

## Nível de complexidade da busca de fontes de informação para inovação da indústria brasileira a partir da análise de redes sociais \*

*Bruno Ferreira de Oliveira* \*\*  
*Felipe Ponciano da Cruz* \*\*\*  
*Enzo Matheus Fernandez Barreira Accioly* \*\*\*\*

### Resumo

O objetivo do artigo é verificar a evolução da busca de Fontes de Informação para Inovar (FIIs) pelos setores da indústria de transformação brasileira, utilizando dados da PINTEC de 2008 a 2017. A Análise de Redes Sociais (ARS) foi utilizada para a construção de uma rede de interação entre setores industriais e as FIIs. Buscou-se verificar a existência de concentração em determinados setores industriais e formas de aprendizagem. Os resultados indicam que a rede apresenta atividade relacional crescente, entretanto, os setores industriais não seguem o padrão de aprendizado esperado pela bibliografia e os que seguem estão associados a setores de baixa intensidade tecnológica. Ademais, as FIIs consideradas centrais na rede estão associadas às formas de aprendizado relacionadas com o conhecimento tácito, enquanto as periféricas estão associadas ao conhecimento codificado.

**Palavras-chave:** Inovação, Fontes de informação, Aprendizado, ARS, Indústria brasileira.

### Abstract

#### *The complexity level of searches for sources of information to innovate in the Brazilian Industry using Social Network Analysis*

This paper aims to verify the evolution of the search for Sources of Information to Innovation (FIIs) by Brazil's manufacturing industry, using PINTEC's data from 2008 to 2017. The Social Network Analysis (SNA) was used to build an interaction network between industrial sectors and FIIs. It sought to verify the existence of concentration in certain industrial sectors and learning forms. The results demonstrate that the network presents increasing relational activity; however, the industrial sectors do not follow the pattern of learning expected by the bibliography and those that do follow are associated with sectors of low technological intensity. In addition, FII's considered central to the network are associated with forms of learning related to tacit knowledge, while peripherals are associated with codified knowledge.

**Keywords:** Innovation, Sources of information, Learning, SNA, Brazilian industry

**JEL:** O31, O32.

## 1 Introdução

A última edição da Pesquisa de Inovação (PINTEC) referente ao período de 2015-2017 evidencia uma queda significativa nos esforços inovativos, além de apresentar redução da performance inovativa no conjunto das atividades produtivas. De acordo com De Negri et al. (2020) e o Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial (IEDI) (2020), a redução dos indicadores de inovação no Brasil decorre de aspectos conjunturais relacionados com a crise

\* Artigo recebido em 1 de setembro de 2020 e aprovado em 22 de março de 2021.

\*\* Mestre em Economia e Gestão Empresarial pela Universidade Cândido Mendes (UCAM), Rio de Janeiro, RJ, Brasil. E-mail: [brunooliver17@hotmail.com](mailto:brunooliver17@hotmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8456-9805>.

\*\*\* Mestre em Economia pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil. E-mail: [f1ponciano@gmail.com](mailto:f1ponciano@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1794-5946>.

\*\*\*\* Graduando em Ciências Econômicas pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil. E-mail: [enzoaccioly@hotmail.com](mailto:enzoaccioly@hotmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0836-1217>.

vivida no país nesse período, embora a economia brasileira apresente estruturalmente baixa capacidade inovativa em comparação com economias mais avançadas.

O sistema de inovação brasileiro apresenta importante infraestrutura científica e tecnológica, com capital humano qualificado, reconhecimento internacional de algumas universidades e centros de pesquisa, bem como, em determinadas situações, níveis de excelência na pesquisa na área agrícola, saúde, petróleo e aeroespacial (Cassiolato; Lastres, 2019). Essas características propiciam condições especiais de acumulação tecnológica e ampliação do estoque de conhecimento para aplicação produtiva. Entretanto, a atividade inovativa é insuficiente na maioria dos setores industriais, sobretudo naqueles em que se espera uma dinâmica elevada em termos de acumulação tecnológica (Cassiolato; Lastres, 2019).

