total em relação a este zero teórico é calculada a partir da raiz da soma das diferenças quadráticas entre cada um dos indicadores e a base zero, ponderada pela raiz do valor máximo possível para o conjunto de indicadores, estabelecendo-se uma distância relativa.

Como o valor máximo teórico de todos os indicadores é um, esse fator de ponderação acaba se traduzindo na raiz do número de indicadores utilizados e que compõem a distância final. Calculando a distância para cada dimensão e seus componentes, pode-se organizar todos os índices componentes na mesma medida, que resulta em um índice multidimensional final de *upgrade* tecnológico. Essa concepção está expressa na equação (1) seguinte:

$$DE = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (0 - X_{ij})^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (0 - 1)^2}} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n X_{ij}^2}}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

Em que, *DE* representa a distância Euclidiana, X_{ij} denota o valor *X* do indicador normalizado *i*, para o país *j*, com $j \in \{\text{Brasil, China}\}$, e *n* é o total de indicadores. Assim obtém-se uma distância que pode ser compreendida como o desempenho de cada país em cada “dimensão”, composta por um determinado conjunto de indicadores. Assim, o procedimento normaliza os resultados colocando-os em uma mesma base e teto pré-estabelecidos, obtendo, desse modo, uma evolução contínua, com resultados compreendidos entre 0 e 1, invariáveis ao número de indicadores e com mesma base no tempo.

⁴ O índice Herfindahl-Hirschman é calculado da seguinte forma: $H_{ij} = \sum_{k=1}^K s_k^2$, onde s_k é a participação de patentes de um país em um campo tecnológico específico e *K* o número de diferentes campos tecnológicos. O índice é calculado para os dois países de interesse, com base na classificação de 35 campos tecnológicos disponibilizada por WIPO.

Como em Caria (2015), a análise dos resultados padronizados não é propriamente relativizada aos países analisados. É possível extrair o país de melhor desempenho, mas dificulta-se inferir qual deles está mais adiante no avanço tecnológico relativamente ao outro. Para tanto, considera-se a equação (2) a seguir:

$$DF = \left(\left(\frac{X_{observado}}{X_{máximo}} \right) - 1 \right) \times (-100) \quad (2)$$

A partir da equação (2) temos uma diferença percentual entre os países com melhor desempenho geral nos indicadores propostos, colocando-os numa hierarquia que os classifica em relação à fronteira tecnológica atual entre os dois países, personalizada na figura do país que mais se distanciou do zero teórico para o período analisado. Então, a dimensão total, ou *TU*, é calculada usando os resultados combinados de cada um de seus componentes (Intensidade, Abrangência e Interação). A estratificação (indicador – componente – dimensão) é útil pela possibilidade de análise pontual de desempenho dos países em determinados indicadores ou campos agregados (como “Abrangência”).

Resultados encontrados: evolução dos indicadores de upgrade tecnológico para China e Brasil (2001 – 2020)

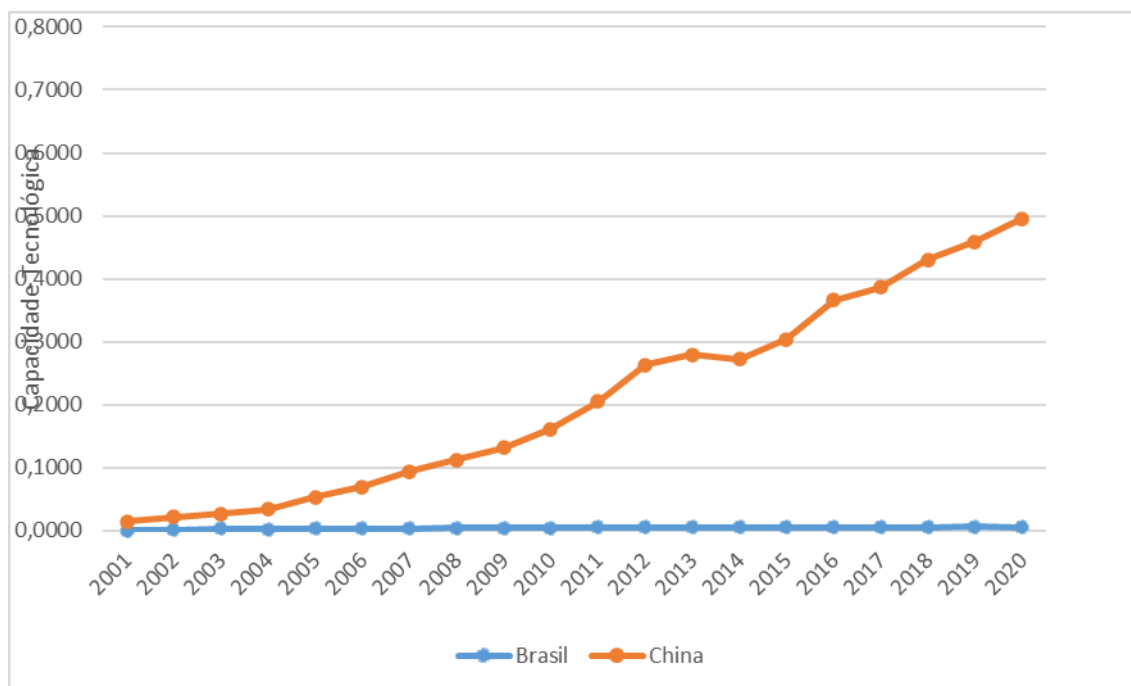
Esta seção apresenta os resultados encontrados para os indicadores relativos a Brasil e China, calculados a partir da aplicação da metodologia apresentada previamente, e realiza uma comparação temporal com a evolução dos indicadores estimados para a economia chinesa, juntamente com uma análise das dimensões de *upgrade* tecnológico.

