

INDÚSTRIA 4.0 E REDES GLOBAIS EM SERVIÇOS INTENSIVOS EM TECNOLOGIA: UMA ABORDAGEM CRÍTICA E APONTAMENTOS PARA A POLÍTICA INDUSTRIAL

Antonio Carlos Diegues¹
José Eduardo Roselino²

Resumo: O artigo analisa a emergência do paradigma tecno-produtivo associado à Indústria 4.0 a partir de uma abordagem crítica que, a despeito de reconhecer as importantes transformações em curso, rejeita o entendimento deste fenômeno como sendo o advento de uma 4ª. Revolução Industrial uma vez que as tecnologias centrais desse paradigma são essencialmente as mesmas que caracterizam a 3ª. Revolução Industrial, a saber, as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC). O esforço analítico visa o desenho de diretrizes para políticas industriais e tecnológicas nacionais com base no entendimento de que essas tecnologias centrais do novo paradigma técnico-econômico são desenvolvidas no âmbito de distintas configurações de redes globalizadas. Propõe-se então uma tipologia para essas redes globais com desdobramentos sobre as diferentes abordagens para as estratégias de políticas. O trabalho conclui por apresentar um conjunto de diretrizes para o desenho de uma estratégia nacional de fomento com base nos aspectos heterogêneos que caracterizam essas tecnologias.

Palavras-chave: Paradigma Técnico-Econômico. Indústria 4.0. Redes Produtivas Globais. Política Industrial e Tecnológica.

INDUSTRY 4.0 AND GLOBAL NETWORKS IN TECHNOLOGY INTENSIVE SERVICES: A CRITICAL APPROACH AND NOTES FOR INDUSTRIAL POLICY

Abstract: This paper analyzes the emergence of the techno-productive paradigm associated with Industry 4.0 from a critical approach that, despite recognizing the important ongoing transformations, rejects the understanding of this phenomenon as being the advent of a 4th. Industrial Revolution, since the core technologies of this paradigm are essentially the same as those that characterize the 3rd. Industrial Revolution, namely Information and Communication Technologies (ICT). The analytical effort exposes guidelines for national industrial and technological policies based on the understanding that the core technologies of this new technical-economic paradigm are developed within the scope of different configurations of globalized networks. A typology for these global networks is then proposed, with implications for different policy strategies. This paper concludes by presenting a set of guidelines for designing a national development strategy based on the heterogeneous aspects that characterize these technologies.

Keywords: Technical-Economic Paradigm. Industry 4.0. Global Productive Networks. Industrial and Technology Policy.

¹ Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Instituto de Economia (IE/Unicamp), Campinas, Brasil, Campinas (IE/Unicamp), Campinas-SP, Brasil, diegues@unicamp.br, <https://orcid.org/0000-0002-4124-666X>

² Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Departamento de Geografia, Turismo e Humanidades (DGTH/UFSCar), Sorocaba-SP, País, jeroselino@ufscar.br, <https://orcid.org/0000-0001-8066-8024>

INDUSTRIA 4.0 Y REDES GLOBALES EN SERVICIOS INTENSIVOS EN TECNOLOGÍA: UN ENFOQUE CRÍTICO Y NOTAS PARA LA POLÍTICA INDUSTRIAL

Resumen: El artículo analiza el surgimiento del paradigma tecnoproductivo asociado a la Industria 4.0 desde un enfoque crítico que, a pesar de reconocer las importantes transformaciones en curso, rechaza entender este fenómeno como el advenimiento de una 4ta. Revolución Industrial ya que las tecnologías centrales de este paradigma son esencialmente las mismas que caracterizan la 3ra. Revolución Industrial, a saber, tecnologías de la información y la comunicación. El esfuerzo analítico traza lineamientos para las políticas industriales y tecnológicas nacionales a partir del entendimiento de que las tecnologías centrales de este nuevo paradigma técnico-económico se desarrollan en el ámbito de diferentes configuraciones de redes globalizadas. Luego se propone una tipología para estas redes globales, con implicaciones para diferentes enfoques de las estrategias políticas. El trabajo concluye presentando un conjunto de lineamientos para diseñar una estrategia nacional de promoción a partir de los aspectos heterogéneos que caracterizan a estas tecnologías.

Palabras clave: Paradigma Técnico-Económico. Industria 4.0. Redes Productivas Globales. Política Industrial y Tecnológica.

Introdução

O advento de um paradigma tecno-econômico relacionado à emergência e difusão de tecnologias associadas ao conceito de manufatura avançada ou indústria 4.0, bem como a constituição de novas morfologias das estruturas produtivas internacionalizadas, reforçam o imperativo de se refletir sobre desenhos de políticas industriais e tecnológicas mais adequados ao ambiente das transformações em curso.

Essas novas tecnologias apresentam potencial para modificar substantivamente os determinantes da competitividade em diversos setores e, por consequência, de promover mudanças na divisão internacional do trabalho. Este artigo reconhece a importância dessas transformações, a despeito de rejeitar a ideia de que estaria em curso de uma 4ª Revolução Industrial. O principal argumento crítico à essa identificação se dá pela percepção de que as tecnologias habilitadoras centrais da assim denominada indústria 4.0 são precisamente aquelas identificadas com a 3ª Revolução Industrial, a saber, as Tecnologias de Informação e Comunicação.

Neste contexto, o artigo pretende contribuir para o debate a partir de uma perspectiva centrada na análise das diversas formas de organização produtiva das

atividades de serviços intensivos em tecnologia³, especificamente dos serviços voltados às Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC). Essas tecnologias compõem o núcleo duro das formas avançadas de manufatura nos mais diversos segmentos produtivos.

A análise desenvolvida neste artigo se insere em um debate que explora a importância crescente desses serviços diante da transição em direção ao paradigma da Indústria 4.0 (ANDREONI, 2020) e a dimensão relacionada às cadeias globais (BUTOLLO, 2020; BRUN et al, 2019) em torno dessas atividades, bem como os aspectos concorrenciais associados às tecnologias de informação nesse contexto (BEARSON et al, 2019). A contribuição mais relevante do presente artigo a este debate é a proposição de um arcabouço conceitual capaz de orientar o desenho de políticas industriais diferenciadas para cada tipo de configuração de rede global. Ou seja, propõe-se aqui uma análise que sugere diretrizes de políticas com base na percepção da heterogeneidade dessas atividades em termos concorrenciais, inovativos e das diferentes formas de organização produtiva dessas tecnologias em redes internacionalizadas.

Parte-se da ideia de que o desenho de políticas industriais e tecnológicas voltadas à indústria 4.0 poderia ter como objeto prioritário o desenvolvimento de suas mais importantes tecnologias habilitadoras, relacionadas primordialmente aos serviços de informação em comunicação.

Para tanto, é importante considerar que as atividades que compõem essas tecnologias não são homogêneas em termos de intensidade tecnológica, determinantes da competitividade e estruturas de mercados. A essas dimensões distintivas desse universo de atividades se soma ainda a existência de diferentes formas de internacionalização voltadas ao desenvolvimento das TIC.

Um aspecto peculiar das tecnologias de informação e comunicação é o de que elas trazem já como marca de nascença o seu caráter global. São atividades que se desenvolveram em conjunto com o avanço da globalização produtiva, provendo ao mesmo tempo a infraestrutura informacional e comunicacional necessária à integração global dos mercados, bem como tendo suas características estruturais e competitivas conformadas por esse mesmo movimento de

³ Entende-se nesse trabalho que os serviços associados às tecnologias de informação e comunicação (TIC) representam o núcleo duro dos **serviços intensivos em que tecnologia**, ou do conjunto de atividades econômicas que a literatura internacional convencionou denominar *Knowledge Intensive Based Services* (KIBS). Para uma perspectiva mais pormenorizada da delimitação de âmbito dessas atividades ver Kubota (2009).

internacionalização. Em outros termos, os serviços de informação e comunicação são simultaneamente genitores e legatários do processo de globalização.