As organizações com elevada capacidade de aprendizagem tendem a sobreviver à competição hostil, tendo como consequência a geração de novos produtos e processos diferenciados de seus concorrentes (Lundvall; Johnson, 1994; Malerba, 2002; Mamede et al., 2016). Nesse sentido, a busca por parte das firmas por meio das diversas fontes de informação para inovar (FIIs) existentes é vital para o processo de aprendizado, de forma a orientar seus esforços inovativos e construção de capacitações e habilidades (Amara; Landry, 2005; Gómez; Salazar; Vargas, 2016).

Assim, o objetivo do artigo é verificar a evolução do nível de complexidade da busca de FIIs pelos setores da indústria de transformação (IT) brasileira, utilizando dados da PINTEC de 2008 a 2017. Adicionalmente, será examinada, na rede construída, a possível concentração em determinados setores industriais ou em formas de aprendizagem, o que pode ser um fator limitante para o desenvolvimento tecnológico.

Para atingir o objetivo do trabalho será utilizada a Análise de Redes Sociais (ARS), estabelecendo uma rede de interação entre setores industriais e FIIs. O interesse crescente pelo estudo de redes deve-se a capacidade de modelagem de problemas relacionados com o estabelecimento de relações sociais, associada à análise das interações entre agentes.

No presente artigo, a rede de interação entre setores industriais e FIIs revela formas de aprendizagem predominantes e setores industriais mais propensos a buscar informações relevantes para elevar a sua vantagem competitiva. É válido ressaltar que este trabalho utiliza de forma pioneira a ARS para estudar formas de aprendizagem e a intensidade da busca de FIIs dos setores industriais ao longo do período proposto.

O artigo é dividido em cinco seções: após a seção introdutória segue o referencial teórico sobre o processo de aprendizado e construção de capacitação tecnológica das organizações; a terceira seção trata dos aspectos metodológicos da pesquisa; os resultados são expostos na quarta parte e, por fim, segue a conclusão.

## **2 Aprendizado e Fontes de informação**

A economia do aprendizado evidencia o papel da inovação como forma de expressão do desenvolvimento, tornado fundamental o estudo dos sistemas de inovação, sejam eles nacionais, regionais, setoriais ou tecnológicos (Freeman, 1995; Malerba, 2002; Dosi et al., 1994; Bergek et al., 2008; Markard; Hekkert; Jacobsson, 2015).

Para que um setor ou empresa possua capacitação e aprendizagem suficiente para gerar a inovação, é necessário o domínio da tecnologia e seus processos básicos. Assim, o conhecimento

e a informação são elementos cruciais na atividade econômica. A forma atual de desenvolver a economia coloca opções amplas e inesgotáveis de codificação de conhecimento para a melhoria do bem-estar da sociedade. Segundo Johnson e Lundvall (2005), a economia baseada no processo de aprendizado está relacionada com a capacidade de renovação do estoque de conhecimento e competências de forma acelerada e contínua. As organizações que possuem elevada capacidade de aprendizagem têm chances maiores de sobrevivência num ambiente de competição hostil.

Desse modo, cabe ressaltar que nesse contexto o acesso a novas informações não é sinônimo de aprendizagem, porém, é o insumo para a construção de habilidades e competências. Malerba (1992) define o processo de aprendizagem como um processo custoso para as organizações, relacionado com as fontes internas e externas de conhecimento, resultando em melhorias no estoque de conhecimento e das capacidades tecnológicas, conformando na construção de trajetórias de avanço tecnológico.

O aprendizado está associado ao processo onde “(...) a repetição e a experimentação permitem que as tarefas sejam mais bem e mais rapidamente desempenhadas e que as novas oportunidades de produção sejam identificadas” (Tecece, 2005, p. 154). Esse fenômeno está vigorosamente relacionado a atividades econômicas rotineiras, que envolve, no nível da organização, trabalhadores em diversos níveis hierárquicos e de funções diferentes (Edquist; Lundvall, 1993; Lazonick, 2005).

Neste sentido, a atividade inovativa é caracterizada por um processo interativo de natureza social e coletiva, ocorrendo diversas interações dentro e fora da firma (Nelson; Winter, 1982; Edquist, 2005; Malerba, 2002). Como consequência das interações, são gerados mecanismos de “*feedback*” para a acumulação de conhecimento, de acordo com o grau de especificidade do nível de conhecimento e do escopo tecnológico demandado pelo setor (Malerba, 2002).