O primeiro componente da dimensão de intensidade de upgrade tecnológico é a capacidade tecnológica, que indica a capacidade de alterar produtos e processos de maneira significativa por meio do processo de inovação, refletem os níveis tecnológicos das economias. O Brasil apresentou um índice médio de 0,0041, inferior à média chinesa 0,209 para o período analisado. O indicador brasileiro apresentou um crescimento médio período a período de 10%, contra 21% observado para a China.

A Figura 1 ilustra a trajetória do indicador de capacidade tecnológica para ambos os países, Brasil e China, no intervalo entre 2001 e 2020. É possível observar que ambos os países iniciaram o período com níveis de capacidade

tecnológica semelhantes, entretanto, a partir de 2004, a China tende a crescer de maneira expressivamente maior, mantendo uma tendência crescente por todo o período e no final do período, a distância entre os países aumenta de forma clara, demonstrando um esforço maior da China em crescer via capacidade tecnológica, uma característica que tende a se destacar em países de renda alta que costumam crescer com base nas atividades de fronteira tecnológica.

Figura 1 – Índice de capacidade tecnológica



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do WIPO e Banco Mundial.

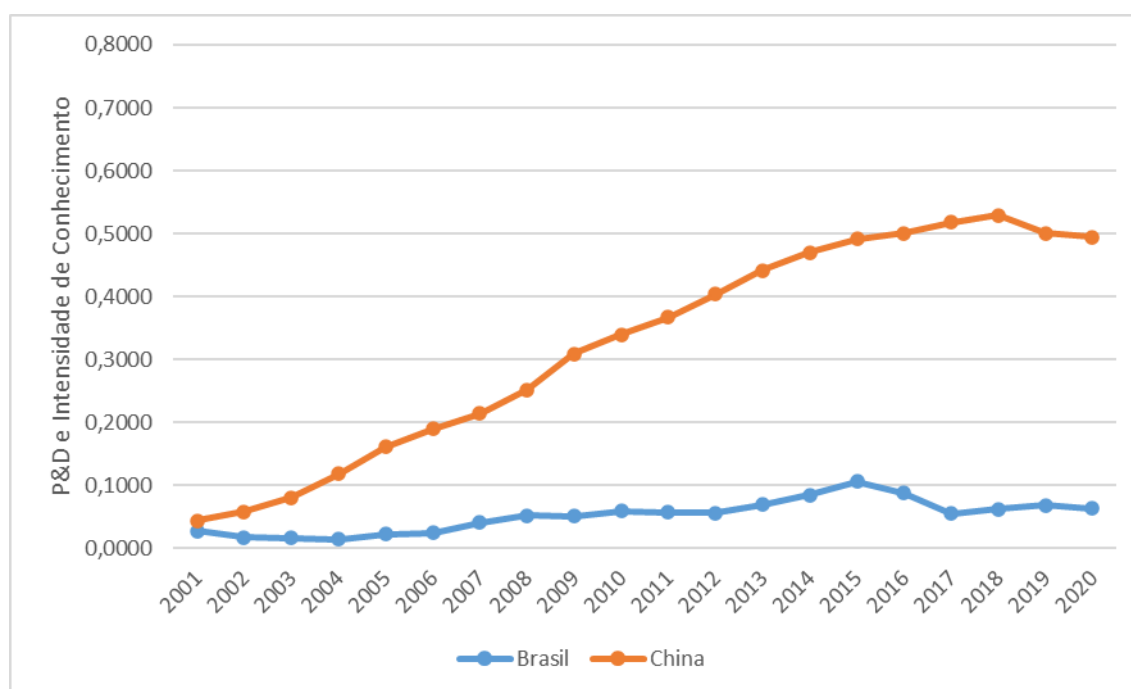
O segundo componente da dimensão de intensidade é pesquisa e desenvolvimento (P&D) e intensidade de conhecimento. P&D é geralmente considerado um dos principais componentes da inovação, portanto, sendo um dos principais propulsores do crescimento, principalmente no curto prazo. Radosevic (2017) discorre que a literatura aceita que P&D possui duas faces, uma delas é o motor da inovação na fronteira mundial, e outra é P&D como força motriz das atividades de imitação ou como fator de capacidade de absorção. As economias de renda média tendem a crescer mais em atividades de imitação, enquanto a transição para um grupo de alta renda exige uma mudança para atividades tecnológicas de fronteira.

A Figura 2 ilustra a trajetória do indicador de P&D e intensidade de conhecimento para ambos os países, Brasil e China, no intervalo entre 2001 e 2020. O Brasil apresentou uma variação média do indicador de aproximadamente 2%,

contra 6% para o caso chinês. Pela Figura 2, é possível perceber uma tendência de queda para o índice brasileiro a partir de 2015, período em que passou de 0,1057 para 0,0550 em 2017.