A pertinência de uma política voltada à indústria 4.0 centrada nos serviços de TIC, para o caso brasileiro, justifica-se ainda pela existência prévia de um setor com já expressiva importância econômica e aspectos virtuosos em termos tecnológicos e inovativos. Com base nesses princípios, o trabalho propõe que o desenho de políticas e a escolha dos instrumentos de fomento voltados a essas tecnologias teriam maiores chances de sucesso se tiverem a capacidade de considerar diferentes as configurações existentes dentre as tecnologias de informação e comunicação.

Para fundamentar tal discussão, o artigo está organizado em três seções, além dessa breve introdução. A primeira seção apresenta aspectos gerais sobre a emergência do novo paradigma tecno-econômico, fundamento a rejeição à ideia de que se trata de uma 4ª Revolução Industrial. Destaca-se a importância das TICs como vetores primordiais dessas novas formas de organização das atividades produtivas e os aspectos distintivos da internacionalização das atividades de serviços voltados às tecnologias de informação e comunicação, juntamente com a proposição de uma tipologia de diferentes configurações das redes produtivas globalizadas voltadas a essas atividades.

Na segunda seção, propõe-se um marco analítico concebido para embasar a elaboração de uma estratégia nacional de desenvolvimento voltada à indústria 4.0 centrada no fomento às tecnologias de informação e comunicação⁴. Parte-se do princípio de que a efetividade dessas políticas é, em grande medida, determinada pela adequação dos seus instrumentos às características específicas das redes que se procura fomentar. Expõe-se com isso, a sugestão de que quatro dimensões deveriam ser consideradas como condicionantes para a adequação dos instrumentos de política: tecnológica, institucional, nível de desenvolvimento da estrutura empresarial e competitividade sistêmica local.

Finalmente, as notas conclusivas são apresentadas e sintetizadas nas considerações finais.

⁴ A tipologia apresentada das redes globais de serviços intensivos em tecnologia resultou de um projeto de pesquisa desenvolvido pelos autores com financiamento do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação e que teve seus principais resultados publicado em Roselino; Diegues (2014).

O novo paradigma técnico-econômico e as redes globais de produção e inovação em serviços intensivos em tecnologia: uma proposta de tipologia

As transformações produtivas que se iniciaram no último quartil do século XX tiveram como principal vetor o desenvolvimento do complexo eletrônico, que revolucionou radicalmente o mundo da produção e do trabalho no fenômeno largamente denominado de terceira revolução industrial e tecnológica, conforme já apontava Coutinho (1992).

A construção desse novo paradigma tecno-produtivo trouxe para o núcleo da dinâmica inovativa o desenvolvimento de atividades relacionadas às Tecnologias de Informação e Comunicação, em especial o software e os serviços de informática. Nos primórdios da revolução microeletrônica, o software e os serviços de informática apareciam como coadjuvantes, como atividades secundárias vinculadas ao desenvolvimento dos equipamentos, passando progressivamente a ocupar papel central nas transformações induzidas pelas TICs.

Assim, desenvolve-se a crescente importância econômica desses componentes intangíveis, decorrente do movimento de interpenetração de componentes programáveis nos demais segmentos do complexo eletrônico, caracterizado por Coutinho (1992, p.70) como:

(...) a aplicação (ou criação por meio dela) da microeletrônica de uma base tecnológica comum a uma constelação de produtos e serviços (que) agrupou um conjunto de indústrias, setores e segmentos na forma de um 'complexo eletrônico', densamente intra-articulado pela convergência intrínseca da tecnologia de informação.

Ou seja, o processo de transformação que teve início com o advento da terceira revolução industrial impulsionou a crescente importância das atividades e processos de produção baseados em informação e conhecimento.

Ernst (2000), por sua vez, identificou como parte desse processo um deslocamento progressivo do “centro de gravidade” na geração do valor econômico, do hardware em direção ao *design* de padrões de arquitetura, software e serviços intensivos em conhecimento.

Athereye (2005) por exemplo, sugere que os serviços de informática associados ao desenvolvimento de software desempenham no novo paradigma produtivo um papel análogo ao setor produtor de bens de capital no paradigma anterior, afirmando que a indústria de software é “(...) mais do que uma indústria qualquer – produz um bem intermediário central na nova economia digital” (ATHEREYE, 2005, p.7).

Essa importância crescente dos serviços associados às tecnologias de informática para as demais atividades produtivas e setores é denominada por Zysman et al (2010, p. 2) como uma revolução algorítmica:

Nós chamamos isso de Revolução Algorítmica. Modelos de negócios tradicionais podem se tornar mais produtivos, estendidos com ferramentas de TIC. E modelos de negócios totalmente novos podem ser criados, oferecendo serviços antes impossíveis a qualquer preço. A revolução algorítmica nos serviços está mudando profundamente a forma como as empresas agregam valor.

A percepção dessa centralidade dos serviços voltados ao desenvolvimento e aplicação de tecnologias informação e comunicação exige um redesenho das políticas públicas, que conforme apontam Zysman et al (2010), deve deixar de identificar fronteiras entre atividades manufatureiras e de serviços, uma vez que a produtividade e inovatividade das atividades produtivas dependem progressivamente do desenvolvimento de sistemas baseados nesses serviços tecnológicos.

Do ponto de vista da política, a questão é como conceber, projetar, desenvolver e construir e implantar esses novos sistemas. Os empregos “bons”, funções de alto valor agregado, estão no desenvolvimento e implantação desses novos sistemas (ZYSMAN et al, 2010, p.28).

É justamente a partir desse enfoque que se desenvolve originalmente o conceito da indústria 4.0, como resultado de uma política nacional deliberada que visa, a partir de uma ênfase no emprego de tecnologias de informação e comunicação, promover um salto tecnológico no setor industrial da Alemanha, com o desenvolvimento dos assim chamados sistemas ciber-físicos de produção⁵.

O termo indústria 4.0 pretende sugerir que a partir da aplicação dessas tecnologias ao mundo da produção estaríamos diante de uma nova revolução industrial. Hirsch-Kreinsen (2016, p.5) narra criticamente o surgimento do termo na Alemanha em 2011:

Os criadores desse conceito anunciaram uma ‘mudança de paradigma’ industrial para a Alemanha com base em novas tecnologias digitais que devem ser realizadas sem demora. Esta projeção insiste que o desenvolvimento industrial está atualmente no limiar de nada menos do que uma nova ‘quarta revolução industrial’ impulsionada pelo desenvolvimento dramático das possibilidades de aplicação das tecnologias de produção digital e inteligente.

⁵ Os autores desenvolvem o argumento de que o advento da Indústria 4.0 (ou manufatura avançada) está inserido no contexto de retomada de iniciativas nacionais de política industrial mediante a emergência da China como potência industrial em Diegues; Roselino (2020) e Diegues; Roselino (2023).

Na perspectiva deste artigo entende-se que estamos diante de um importante impulso no desenvolvimento de inovações com significativos efeitos sobre as mais diversas atividades produtivas, no entanto afirma-se que essas transformações representam um movimento que se dá a partir da ampliação e aprofundamento no emprego de tecnologias que reconhecidamente caracterizam a 3ª revolução industrial. Em outros termos, a base tecnológica da assim denominada Indústria 4.0 decorre precisamente de um desenvolvimento ampliado da 3ª revolução industrial, com destaque especial para a difusão da aplicação das tecnologias de informação e comunicação às mais diversas atividades produtivas.

Conforme aponta Santos (2019, p.19), há na literatura

(...) um certo ceticismo em relação à caracterização das transformações em curso como uma quarta revolução industrial. A contestação se baseia na proposição de que esse processo, definido como Indústria 4.0, significa uma continuação ou desdobramento da terceira revolução industrial.

Nesse sentido, HirschKreinsen (2016) afirma também que a Indústria 4.0 estaria identificada com a terceira revolução industrial, uma vez que se baseia na centralidade das tecnologias produtivas intensivas em TI. Jasperneite (2012), por sua vez, sugere que a pretensão de apresentar essas tecnologias como parte de uma quarta revolução industrial se assemelha à expressão em língua inglesa “*old wine, new bottle*” (mesmo vinho, nova garrafa).

Na mesma linha de identificação da Indústria 4.0 como intensificação de um processo identificado com a 3ª revolução industrial, Broedner (2015) refere-se à Indústria 4.0 como uma “revolução de palavras”, uma vez que diz respeito à aplicação intensificada de tecnologias digitais aos processos produtivos.

A partir deste debate, o presente artigo apoia-se na percepção de que as transformações associadas à indústria 4.0 são importantes e representam um fenômeno tecnológico de grande relevância, capaz de modificar a inserção de economias nacionais na divisão internacional do trabalho. No entanto, em consonância com os autores mencionados, esse artigo situa-se dentre aqueles que enxergam no fenômeno elementos de continuidade com o processo da 3ª Revolução Industrial, uma vez que o revolucionamento das atividades produtivas por meio da pervasividade das tecnologias de informação e comunicação (referidas por Coutinho, 1992, como “telemática”) é um movimento iniciado ainda em fins do século passado.

A despeito dessa contenda semântica ou conceitual, preserva-se como argumento deste artigo que a análise das características próprias à dinâmica concorrencial e às formas de internacionalização dessas atividades são essenciais para a proposição de políticas voltadas ao desenvolvimento da indústria 4.0 no Brasil.

A organização das atividades de serviços intensivos em conhecimento (dentre as quais as atividades de tecnologia de informação e comunicação) em escala global deve ser compreendida a partir de um contexto mais amplo vigente nas últimas décadas século XX marcado pela 3ª revolução industrial e acentuação do fenômeno da globalização econômica e pela consolidação das *Global Flagship Networks* como o novo paradigma de organização empresarial dominante no século XXI.

Surgido inicialmente na indústria eletrônica norte americana, tal modelo de organização empresarial espalhou-se gradativamente para um conjunto amplo de atividades manufatureiras, notadamente aquelas nas quais as diversas etapas dos processos produtivos eram mais susceptíveis de serem organizadas em sistemas modulares. Neste cenário, na medida em que os avanços nas TIC permitiam que os processos de gestão empresariais fossem organizados a partir do princípio da digitalização das informações, e que a liberalização econômica e financeira reduzia significativamente as restrições à movimentação do capital e da produção, a empresa organizada a partir da lógica de rede torna-se o principal agente da transnacionalização do capital (CHESNAIS, 1996).

A grande corporação global, ao se especializar nas atividades responsáveis pela criação de assimetrias competitivas em seus respectivos setores de atuação, e dispersou em escala global outras atividades hierarquicamente inferiores (para, simultaneamente integrá-las), situa-se na base do que Ernst & Kim (2002) descrevem como *Global Flagship Networks*. Nestas redes, as estratégias de produção e de inovação (em última instância, de valorização do capital) são formuladas em escala global e envolvem a interação sistemática dos diversos elos da rede. Assim a atuação de tais elos se configura como uma parcela de um conjunto muito mais amplo de atividades intrinsecamente relacionadas, as quais são dispersas em escala global de modo a assegurarem o acesso rápido e a baixo custo a recursos, capacitações e conhecimentos complementares às competências *core* das empresas controladoras das redes (ou capitânicas).

Apesar de inicialmente restritas às atividades manufatureiras, a partir da tendência de adoção de processos modularizados de produção e desenvolvimento das atividades de TIC, tais empresas também se tornaram vetores importantes da internacionalização dos serviços intensivos em tecnologia. Assim, em um movimento análogo ao de outros setores, observa-se o surgimento de redes globais nestes serviços, nas quais tanto as atividades de produção como de desenvolvimento passam a serem segmentadas em módulos e são realizadas por agentes especializados e dispersos em escala global.

Como resultado deste fenômeno as empresas controladoras das redes apresentam a tendência de concentrarem suas atividades em etapas hierarquicamente superiores do processo produtivo e de desenvolvimento, como análise de requisitos e de demandas, e *design* de alto nível.

Em contrapartida, as etapas mais intensivas em atividades rotineiras e mais próximas do que pode ser entendido, grosso modo, como o processo de “fabricação dos serviços de tecnologia de informação e comunicação” como a codificação / programação e teste, e as atividades de manutenção e suporte técnico básico são alvos de processos de *outsourcing*. Ou seja, em geral as empresas capitânicas mantêm *in house* as atividades mais intensivas em conhecimento, com alto potencial inovativo e que são importantes elementos diferenciadores e fontes de assimetrias competitivas, e externalizam para os demais elos constituintes de sua rede de produção as atividades menos nobres.

Um adequado entendimento da dinâmica concorrencial dos serviços intensivos em conhecimento também se faz necessário para o desenvolvimento da análise proposta. A heterogeneidade existente dentre o conjunto de atividades de serviços relacionados às tecnologias de informação e comunicação desdobra-se em diferentes dinâmicas concorrenciais (ROSELINO, 2006).

Há, por um lado, uma inegável tendência de concentração dos mercados em alguns segmentos, com a conformação de estruturas de mercado oligopolizadas ou mesmo monopólios estabelecidos de facto. Essa tendência à concentração coexiste, no entanto, com a percepção de significativas oportunidades para o sucesso de novos entrantes, com generosas possibilidades de sucesso para *startups* e empreendimentos inovadores.

Esse aparente paradoxo se explica, conforme Roselino (2006), pela já referida heterogeneidade que caracteriza essas atividades, resultando em diferentes padrões de concorrência. A existência de fortes barreiras à entrada de novos

competidores e tendência ao monopólio, assim como a existência de significativas oportunidades de entrada de novos competidores, coexistem como *tendência* e *contra-tendência*.

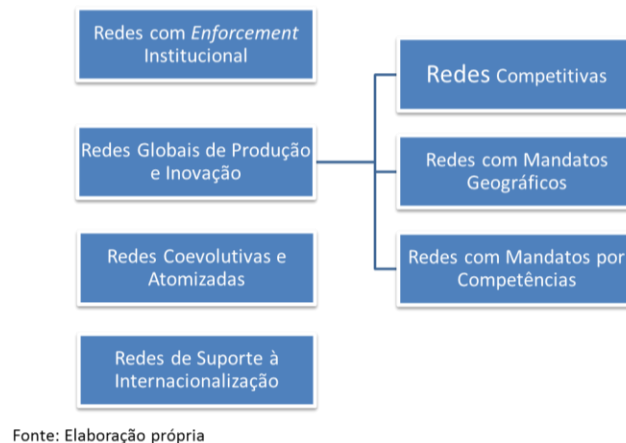
A tendência centrípeta está estritamente vinculada aos efeitos decorrentes das economias de rede. Estas economias tendem a gerar externalidades positivas crescentes, as quais beneficiam todos os segmentos relacionados a determinado sistema (firmas produtoras, fornecedoras e usuários, entre outros). Com o intuito de buscar se apropriar ao menos de parcelas destes benefícios, cada vez mais novos usuários e novos produtores de soluções (novos módulos) complementares são atraídos para o sistema, o que contribui para sua consolidação.

Já a tendência centrífuga atua no sentido de tornar as estruturas de mercado menos concentradas. O principal incentivo a este movimento de desconcentração de mercado está associado à redução das barreiras à entrada viabilizadas pelo movimento de segmentação das capacitações que caracteriza os processos de modularização das TIC. Assim, o alto dinamismo tecnológico destas, ao permitir a constante criação de novas funcionalidades incentiva o surgimento de novos entrantes.

A interação entre estas tendências centrípeta e centrífuga passa a ser então o vetor responsável pela configuração das estruturas de mercado nas atividades de TIC. A maneira e a intensidade com que cada uma destas forças se apresenta, por sua vez, depende em grande parte da estabilidade dos padrões tecnológicos vigentes e da generalidade das respectivas tecnologias que caracterizam cada segmento deste paradigma.