O indicador referente a China se reduziu suavemente de 2018 a 2020, passando de 0,5297 para 0,4949. Por meio da figura, também é possível observar que semelhante ao índice anterior, que ambos os países iniciaram o período com níveis semelhantes de P&D e intensidade de conhecimento, entretanto, novamente os níveis tendem a se distanciar significativamente a partir de 2004 e essa distância segue aumentando ano a ano, o índice do Brasil não chega a 0,1 no final do período analisado, enquanto a China finaliza o período com um índice de aproximadamente 0,5. Esses resultados corroboram com a análise anterior de que a China busca investir mais em políticas industriais e apresentou um maior esforço em investimentos na área de pesquisa e P&D em relação ao Brasil para o período analisado.

Figura 2 – Índice de P&D e Intensidade de Conhecimento



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do ThomsonNSI e UNESCO.

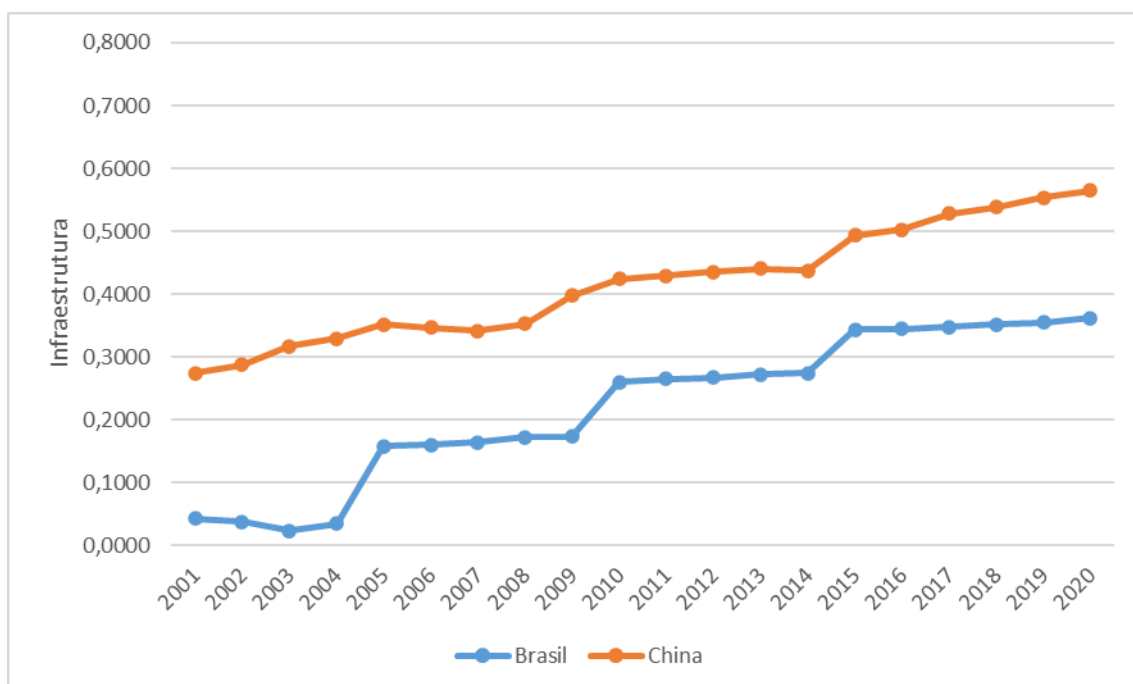
A segunda dimensão calculada foi a abrangência do *upgrade* tecnológico. Segundo Radošević e Yoruk (2015), o *upgrade* tecnológico não pode ser reduzido em intensidade ou escala de atividades tecnológicas, essa dimensão refere-se à amplitude dos fatores que afetam a intensidade do aprimoramento da tecnologia e considerou-se dois componentes: infraestrutura e mudanças estruturais. O primeiro

componente dessa dimensão é a infraestrutura, que engloba o capital humano, físico e organizacional. Choung *et al.* (2014) mostram que a transição da adoção para o estágio de criação depende dos arranjos estruturais e institucionais que apoiam a inovação de um país, além da estratégia e dos recursos de uma única empresa. A acumulação de capacidade tecnológica nas empresas deve ser acompanhada por uma infraestrutura organizacional que apoie a aquisição de tais capacidades.

A Figura 3 ilustra a trajetória do indicador de infraestrutura para ambos os países, Brasil e China, no intervalo entre 2001 e 2020. O índice relativo à infraestrutura para o Brasil apresentou um crescimento médio período a período de 24%, com saltos bruscos entre os anos de 2004–2005, 2008–2009 e 2014–2015, enquanto se observou para a China uma média de crescimento de 4%. Diferentemente dos resultados encontrados nos índices anteriores, é possível observar na figura, que embora a China permaneça com valores maiores em todos os anos analisados, a diferença entre ambos os países deixou de ser tão expressiva e o Brasil apresentou crescimento maior entre o 2001 e 2020, em relação à China.

Esse resultado pode resultar do fato desse componente levar em consideração anos de escolaridade e acesso à internet, semelhantes entre Brasil e China, por serem ambos países em desenvolvimento e com problemas de desigualdade social, outro dado analisado para esse componente foi investimento bruto como proporção do PIB, que para a China demonstrou ser expressivamente maior em relação ao Brasil e provavelmente foi o que impulsionou a permanência de uma distância entre os países.