A partir desta perspectiva, o artigo busca trazer uma contribuição à interpretação deste fenômeno, que teria lugar no núcleo do novo paradigma técnico-econômico da indústria 4.0, ao propor uma tipologia para a classificação das redes de produção e inovação nas atividades de serviços intensivos em tecnologia, com destaque para as TICs. Tal tipologia, conforme pode ser observado na figura 1, busca classificar estas redes em quatro níveis principais – um deles com três subníveis.

Figura 01 – Redes globais de produção e inovação em software e serviços de TI: uma tipologia



O critério inicial utilizado para a classificação destas redes está relacionado aos principais fatores que levaram à formação da referida rede. Assim, por exemplo, as redes com *Enforcement* Institucional, como o próprio nome sugere, normalmente foram construídas a partir de exigências de determinadas legislações locais como a obrigatoriedade de conteúdo nacional, condicionalidade no acesso aos mercados e a políticas de incentivos locais, entre outros fatores.

A fim de traçar uma análise comparativa entre cada um dos diferentes tipos de redes propostos, buscar-se-á responder para cada uma delas, as seguintes perguntas: (1) Quais são as estruturas típicas destas redes? (2) Quais são as principais fontes de assimetrias competitivas que devem ser buscadas pelas empresas que constituem estas redes? (3) Quais são os determinantes da competitividade sistêmica de todos os agentes destas redes? (4) Quais são as principais atividades realizadas pelas empresas constituintes das redes? (5) Como são determinadas as estratégias de distribuição do valor gerado pela rede entre as diversas empresas constituintes destas?

O primeiro bloco da tipologia de redes proposta por este artigo refere-se às Redes com *Enforcement* Institucional (figura 2). Estas são formadas não exclusivamente a partir de decisões estratégicas das empresas capitâneas, mas principalmente devido a exigências institucionais de caráter nacional, dentre as quais se destacam exigências associadas à obrigatoriedade de grau mínimo de nacionalização da produção, condicionalidade no acesso aos mercados e à políticas de incentivos locais, entre outros fatores.

Como as estruturas das redes variam consideravelmente de acordo com as exigências institucionais, e normalmente as principais atividades realizadas nestas

referem-se à P&D local e ao desenvolvimento de conteúdo nacional (as quais são executadas por filiais ou até mesmo subunidades / divisões das empresas multinacionais localmente estabelecidas), o principal determinante da competitividade sistêmica da rede reside nos benefícios, em geral tributários, ofertados como contrapartidas das exigências institucionais locais. Apesar deste ser o maior elemento responsável pela existência e pela competitividade das redes, com o intuito de potencializar sua estratégia de acumulação de capital, as empresas capitânicas atuam no sentido de fomentar competitividade dos elos locais por meio da capacidade de internalizar competências e gerar inovações a partir das exigências institucionais.

Neste cenário, a geração do valor na rede é bastante difusa, pois os resultados podem ser incorporados pela unidade local (quando esforços se derivam do desenvolvimento de conteúdo nacional) ou majoritariamente pela empresa capitânica quando os resultados das exigências institucionais transformam-se em produtos ou serviços incorporados no portfólio global de módulos da rede (quando os esforços são em P&D).

Figura 2- Redes com *Enforcement* Institucional

	Redes com <i>Enforcement</i> Institucional
Determinantes da Competitividade Empresariais	Capacidade de internalizar competências e gerar inovações a partir das exigências institucionais (sejam elas de esforços inovativos ou de desenvolvimento de conteúdo nacional)
Determinantes da Competitividade Sistêmicos	Benefícios , principalmente tributários, como contrapartidas das exigências institucionais locais
Estrutura da Rede	Varia consideravelmente de acordo com as exigências institucionais. Em geral são sub-unidades/ divisões das empresas multinacionais localmente estabelecidas
Tipos de Atividades Realizadas	Basicamente atividades de P&D local e desenvolvimento de conteúdo nacional
Valoração	Valoração difusa, pois resultados ou são incorporados pela unidade local (quando esforços se referem ao desenvolvimento de conteúdo nacional) ou são incorporados no portfólio global de módulos da rede (quando os esforços são em P&D). Neste segundo caso, há dificuldade de mensuração da contribuição de um módulo específico para o valor do produto final

Fonte: elaboração própria

O segundo bloco de Redes aqui propostas é o de Coevolutivas e Atomizadas (figura 3). Estas não são estabelecidas a partir de critérios geográficos e, ao contrário das redes analisadas a seguir, possuem uma distribuição geográfica não definida *a priori*. Assim, apresentam uma estrutura em permanente evolução, seja no que diz respeito aos agentes integrantes ou à localização geográfica destes. Ou seja, o elemento fundamental para determinar a organização destas redes não é o

componente geográfico, e sim a associação a uma plataforma tecnológica⁶ dominante e seu respectivo ecossistema de fornecedores de módulos e produtos complementares.

De maneira geral, sua estrutura é formada por um número bastante reduzido de empresas líderes da plataforma, de porte global, e por uma estrutura extremamente atomizada entre os produtores de módulos complementares. É no seguinte sentido que se entende o termo coevolutivo aqui proposto: na medida em que as atividades realizadas pelas inúmeras empresas constituintes da rede dependem da evolução da plataforma, quando esta evolui tais empresas devem necessariamente atualizar seus produtos e serviços de maneira a fazer com que estes continuem compatíveis com a plataforma.

Neste cenário, a competitividade sistêmica destas redes também está intimamente associada ao desempenho da plataforma tecnológica, uma vez que depende da capacidade desta em criar externalidades de rede. Isso porque tais externalidades criam benefícios que podem ser usufruídos de maneira simultânea e não excludente por todos os agentes constituintes da plataforma.

Já no que diz respeito à competitividade dos agentes, o principal *driver* consiste na busca por elevado dinamismo tecnológico e *time to market*, com o intuito de se criar externalidades de rede e *lock-in*. Como consequência deste cenário, observa-se que quanto maior é a intensidade das externalidades de rede, maiores são os efeitos de *lock-in*. Ou seja, devido aos elevados custos de saída os agentes tornam-se cada vez mais fiéis a um determinado padrão tecnológico. A partir deste arcabouço, os agentes procuraram concentrar suas atividades no desenvolvimento de módulos e produtos complementares, a partir de uma plataforma pré-estabelecida.

No que diz respeito à apropriação de valor nas Redes Coevolutivas e Atomizadas, dada a importância da apropriação privada de parcela dos benefícios

⁶ A partir de uma abordagem ampla, semelhante àquela adotada por autores como BRESNAHAN & GREESTIN (1999), GAWER & HENDERSON (2005), CUSUMANO & GAWER (2001) e WEST (2003) a plataforma tecnológica pode ser entendida como um sistema passível de evolução, constituído por componentes independentes que possuem capacidade inovativa própria. Ao aplicar esta abordagem às atividades de serviços de TIC, uma definição mais específica é aquela que entende uma plataforma como o estabelecimento e a evolução de um conjunto de regras e padrões de arquitetura e interface que possibilitam o processamento independente de tarefas e funcionalidades por meio de módulos distintos. Uma vez que os serviços intensivos em tecnologia apresentam um alto dinamismo inovativo, e que estas transformações tecnológicas exigem cada vez mais o domínio de capacitações bastante específicas, observa-se que grande parte dos módulos constituintes de uma plataforma busca oferecer soluções bastante específicas e complementares a suas funcionalidades *core*.

derivados das externalidades de rede associadas a uma plataforma, compreende-se o grau das assimetrias competitivas possuídas pelas empresas líderes das redes.

Com efeito, Gawer & Cusumano (2002) destacam que o agente líder é aquele que apresenta maior capacidade de comandar a inovação e a evolução dos padrões tecnológicos vigentes em determinada plataforma. Esse comando é exercido em grande parte através da elaboração de regras e padrões de *design* que estabelecem e condicionam a evolução das arquiteturas e as interfaces da plataforma.

Devido a esta influência, o líder da plataforma (e da rede) ocupa uma posição na cadeia de valor hierarquicamente superior aos demais agente. Já o enorme contingente de demais empresas concentra suas atividades na produção de módulos complementares operam em nichos, muitas vezes utilizando a estratégia da cauda longa na qual buscam expandir exponencialmente os usuários de seus produtos ao cobrarem preços unitários bastante reduzidos e, assim, criar externalidades de rede (ANDERSON, 2006).

Figura 3- Redes Coevolutivas e Atomizadas

	Redes Coevolutivas e Atomizadas
Determinantes da Competitividade Empresariais	Dinamismo tecnológico e principalmente <i>time to market</i> , com o intuito de se criar externalidades de rede e <i>lock-in</i>
Determinantes da Competitividade Sistêmicos	Capacidade da plataforma criar externalidades de rede
Estrutura da Rede	Número bastante reduzido de empresas líderes da plataforma, de porte global, e estrutura extremamente atomizada entre os produtores de módulos complementares
Tipos de Atividades Realizadas	Liderança tecnológica da plataforma (para as líderes da rede) e desenvolvimento de módulos complementares, a partir de uma plataforma pré-estabelecida para as demais
Valoração	Grande concentração do valor nas empresas líderes de plataforma. Produtoras de módulos complementares operam em nichos, muitas vezes utilizando a estratégia da cauda longa

Fonte: elaboração própria

O último bloco da tipologia aqui proposta é constituído pelas Redes Globais de Valorização, sendo o que mais se aproxima das características das estruturas voltadas às atividades manufatureiras. As diferentes maneiras por meio das quais se estruturam esta distribuição permitem qualificar as redes deste bloco em três segmentos distintos: Redes Competitivas, Redes com Mandatos Geográficos ou Redes com Mandatos por Competências.

Nas Redes Competitivas (figura 4) observa-se a constituição de uma estrutura na qual há um grau relativamente baixo de diferenciação entre os seus diversos elos. Ou seja, as inúmeras empresas – principalmente as filiais das empresas

globais comandantes destas redes – possuem um domínio de um conjunto relativamente amplo de atividades, principalmente as de caráter mais generalista.

Neste cenário em que há uma relativa similaridade entre as atividades exercidas pelas filiais e em que há parceiras globais para atividades específicas, o principal fator de assimetria competitiva para as empresas desta rede – sejam elas filiais ou parceiras – é o custo da unidade executora.

Como resultado, com o intuito de manter a competitividade da rede as empresas capitâneas buscam alocar as atividades de modo a minimizar a capacidade ociosa na rede global, adequar os prazos e o grau de exequibilidade das funções por parte dos agentes às flutuações da demanda, e reduzir os custos globais da rede.

Figura 4- Redes Competitivas

	Redes Competitivas
Determinantes da Competitividade Empresariais	Custos da unidade executora
Determinantes da Competitividade Sistêmicos	Minimização da capacidade ociosa na rede global Exequibilidade & prazo Custos globais da rede
Estrutura da Rede	Filiais das empresas capitâneas, em geral com grau de diferenciação entre elos relativamente baixo e com domínio de conteúdo amplo de atividades (principalmente as mais generalistas) Também há um conjunto de parceiras globais especializadas em atividades específicas
Tipos de Atividades Realizadas	Não há grande diferenciação entre os elos. Em geral diversos agentes têm capacidade de emular uma parte das atividades realizadas pela capitânia
Valoração	Definida internamente à rede, expressa na remuneração por projetos

Fonte: elaboração própria

Outro segmento das Redes Globais de Valoração é aquele denominado como Redes com Mandatos Geográficos (figura 5). A estrutura destas redes é constituída por filiais das empresas capitâneas distribuídas globalmente, com porte e leque de atividades determinado pela profundidade do mercado em atuação. Assim, variáveis como tamanho e dinamismo dos mercados, grau de sofisticação da demanda e presença de concorrentes globais determinam o conjunto de atividades passíveis de serem realizadas em determinado *site*.

Neste cenário, ao buscar impulsionar a competitividade sistêmica da rede, além dos fatores já citados nas Redes Competitivas como exequibilidade, prazo e custos globais, as empresas capitâneas buscam minimizar a capacidade ociosa desta. Para tal, em cenários de instabilidade da demanda, deslocam atividades de empresas localizadas em regiões que operam próximas à plena capacidade para aquelas em que se observa elevada capacidade ociosa. Como resultado destes

movimentos e das diferentes profundidades dos mercados regionais, a geração de valor depende do dinamismo destes referidos mercados e é subordinada às estratégias de minimização da capacidade ociosa da rede, a qual é definida pela empresa capitânia.

Figura 5- Redes com Mandatos Geográficos

	Redes com Mandatos Geográficos
Determinantes da Competitividade Empresariais	Alocação geográfica do mercado alvo
Determinantes da Competitividade Sistêmicos	Minimização da capacidade ociosa na rede global Exequibilidade & prazo Custos globais da rede
Estrutura da Rede	Em geral filiais das empresas capitânias, com porte e leque de atividades determinado pela profundidade do mercado em atuação (volume e sofisticação da demanda, presença de redes globais concorrentes, etc)
Tipos de Atividades Realizadas	A partir de um 'core' de atividades comum aos diversos elos da rede há a diferenciação para atendimento dos mercados específicos
Valoração	Apropriação do valor é condicionada à lógica da rede (com forte influência da matriz), enquanto que a geração depende do desempenho no mercado alvo

Fonte: elaboração própria

O último exemplo de Rede Global de Valorização proposto por este artigo é o das Redes com Mandatos por Competência (figura 6). Estes mandatos e a respectiva competitividade dos agentes dentro da rede dependem, no entanto, não de sua localização geográfica e sim de suas competências tecnológicas, organizacionais, produtivas, entre outras.

Como os fatores determinantes da competitividade e da alocação das funções são as capacitações dos agentes, observa-se o surgimento de estruturas bastante complexas. Estas são compostas desde *start-ups* e empresas de base tecnológica altamente especializadas em nichos até *contract manufacturers* globais, passando por filiais de empresas capitânias, laboratórios de P&D das capitânias e centros de pesquisas locais, além de fornecedores de produtos complementares.

Em geral, o que define as atividades a serem realizadas por estas empresas é a adequação de suas competências e rotinas a determinada trajetória tecnológica definida pelas empresas capitânias. Uma vez que estas são as responsáveis por definir e comandar o desenvolvimento tecnológico desta trajetória, também são as responsáveis pela apropriação da maior parcela do valor gerado na rede. Assim, o valor distribuído às empresas constituintes muitas vezes é inferior ao seu potencial de contribuição para o valor final do produto ou serviço, e é estabelecido a partir de sua estrutura de custos interna.

Figura 6- Redes com Mandatos por Competências

	Redes com Mandatos por Competências
Determinantes da Competitividade Empresariais	Competências tecnológicas, organizacionais, produtivas, etc.
Determinantes da Competitividade Sistêmicos	Minimização da capacidade ociosa na rede global Exequibilidade & prazo Custos globais da rede
Estrutura da Rede	Filiais de empresas capitâneas Laboratórios de P&D das capitâneas e centros de pesquisas locais Fornecedores de produtos complementares Variam deste pequenos elos altamente especializados em nichos até <i>contract manufacturers</i> globais
Tipos de Atividades Realizadas	Em geral associadas às rotinas e competências específicas de determinada trajetória tecnológica
Valoração	Definida a partir da estrutura de custos e recursos da unidade executora. Em geral há dificuldade de mensuração da contribuição de um módulo específico para o valor do produto final

Fonte: elaboração própria

Assim, as estruturas de tais redes são comandadas por empresas multinacionais e constituídas por empresas locais de suporte como fornecedores, franquias, representantes, prestadores de serviços especializados, etc, para apoiar as atividades locais nos mais diversos países. Estas, em geral realizam atividades como customização / localização, consultoria técnica, jurídica e de modelo de negócios locais, e a competitividade de cada uma destas empresas é determinada por sua capacidade de ofertar produtos e serviços complementares ao portfólio da empresa capitânea.