Figura 3 – Índice de infraestrutura: capital humano, físico e operacional



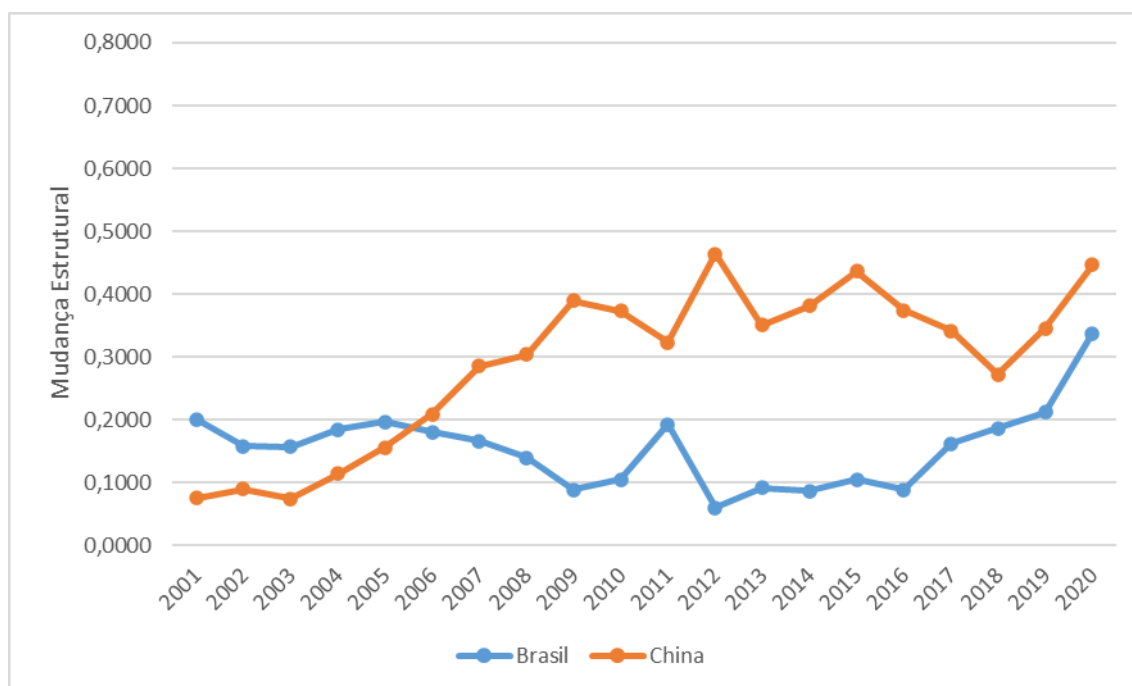
Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Barro-Lee e Banco Mundial.

O segundo componente dessa dimensão é o componente de mudanças estruturais, que se refere a diversificação tecnológica, mudanças na demanda e oferta de inovação. As mudanças estruturais são importantes pois promovem o crescimento agregado da produtividade, mesmo que dentro das indústrias esta possa permanecer estagnada.

A Figura 4 ilustra a trajetória do indicador de mudanças estruturais para ambos os países, Brasil e China, no intervalo entre 2001 e 2020. O Brasil apresentou um crescimento médio aproximado de 10%, contra 12% para o coeficiente de mudanças estruturais chinês.

O Brasil mostrou uma redução consistente do indicador entre os anos de 2005 (0,1972) e 2009 (0,0884), ano em que voltou a apresentar uma variação positiva, e de forma geral a China apresentou uma melhor evolução do indicador. A China demonstrou uma queda no índice de mudanças estruturais entre os anos de 2015 e 2018, com uma variação aproximada de 38%.

Figura 4 – Índice de mudanças estruturais



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do WIPO.

Ambos os países encerraram o período de análise com tendências de crescimento, em particular a partir de 2018. Adicionalmente, é possível observar que, diferente dos índices anteriores, o Brasil apresentou valores maiores entre 2001