Figura 7- Redes de Suporte à Internacionalização

	Redes de Suporte à Internacionalização
Determinantes da Competitividade Empresariais	Capacidade de prestação de serviços complementares, existência de produtos e serviços complementares
Determinantes da Competitividade Sistêmicos	Vantagens de localização: conhecimento do modelo de negócio, da cultura empresarial, domínio de canais de comercialização, relações institucionais, etc
Estrutura da Rede	Comandada por multinacional e constituídas por elos locais de suporte como fornecedores, franquias, representantes, prestadores de serviços especializados, etc
Tipos de Atividades Realizadas	Realizam atividades de customização / localização, consultoria técnica, jurídica, e de modelo de negócios locais, etc
Valoração	Empresa capitânea distribui uma parte do valor do produto / serviço 'core' às associadas. Adicionalmente, estas são remuneradas localmente pela execução das demais atividades de suporte

Fonte: elaboração própria

Já no que diz respeito à competitividade sistêmica da rede, destacam-se fatores relacionados às vantagens de localização como conhecimento do modelo de negócio, da cultura empresarial, domínio de canais de comercialização e relações institucionais.

Assim, a maior parte do valor gerado na rede concentra-se na empresa capitânia, a qual em alguns casos distribui uma parte do valor do produto / serviço 'core' às associadas (como em casos de atividades de consultorias vinculadas a metas de desempenho no mercado ou da execução de serviços de representação comercial). Adicionalmente, as empresas locais também, são remuneradas pela execução das demais atividades de suporte.

Política industrial e tecnológica: breves considerações e alguns desdobramentos para o Brasil

A partir da tipologia proposta pretende-se apresentar nesta seção um marco analítico que permita compreender os determinantes da efetividade da construção de uma política industrial e tecnológica (PI&T) capaz de potencializar o desenvolvimento dos serviços intensivos em tecnologia associados à indústria 4.0. O argumento proposto nesse artigo apoia-se na percepção de que o fomento a essas tecnologias habilitadoras desse novo paradigma produtivo, oriundas do aprofundamento da 3ª revolução industrial, deve partir da consideração da significativa heterogeneidade que as caracterizam. O esforço aqui desenvolvido busca lançar luz sobre as diferentes dimensões dessa heterogeneidade, tanto em termos das dinâmicas concorrenciais quanto das distintas formas de organização das redes globalizadas.

Apresenta-se aqui um marco analítico generalista que contribui para o debate acerca da elaboração de estratégias nacionais para o desenvolvimento destas atividades. Assim, não se pretende apresentar uma discussão detalhada das limitações e diretrizes para o caso brasileiro; pretende-se apenas, a partir deste marco analítico, sinalizar alguns apontamentos e limitações. Para tal, parte-se de três hipóteses:

- i. admite-se que, tal qual se observa nas atividades manufatureiras globais, a hierarquização e a formação de redes de produção e inovação também tende a se reproduzir, com algumas variações, nas atividades de serviços intensivos em tecnologia que compõem o núcleo duro da indústria 4.0;
- ii. dadas as diferentes configurações específicas destas redes, conforme descrito anteriormente, o grau de efetividade das políticas industriais e tecnológicas depende fundamentalmente de sua adequação às características das redes que se procura fomentar;

- iii. uma vez que tais redes apresentam caráter fluído e altamente segmentado, e dado o ritmo e intensidade de transformação a que estão susceptíveis os serviços intensivos em tecnologia, há a necessidade de se readequar os tradicionais instrumentos de política industrial e tecnológica. Estes, concebidos essencialmente a partir do padrão de acumulação fundamentado em uma lógica produtivista-fordista (principalmente no Brasil), em muitos casos mostram-se institucionalmente inadequados à lógica de desenvolvimento e acumulação características destas atividades.

A partir destas hipóteses, o marco analítico proposto neste trabalho sugere que a formulação de políticas deve levar em consideração os condicionantes para sua efetividade a partir de quatro dimensões: tecnológica, institucional, nível de desenvolvimento da estrutura empresarial e grau de competitividade sistêmica local.

Na *dimensão tecnológica* a principal questão a ser observada é o grau de horizontalidade e padronização das tecnologias em questão. Isso porque na medida em que aumenta o grau de generalidade na aplicação destas, maior tende a ser a importância da concentração em torno de poucas plataformas tecnológicas e maiores são as externalidades de rede e os efeitos de *lock-in* (GAWER e HENDERSON, 2005; CUSUMANO & GAWER, 2001)

Assim, a tendência é de que prevaleçam forças centrípetas que levam à concentração das estruturas de mercado em um número muito reduzido de agentes em escala global (ROSELINO, 2006). Tal concentração tende a ocorrer em tecnologias compreendidas como bastante transversais, pouco setores-específicas e essencialmente habilitadoras da indústria 4.0 como aquelas relacionadas à *cloud computing* e *big data*, as quais tem como principais players globais empresas como Amazon e Google. Ou seja, admite-se que nesse cenário de alta generalidade, concentração muito grande em torno de plataformas dominantes e elevada vigência de externalidades de rede, as possibilidades de efetivação das políticas industrial e tecnológica são bastante restritas.

Ao contrário, em segmentos tecnológicos onde se verifique baixo grau de generalidade, baixas externalidades de rede e efeitos de *lock-in*, assim como a existência da compreensão de especificidades setoriais como um importante determinante da competitividade, tende-se a observar o prevalecimento da força centrífuga e estruturas de mercado menos concentradas. Neste cenário, o

condicionante tecnológico tende a contribuir positivamente para a efetividade das políticas.

Na *dimensão institucional*, os condicionantes para a elaboração de políticas devem levar em consideração fundamentalmente a capacidade de desenho e implementação das mesmas. Assim, deve-se avaliar a capacidade da infraestrutura institucional para conceber instrumentos de políticas adequados ao perfil das atividades de serviços intensivas em conhecimento, ressaltando-se que os mesmos se estruturam em lógica de acumulação bastante distinta daquela característica do padrão produtivista-fordista a partir do qual se desenharam os instrumentos de política industrial tradicionais. (SUZIGAN e FURTADO, 2006). Adicionalmente, a estratégia de formulação de política deve levar em consideração sua real capacidade de influenciar as decisões dos agentes econômicos, a fim de se viabilizar sua efetividade. Para tal, características como a relevância do mercado nacional em questão são centrais.

Nesta mesma linha de argumentação, os *condicionantes empresariais* devem ser analisados como importantes elementos para a efetividade das políticas industriais e tecnológicas (SARTI e HIRATUKA, 2017). De maneira geral, a primeira constatação a ser analisada deve ser o nível e a capacidade de aprendizado dos agentes (COHEN e LEVINTHAL, 1989). Em paralelo, segue-se a necessidade de se compreender a relação entre estrutura do mercado e a potencial efetividade destas políticas. Assim, admite-se que esta é menor em segmentos muito concentrados, dominados por empresas multinacionais, para os quais o mercado nacional é pouco relevante. O inverso se verifica nos casos em que há forte presença de empresas nacionais, com elevada capacidade de aprendizado e para as quais o mercado nacional é bastante relevante.

Por fim, os *condicionantes sistêmicos* também são centrais para se compreender o arcabouço analítico para formulação de políticas industriais e tecnológicas proposto nesta sessão (COUTINHO & KUPFER, 2015). Para tal, de maneira geral deve-se compreender em perspectiva comparada ao cenário internacional o grau de competitividade da estrutura produtiva de determinado país. Em paralelo é necessário avaliar, também em perspectiva comparada, o grau de desenvolvimento do sistema nacional de inovação. Neste cenário, caso ambos se apresentem em níveis de desenvolvimento elevado, o espaço para a formulação de uma estratégia que busque fomentar o desenvolvimento de soluções tecnológicas

locais é maior. Do contrário, as estratégias devem-se direcionar para segmentos nas redes onde tais exigências sejam menos patentes.

Levando-se em consideração a combinação dos condicionantes tecnológicos, institucionais, empresariais e acerca do grau de competitividade sistêmica local, propõem-se que a diretrizes de PI&T tenham objetivos e estratégias distintas a partir de seu potencial de efetividade e do nível de competências tecnológicas / capacidade de aprendizado em curto prazo dos agentes locais frente aos concorrentes internacionais (conforme quadro 1).

Quadro 1- Estratégias de política industrial e tecnológica (PI&T) para o desenvolvimento de serviços em tecnologias de informação e comunicação relacionados à indústria 4.0.

		Grau de efetividade das PI&T	
		Elevado	Baixo
Nível de competências tecnológicas dos agentes locais	Elevado	Desenvolvimento tecnológico local	Fomento à competitividade sistêmica e financiamento às empresas de base tecnológica
	Baixo	Fomento a atividades de médio valor agregado, vinculadas à estrutura produtiva doméstica	Incorporação de tecnologias e de fomento a sua difusão com vistas a aumentar a produtividade da estrutura produtiva

Fonte: elaboração própria

É exatamente a partir da combinação da análise destes condicionantes e das hipóteses apresentadas anteriormente que este artigo sugere que devam ser formuladas as estratégias brasileiras de política industrial e tecnológica para se fomentar os serviços intensivos em tecnologia associados à indústria 4.0.

Neste cenário, para o caso brasileiro, admite-se que a estratégia de inserção no que a tipologia apresentada neste artigo denomina de redes com *enforcement* institucional, redes de suporte à internacionalização e redes com mandatos geográficos parece ser a opção inicial nas quais a efetividade das PI&T locais tende a ser mais elevada.

Com relação às redes com *enforcement* institucional, vale destacar que a lógica sobre a qual se sustenta historicamente grande parte da PI&T brasileiras basicamente é estruturada a partir desta perspectiva. Com o intuito de potencializar sua efetividade e adequá-las às características dos serviços intensivos em tecnologia, sugere-se a reorganização do sistema de condicionalidades (sejam eles de financiamento, de compras públicas e de incentivo tecnológico como Lei de

Informática). A ideia geral é a de que tais instrumentos transfiram suas métricas de avaliação de indicadores relacionados a etapas do Processo Produtivo Básico para outros relacionados ao perfil e à intensidade tecnológica das atividades realizadas. Assim, a título de ilustração setorial, as contrapartidas exigidas para se usufruir dos benefícios fiscais da Lei de Informática não estariam condicionadas à realização de etapas fundamentalmente de montagem dos componentes importados. Ainda nesta ilustração, tais benefícios seriam proporcionais à intensidade tecnológica das atividades realizadas, as quais poderiam ser avaliadas a partir de diversas métricas, como o percentual de empregos locais vinculados a atividades de alta e média complexidade tecnológica, entre outras.

Com relação às redes de suporte à internacionalização e as redes com mandatos geográficos, dada a relevância do mercado doméstico e o grau relativamente elevado de diversificação da estrutura produtiva local, parece se vislumbrar espaço para o fomento a atividades de médio valor agregado, nas quais a interação local e o conhecimento das especificidades do mercado brasileiro e do modelo de negócios sejam um fator relevante para a competitividade.

Já para as redes denominadas neste trabalho de coevolutivas e atomizadas e àquelas com mandatos por competências, a estratégia com maior efetividade parece ser a concentração de recursos em áreas em que não sejam caracterizadas por tecnologias essencialmente generalistas onde predominem plataformas tecnológicas globalmente concentradas em poucas empresas. Assim, em áreas onde coexistam elevada efetividade e elevada competência tecnológica, o financiamento dos esforços tecnológicos das empresas estabelecidas é central para seu incremento de competitividade, assim como a utilização de instrumentos de compras públicas em segmentos vinculados a oferta de infraestrutura social (como esforços para a implementação de inteligência artificial em grandes centros urbanos, na gestão do complexo da saúde e de e-gov, entre outros) (ROCHA, 2019).

Nas áreas em que tanto a efetividade quanto o nível de competências tecnológicas não sejam elevados, a diretriz sugerida é a concentração em políticas transversais de fomento ao surgimento de *start-ups* em nichos associados a mudanças futuras no atual paradigma e a demandas históricas da sociedade brasileira (BIELSCHOWSKY, 2014; HIRATUKA *et al*, 2008). Em paralelo, em segmentos com alta concentração global e elevada pervasividade na estrutura produtiva, as PI&T devem levar em consideração a necessidade de se fomentar

incorporação de tecnologias e de fomento à sua difusão a fim de se viabilizar a atualização tecnológica e o aumento da produtividade da estrutura produtiva local.

Por fim, uma vez que a principal fonte de assimetria nas redes competitivas globais reside na concorrência internacional em busca de menores custos produtivos, que muitas vezes se fundamentam em elementos como taxa de câmbio desvalorizada, elevados subsídios fiscais e creditícios, e baixos custos relativos da mão de obra, admite-se que o direcionamento das PI&T para a integração nestas redes a partir de uma lógica *export-led growth* é pouco compatível com uma estratégia de desenvolvimento virtuosa.

Considerações finais

Este artigo analisou a relação entre o desenvolvimento dos serviços intensivos em tecnologia e o debate acerca do surgimento da indústria 4.0. A partir da concepção de que tais atividades representam importância estratégica para o novo paradigma tecno-produtivo em gestação, buscou-se compreender os condicionantes das estratégias de desenvolvimento destes serviços nos marcos das redes globais de produção e inovação.

Dadas as diferenças qualitativas na forma de construção, hierarquização e apropriação do valor entre as diversas configurações possíveis destas redes, este artigo busca contribuir com a literatura ao estabelecer uma tipologia das mesmas.

Uma contribuição adicional pretendida pelo trabalho é, a partir desta tipologia, a proposição de um marco analítico para o estabelecimento de diretrizes normativas de política industrial e tecnológica que potencializem o desenvolvimento de tais atividades. Este marco leva em consideração condicionantes de natureza tecnológica, institucional, estrutura empresarial e o grau de competitividade sistêmica local para apontar diretrizes adequadas a cada uma das formas de redes da tipologia proposta.

A partir destas contribuições e de uma breve análise dos condicionantes da PI&T brasileira relacionada aos serviços intensivos em tecnologia, apresentaram-se alguns apontamentos às possíveis estratégias de desenvolvimento de tais serviços em distintas possibilidades de configurações destas redes. Admite-se que a estratégia de inserção no que a tipologia apresentada neste artigo denomina de redes com *enforcement* institucional, redes de suporte à internacionalização e redes com mandatos geográficos parece ser a opção inicial nas quais a efetividade das PI&T locais tende a ser mais elevada.

Assim, para cada um dos tipos de redes e a depender das características das atividades a serem incentivadas, as políticas sugeridas deveriam combinar a coexistência de quatro estratégias complementares: i. desenvolvimento tecnológico local (quando há elevada efetividade e elevado nível de desenvolvimento); ii. fomento a atividades de médio valor agregado, vinculadas à estrutura produtiva doméstica (reduzida efetividade e elevado desenvolvimento); iii. fomento à competitividade sistêmica e financiamento às empresas de base tecnológica (elevada efetividade e reduzido desenvolvimento) e, iv. incorporação de tecnologias e de fomento à sua difusão com vistas a aumentar a produtividade da estrutura produtiva (reduzida efetividade e reduzido desenvolvimento).