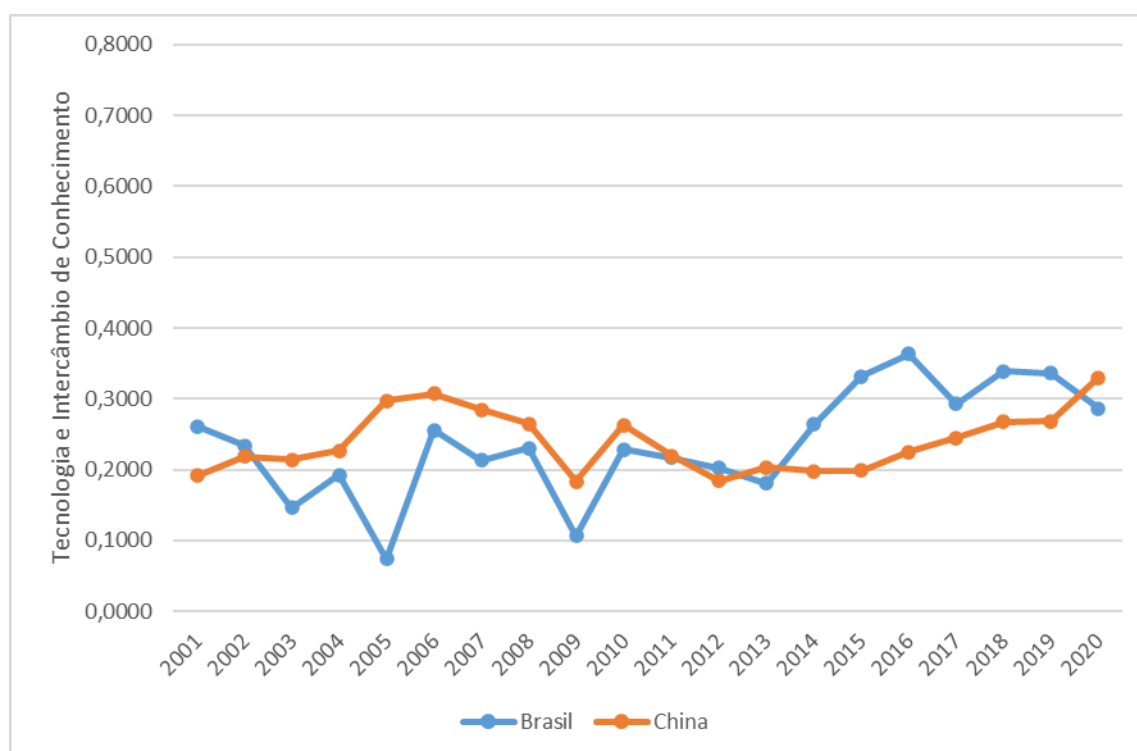
e 2006, quando a China o ultrapassa e permanece nesta tendência até o final do período.

Alterações estruturais são mais difíceis de se captar em uma análise de 20 anos, por ser caracterizada por mudanças de longo prazo, dessa forma, talvez seja possível de se verificar a real distância entre os países em períodos maiores, entretanto, ainda é possível observar a característica já observada anteriormente de que a China parece possuir um esforço maior através dos anos no investimento em mudanças estruturais.

A terceira dimensão é a interação com a economia global, sua importância vem do fato do *upgrade* tecnológico não ser um processo independente e sim ligado ao fluxo de conhecimentos estrangeiros, que são combinados com esforços intensivos de tecnologia doméstica.

Segundo Lacasa *et al.* (2018), em países de baixa renda, a interação global é de alta relevância para obter acesso à tecnologia de fronteira, à medida que a renda dos países cresce e as capacidades tecnológicas se atualizam, eles podem entrar em um processo de cogeração de conhecimento. O componente deste índice é a tecnologia e o intercâmbio de conhecimento.

A Figura 5 ilustra a trajetória do indicador de tecnologia e intercâmbio de conhecimento para ambos os países, Brasil e China, no intervalo entre 2001 e 2020. O indicador de tecnologia e intercâmbio de conhecimento demonstrou-se o mais volátil entre todos os analisados, para ambos os países.

Figura 5 – Tecnologia e Intercâmbio de Conhecimento

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Banco Mundial.

Possivelmente esse comportamento seja decorrente à natureza das variáveis que o compõem, investimento direto estrangeiro, entradas e saídas líquidas (% do PIB), que respondem direta e rapidamente ao ciclo econômico, o índice também leva em consideração encargos pelo uso de propriedade intelectual, pagamentos e receitas. O índice brasileiro caiu de 0,2704 em 2008 para 0,1066 em 2009. Observou-se recuperação no ano de 2010, quando o indicador foi de 0,2627, voltando a cair em 2012, só conseguindo alcançar o mesmo patamar em 2018, voltando a crescer em 2019. O índice para a China apresentou uma queda menor para o período entre 2008 e 2010, caindo de 0,2646 para 0,1830 e retornando a patamares pré-crise no período seguinte, para voltar a cair em 2010. A partir daí o indicador permaneceu com uma tendência crescente até o final do período analisado, em 2020, ultrapassando os valores do Brasil.

O *upgrade* tecnológico se conceitua, neste artigo, como um processo que une as três dimensões apresentadas anteriormente, a primeira dimensão, referente a intensidade de *upgrade* tecnológico, engloba diferentes tipos de atividades de inovação; a segunda dimensão, concerne à abrangência da tecnologia como

diversidade de conhecimento e tipos de infraestrutura de suporte; e a terceira dimensão, que retrata o fluxo de conhecimento global para a economia de interesse.

Diversos autores apontam a importância da tecnologia e inovação para o desenvolvimento de um país e como os componentes de TU variam de acordo com a trajetória tecnológica de cada país. O Brasil possui uma trajetória diferenciada, Tigre (2002) aponta que embora o perfil do país tenha evoluído ao longo dos anos para uma presença maior de produtos com maior valor agregado, ainda apresenta um padrão de especialização voltado para a exportação de *commodities*. Erber (2000) mostra que a evolução da estrutura industrial brasileira, indica uma relativa perda dos setores mais intensivos em atividades tecnológicas mais complexas.

A Tabela 1 apresenta separadamente os indicadores componentes do índice de *upgrade* tecnológico para os países analisados.

Tabela 1 – Componentes do upgrade tecnológico para Brasil e China, 2001–2020

Data	Componentes do TU – Brasil			Componentes do TU – China		
	Intensidade	Abrangência	Interação	Intensidade	Abrangência	Interação
2001	0,0280	0,2435	0,2613	0,0584	0,3492	0,1913
2002	0,0190	0,1955	0,2341	0,0797	0,3783	0,2186
2003	0,0195	0,1807	0,1465	0,1072	0,3920	0,2144
2004	0,0170	0,2194	0,1927	0,1523	0,4440	0,2269
2005	0,0258	0,3558	0,0736	0,2140	0,5086	0,2977
2006	0,0272	0,3407	0,2556	0,2589	0,5560	0,3076
2007	0,0442	0,3306	0,2136	0,3081	0,6266	0,2843
2008	0,0564	0,3116	0,2304	0,3644	0,6572	0,2646
2009	0,0551	0,2622	0,1066	0,4411	0,7876	0,1830
2010	0,0643	0,3644	0,2283	0,5002	0,7975	0,2627
2011	0,0623	0,4583	0,2172	0,5719	0,7523	0,2199
2012	0,0616	0,3279	0,2021	0,6662	0,8991	0,1841
2013	0,0747	0,3637	0,1808	0,7213	0,7918	0,2034
2014	0,0895	0,3611	0,2643	0,7430	0,8188	0,1976
2015	0,1108	0,4487	0,3321	0,7952	0,9290	0,1988
2016	0,0937	0,4335	0,3638	0,8676	0,8763	0,2246
2017	0,0601	0,5100	0,2928	0,9047	0,8698	0,2449
2018	0,0678	0,5378	0,3390	0,9601	0,8110	0,2679
2019	0,0742	0,5669	0,3366	0,9595	0,8991	0,2682
2020	0,0694	0,6990	0,2864	0,9905	1,0113	0,3299

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Banco Mundial, WIPO, ThomsonNSI, UNESCO e Barro-Lee.

O índice de intensidade tecnológica brasileiro demonstrou uma variação média de aproximadamente 8% para o Brasil, contra uma média de 17% para a China, para o período. O componente de abrangência para o caso brasileiro

apresentou uma variação média de 8%, e 6% para a economia chinesa. Por fim, o componente de interação global para o Brasil mostrou uma variação média de 13,72%, enquanto a China demonstrou uma variação negativa de aproximadamente 4,27% para o período.

A Tabela 2 apresenta o índice final do *upgrade* tecnológico calculado usando os resultados combinados de cada um de seus componentes (Intensidade, Abrangência e Interação) para o período de 2001 a 2020.

Tabela 2 – Índice de upgrade tecnológico (TU) para Brasil e China, 2001–2020

Data	TU Brasil	TU China	Hiato	Var (%)
2001	0,0428	0,0540	20,7778	-
2002	0,0311	0,0657	52,6485	153,39%
2003	0,0182	0,0704	74,1777	40,89%
2004	0,0285	0,0906	68,5334	-7,61%
2005	0,0442	0,1310	66,2527	-3,33%
2006	0,0607	0,1569	61,3088	-7,46%
2007	0,0523	0,1895	72,4014	18,09%
2008	0,0511	0,2116	75,8353	4,74%
2009	0,0277	0,2828	90,1984	18,94%
2010	0,0630	0,3184	80,2037	-11,08%
2011	0,0870	0,3138	72,2641	-9,90%
2012	0,0507	0,4287	88,1711	22,01%
2013	0,0568	0,3962	85,6522	-2,86%
2014	0,0694	0,4205	83,4907	-2,52%
2015	0,1080	0,5116	78,8980	-5,50%
2016	0,1097	0,5237	79,0556	0,20%
2017	0,1165	0,5450	78,6309	-0,54%
2018	0,1362	0,5505	75,2513	-4,30%
2019	0,1467	0,6003	75,5602	0,41%
2020	0,1918	0,7043	72,7635	-3,70%

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Banco Mundial, WIPO, ThomsonNSI, UNESCO e Barro-Lee.

Observando-se a Tabela 2, identifica-se uma variação positiva do indicador de hiato tecnológico representando um afastamento do país líder em capacidade tecnológica, enquanto uma variação negativa corresponde a um processo de *catch up* de nações inferiores tecnologicamente.