Por fim, a partir de uma leitura de economia política da política industrial, cabe destacar que além dos evidentes benefícios do desenvolvimento destas atividades para o incremento da produtividade do parque produtivo local, o incentivo a estas enfrentaria menores resistências por parte dos interesses organizados em torno do *establishment* político e econômico, em suas dimensões produtiva, comercial e financeira. Isso porque, ao contrário da lógica tradicional de PI&T baseada na substituição de importações, o incentivo a estas atividades tenderia inclusive no curto prazo a reduzir os custos produtivos dos setores demandantes destes serviços ao mesmo tempo em que contribuiria para o aumento de sua produtividade. Adicionalmente, a forma sugerida de implementação das políticas não exclui a priori determinadas atividades. Ao contrário, ao propor formas diferentes de incentivar atividades com distintos níveis de competitividade, busca contemplar a heterogeneidade da estrutura produtiva brasileira.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, C. **A Cauda Longa – Do Mercado de Massa para o Mercado de Nicho**, Editora Campus, 2006.
- ANDREONI, A. Technical change, the Shifting Terrain of the ‘Industrial’ and Digital Industrial Policy. In: CHANG, H-J.; CRAMER, C.; KOZUL-WRIGHT, R.; OQUBAY, A. (ed.). **The Oxford Handbook of Industrial Policy**. Oxford University Press, 2020.
- ATHREYE, S., The Indian Software Industry, in Arora, Ashish., & Gambardella, Alfonso (org), **From Underdogs to Tigers: The Rise and Growth of the Software Industry in Brazil, China, India Ireland, and Israel**, Oxford University Press, 2005.
- BEARSON, D.; KENNEY, M.; ZYSMANM, J. New Work and Value Creation in the Platform Economy: A Taxonomy and Preliminary Evidence. Berkeley, University of California, (BRIE Working Paper, 2), 2019.
- BIELSCHOWSKY, R. Estratégia de desenvolvimento e as três frentes de expansão no Brasil: um desenho conceitual, In: Calixtre, A.; Biancarelli, A.; Cintra, M. A.. (Org.). **Presente e Futuro do Desenvolvimento Brasileiro**. 1ed. Brasília: Ipea (pp. 195-225), 2014.

BRESNAHAN, T. & GREESTIN, S. Technological Competition and the Structure of the Computer Industry. **The Journal of Industrial Economics**, Volume XLVII, March, 1999.

BROEDNER, P. Industrie 4.0 und Big Data–wirklich ein neuer Technologieschub?. In: **Digitalisierung industrieller Arbeit**. Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG, P. 232-251, 2015.

BRUN, L.; GEREFFI, G.; ZHAN, J. The “lightness” of Industry 4.0 lead firms: implications for global value chains. In: BIANCHI, P.; DURÁN, C.R.; LABORY, S. (ed.). **Transforming industrial policy for the digital age – production, territories and structural change**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited, 2019.

BUTOLLO, F. Digitalization and the geographies of production: Towards reshoring or global fragmentation? **Competition & Change**, p. 1-20, 2020.

COHEN, W. M.; LEVINTHAL, D. A. Innovation and Learning: The Two Faces of R&D. **The Economic Journal**, v. 99, n. 397, p. 569-596, set. 1989.

COUTINHO, L.; A Terceira revolução industrial e tecnológica, **Revista Economia e Sociedade** número 1, Instituto de Economia – Unicamp, 1992.

COUTINHO, L.; KUPFER, D. As Múltiplas Oportunidades de desenvolvimento e o Futuro da Indústria Brasileira, in ADBI, **Dez anos de política industrial balanço & perspectivas – 2004-2014**, 2015.

CHANDLER, A. **Scale and Scope**. Cambridge, Mass.: Harvard University Press. (1990).

CHESNAIS, F. **A Mundialização do Capital**, Xamã Editora, São Paulo, 1996.

CUSUMANO, M. A. & GAWER, A. **Driving High-Tech Innovation: The Four Levers of Platform Leadership**. Paper 152, Center for e-Business@MIT, October, 2001.

DIEGUES, A. C.; ROSELINO, J. E. Política Industrial e Indústria 4.0: a retomada do debate em um cenário de transformações no paradigma tecnoprodutivo. **Revista Brasileira de Inovação**, Campinas, SP, v. 19,, 2020.

DIEGUES, A. C.; ROSELINO, J. E. Industrial Policy, Techno-Nationalism And Industry 4.0: China-USA Technology War. **Brazilian Journal Of Political Economy** 43 (1):5-25. 2023.

ERNST, D. The Economics of Electronics Industry: Competitive Dynamics and Industrial Organization, **East-West Center Working Papers**, Economics Series No. 7, October, 2000.

ERNST, D. & KIM, L. Global production networks, knowledge diffusion, and local capability formation. **Research Policy**, n. 31, p. 1417-1429, 2002.

GAWER, A. & CUSUMANO, M. A. **Platform leadership: how Intel, Microsoft and Cisco drive industry innovation**. Harvard Business School Press, 2002.

GAWER, A. & CUSUMANO, M. A. & HENDERSON, R. Platform Owner Entry and Innovation in Complementary Markets: Evidence from Intel, **NBER Working Paper** 11852, Cambridge, December, 2005.

HIRATUKA, et. Al. **Importância Socioeconômica da Cadeia de Serviços de Saneamento Básico no Brasil**, Encontro da Anpec. 2008.

HIRSCH-KREINSEN, H. Industry 4.0 as promising technology: emergence, semantics and ambivalent character. Digitization of manufacturing and industrialwork. **Soziologisches Arbeitspapier** Nr. 48, 2016.

KUBOTA, L. C. As KIBS e a Inovação Tecnológica das Firms de Serviços. **Economia e Sociedade**, V. 18, P. 349-369, 2009.

LAZONICK, W & SULLILIVAN, M.O. Maximizing shareholder value: a new ideology for corporate governance. **Economy and Society**, vol.29 n.1, pp. 13-35, 2000.

ROSELINO, J.E. A INDÚSTRIA DE SOFTWARE: O ‘**modelo brasileiro**’ em perspectiva **comparada**. Tese de Doutorado. Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas: Campinas, 2006.

ROSELINO, J. E.; GARCIA, R. **The Informatics Law and its Effects on the Brazilian Electronic Complex Industry ? A Critical Evaluation**. In: 6th Annual EUNIP (European Network on Industrial Policy) Conference, 2002

ROSELINO, J. E.; DIEGUES A. C. Redes Globais de Produção e Inovação em Software e Serviços de TI: Uma sugestão de tipologia. *Cadernos Temáticos do Observatório: Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em Software e Serviços de TI* pp.11-30, 2014.

SANTOS, Felipe Lucena Andrade, **China e a Indústria 4.0, uma análise comparativa**. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação Em Economia, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, 2019.

SARTI, Fernando; HIRATUKA, Célio. **Desempenho recente da indústria brasileira no contexto de mudanças estruturais domésticas e globais**. Campinas: Unicamp. IE. TD290, 2017

STURGEON, T. J. T, “Modular production networks: a new American model of industrial organization”. **Industrial and Corporate Change**, Volume 11, Number 3, pp. 451-496, 2002.

SUZIGAN, W.; FURTADO, J. (2006). Política Industrial e Desenvolvimento. **Revista de Economia Política**, vol. 26, nº 2 (102), pp. 163-185 abril-junho.

ZYSMAN, J., MURRAY, J., FELDMAN, S., NIELSEN, N. C., & KUSHIDA, K. E. Services with everything: The ICT-enabled digital transformation of services, **BRIE Working Paper** 187a, 2010.

NOTAS DE AUTOR

CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

Antonio Carlos Diegues – Concepção. Coleta de dados, Análise de dados, Elaboração do manuscrito, revisão e aprovação da versão final do trabalho

José Eduardo Roselino – Concepção e elaboração do manuscrito. Coleta de dados Participação ativa da discussão dos resultados; Revisão e aprovação da versão final do trabalho.

FINANCIAMENTO

Não se aplica.

CONSENTIMENTO DE USO DE IMAGEM

Não se aplica.

APROVAÇÃO DE COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Não se aplica.

CONFLITO DE INTERESSES

Nada a declarar.

LICENÇA DE USO

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

HISTÓRICO

Recebido em: 01-07-2022

Aprovado em: 08-04-2023