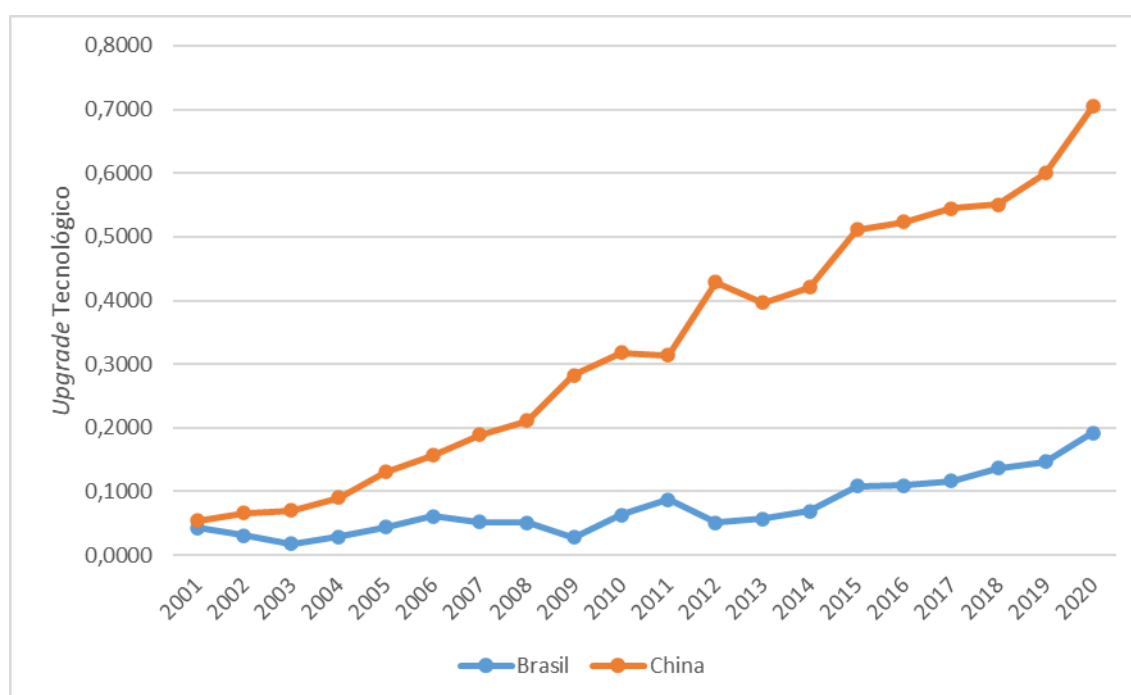
Sendo assim, o Brasil se afastou em capacidade tecnológica cerca de 10,52% quando comparado ao avanço da capacidade chinesa. Pode-se notar que o índice brasileiro variou 348% entre 2001 e 2020, e em contrapartida, a China apresentou uma variação de 1204% para o mesmo período. Pode-se observar que o índice para

a China se mostrou cerca de três vezes e meia maior que o índice para o Brasil ao final do período analisado.

Os dados indicam um desempenho preocupante com relação ao caso brasileiro, uma vez que para o período de vinte anos analisado a variação exibe um comportamento muito menos virtuoso, comparativamente ao da China, país de renda per-capita inicialmente inferior à brasileira, indicando que além de baixos, os componentes importantes para a aproximação do Brasil à fronteira tecnológica apresentam reduzido dinamismo ao longo do tempo, condizente com um processo de interrupção na trajetória de desenvolvimento, ou mesmo de regressão estrutural.

A Figura 6 apresenta a evolução do índice de *upgrade* tecnológico para o Brasil e China no período de 2001 a 2020, e permite uma visualização mais clara das marcantes diferenças exibidas pelas trajetórias de Brasil e China no período analisado. É possível observar que o índice de *upgrade* tecnológico manteve uma tendência crescente para ambos os países, havendo, no entanto, uma sensível diferença em termos do ritmo do progresso alcançado em cada caso.

Figura 6 – Evolução do upgrade tecnológico para Brasil e China (2001–2020)



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Banco Mundial, WIPO, ThomsonNSI, UNESCO e Barro-Lee.

A Figura 6 permite observar que o distanciamento entre ambos os países tende a aumentar progressivamente: em 2001 o índice era de 0,0428 para o Brasil e

de 0,0540 para a China e passa a ser 0,1918 para o Brasil e 0,7043 para a China, no final do período analisado.

Como sugerido anteriormente, os dados obtidos apontam claramente para um diagnóstico que indica um substantivo sucesso da estratégia de desenvolvimento da China no que se refere ao desenho e implementação de políticas industriais e de ciência, tecnologia e inovação voltadas à promoção de um sistema nacional de inovação virtuoso.

Com relação ao caso brasileiro, os dados permitem aferir que o baixo dinamismo econômico das últimas décadas apresenta determinantes sistêmicos e estruturais. A prolongada crise brasileira é um fenômeno multidimensional e, por conseguinte, resulta de uma complexa conjunção de fatores. A compreensão dos fatores que proporcionaram o início desse longo período de desaceleração e retrocesso estrutural exige a consideração de diversos aspectos, em uma perspectiva que avance para além dos fatores estritamente macroeconômicos.

Assim, considera-se neste trabalho que a persistência prolongada de um quadro baixo crescimento e desindustrialização, mesmo após três décadas de superação da alta inflação crônica e de duas décadas sem restrições advindas do setor externo, até mesmo após o retorno de políticas industriais (período 2003-2014), exige um esforço de investigação sobre determinantes explicativos mais estruturais, conforme se busca explorar pela metodologia empregada neste artigo.

Considerações Finais

O desenvolvimento é um processo complexo e não linear, impulsionado por avanços tecnológicos e transformações das instituições, políticas e sociedade, com cada nação seguindo um caminho único moldado por suas características políticas, econômicas, históricas e culturais particulares.

Este artigo contribui para a discussão sobre as trajetórias recentes das duas economias selecionadas (Brasil e China) ao desenvolver uma análise voltada à caracterização do desempenho comparativo de *upgrade* tecnológico, identificando o comportamento de diferentes dimensões desse processo no período 2001-2020.

A metodologia ofereceu uma análise comparativa entre Brasil e China, baseando-se nos pressupostos teóricos e indicadores concebidos originalmente por Radošević e Yoruk (2015a, 2017). A análise lança luz sobre três dimensões

principais: *intensidade*, *abrangência* e *interação com a economia global*. A intensidade abrange capacidade tecnológica e investimentos em P&D, a abrangência foca infraestrutura e mudanças estruturais, e a interação global considera os intercâmbios de tecnologia e conhecimento.

Os indicadores analisados, fundamentados na literatura e construídos mediante a disponibilidade de dados, permitem uma avaliação mais aprofundada das capacidades tecnológicas e inovativas do Brasil e da China no período.

Assim, o estudo contribui para a elaboração de uma visão abrangente das diferenças nos estágios de avanço tecnológico entre os dois países, potencialmente contribuindo para o desenvolvimento de políticas eficazes em ciência, tecnologia e inovação.

Diante dos resultados encontrados após o cálculo dos índices, foi possível observar que a China apresentou números melhores na maioria dos componentes. A distância entre os desempenhos nacionais foi expressivamente maior nos componentes de *capacidade tecnológica e P&D* e *Intensidade de Conhecimento* em favor da China. O índice de *interação com a economia global* foi o que apresentou maior volatilidade e valores mais próximos entre ambos os países.

Ao analisar as três dimensões compiladas no índice sintético de *upgrade* tecnológico, observou-se uma tendência crescente para ambas economias. Entretanto, é possível observar que Brasil e China começaram com valores muito semelhantes, mas que, progressivamente, amplia-se a distância entre eles. No ano de 2020 o Brasil apresentou um índice final de 0,1918 enquanto a China apresentou um índice de 0,7043.

É possível concluir que, em termos gerais, a estratégia implementada pela China durante o período demonstrou êxito maior em promover aspectos cruciais para o *upgrade* tecnológico quando comparada ao Brasil, fazendo com que os valores dos indicadores distanciassem progressivamente ao longo do período analisado.

A síntese das três dimensões no índice final (TU), traz a uniformidade no tratamento de cada componente a fim de melhor traçar o desempenho geral do processo de *upgrade* tecnológico dos casos analisados.

Ainda assim, cabe ressaltar algumas limitações apresentadas pela metodologia proposta: com o agrupamento das variáveis em diversos componentes, e estes posteriormente agregados em um único índice composto, obtém-se uma

ponderação desigual dos componentes entre os países (os componentes que agrupam maior número de variáveis exerceriam um maior peso dentro do índice composto), que não necessariamente refletiria sua importância relativa para a trajetória do avanço tecnológico de cada nação analisada.

REFERÊNCIAS

ABRAMOVITZ, M. Resource and Output Trends in the United States Since 1870. Occasional Paper 1952. **Revue économique**, v. 9, n. 1, p. 164, 1958.

AYRES, Robert U. Theoretical Growth Models vs. Real World Evidence: Implications for Greenhouse Gas Policy. **INSEAD, Working Paper** (98/63/EPS/CMER), 1998.

FABRICANT, S. Economic Progress and Economic Change. **Race, Religion, and Economic Change in the Republican South**, p. 88–106, 1954.

FREEMAN, C. **Technology policy and economic performance: lessons from Japan**. Frances Pinter, Londres, 1987.

LUNDVALL, Bengt-Ake et al. **National systems of innovation: towards a theory of innovation and interactive learning**. Pinter: London, 1992.

NELSON, Richard R. (Ed.). **National innovation systems: a comparative analysis**. Oxford university press, 1993.

NELSON, Richard; WINTER, Sidney. Uma teoria Evolucionária da Mudança Econômica. 1a. ed. Campinas: **UNICAMP**, p.287, 2005.

RADOSEVIC, Slavo; YORUK, Esin. Why do we need a theory and metrics of technology upgrading? **Asian Journal of Technology Innovation**, v. 24, n. sup1, p. 8-32, 2015a.

RADOSEVIC, Slavo; YORUK, Esin. A New Metrics of Technology Upgrading: The Central And East European Countries in a Comparative Perspective. **GRINCOH Working Paper Series**, Paper No. 3.04, 2015b.

RADOSEVIC, Slavo; YORUK, Esin. Technology upgrading of middle-income economies: A new approach and results. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 129, p. 56-75, 2017.

SCHMOOKLER, J. **Changes in Industry and in the State of Knowledge as Determinants of Industrial Invention**. [s.l: s.n.]. 1962.

NOTAS DE AUTOR

CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

Graciely Aquino de Oliveira – Concepção e elaboração do manuscrito, Coleta de dados, Análise de dados.

José Eduardo Roselino – Concepção, Participação ativa da discussão dos resultados; Revisão e aprovação da versão final do trabalho.

Antonio Carlos Diegues – Concepção, Participação ativa da discussão dos resultados.

FINANCIAMENTO

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

CONSENTIMENTO DE USO DE IMAGEM

Não se aplica.

APROVAÇÃO DE COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Não se aplica.

CONFLITO DE INTERESSES

Não se aplica.

LICENÇA DE USO

Este artigo está licenciado sob a [Licença Creative Commons CC-BY-NC](#). Com essa licença você pode compartilhar, adaptar, criar para qualquer fim, sem uso comercial e desde que atribua a autoria da obra.

HISTÓRICO

Recebido em: 05-05-2025

Aprovado em: 16-05-2026

Publicado em: 21-08-2026