Para Lazonick (2000), as firmas podem ser entendidas como organizações que representam o conhecimento social de coordenação e aprendizado. O conhecimento é idiossincrático em cada firma, cuja absorção pelas organizações ocorre por meio de habilidades específicas construídas e acumuladas ao longo do tempo, dado que o conhecimento não é difundido de forma automática (Malerba, 2002).

A relevância dos mecanismos de aprendizado coloca em pauta a capacidade de renovação do conjunto de conhecimento e competência de forma intensiva e contínua (Johnson; Lundvall, 2005), o que implica na diferenciação das empresas no mercado por diferentes níveis e tipos de conhecimento acumulados ao longo do tempo.

A natureza cumulativa do processo inovativo exige esforço e aumenta o conjunto de conhecimento e habilidades das organizações. (Nelson; Winter, 1982; Dosi et al., 1988; Lundvall; Johnson, 1994; Malerba, 2002; Lazonick, 2005). Além disso, a cumulatividade do processo inovativo fornece uma estrutura de absorção de novos elementos para o desenvolvimento produtivo e tecnológico das firmas (Dosi et al., 1988; Bell; Pavitt, 1993).

Para Malerba e Orsenigo (1997), o acúmulo de conhecimento e as formas de aprendizado se diferenciam pelas formas de acesso que as firmas podem ter ou possuir, além das características setoriais. A cumulatividade do conhecimento pode se diferenciar, pois as formas de aprendizado, o comportamento empresarial, capacitações e as habilidades dos agentes são delimitadas pela estrutura tecnológica, pela base de conhecimento e contexto institucional pelas quais estão

sujeitas. A natureza cognitiva do aprendizado e a dependência do conhecimento prévio limitam as ações atuais, porém propiciam novas questões e conhecimentos para projetos futuros.

Aliada às questões tratadas sobre o processo de aprendizado, Cohen e Levinthal (1990) evidenciam que as organizações constituem capacidade absorptiva quando reconhecem a importância das novas informações, processando-as e aplicando-as no processo produtivo. A capacidade absorptiva das empresas tem caráter cumulativo, resultante da heterogeneidade de conhecimento acumulado previamente.

O conhecimento e o processo de aprendizado, além de estarem associados com a capacidade absorptiva das organizações, também auxiliam na conformação de capacidades dinâmicas. A capacidade dinâmica de uma organização é constituída pela habilidade da organização em integrar, construir e reconfigurar competências internas e externas para lidar com ambientes com profundas e rápidas mudanças tecnológicas, além do impacto do ambiente competitivo sobre as firmas (Tece; Pisano; Shuen, 1997).

A capacidade dinâmica da organização está atrelada com o desenvolvimento e com a renovação de competências específicas, que é impactada pelas decisões prévias das firmas, bem como o ambiente competitivo no qual a organização está submetida. As capacidades dinâmicas são desenvolvidas pelos mecanismos de aprendizagem, interações nas cadeias produtivas, seja de forma vertical ou horizontal, e pela cumulatividade tecnológica e de mercado (Tece; Pisano; Shuen, 1997), evidenciando também características das vantagens competitivas das empresas.

Sobre as formas de aprendizado, a literatura reporta diversas formas pelas quais as firmas buscam informações e conformam o seu estoque de conhecimento. Duas formas bem conhecidas são *learning by doing* – associado a repetição de atividades internas e está relacionado à experiência prévia – e *learning by using* – associado à utilização dos meios e fatores produtivos da empresa.

Além das duas formas de aprendizado citadas anteriormente, Malerba (1992) apresenta outras, como: i) *learning from advances em S&T*, associado à absorção de conhecimentos em C&T; ii) *learning from inter-industry spillovers*, associado ao padrão tecnológico dos concorrentes e de outros setores industriais (transbordamentos industriais); iii) *learning by interacting*, relacionado com as interações com clientes e fornecedores, bem como outras formas de interações entre as empresas do setor; e iv) *learning by searching*, relacionada à atividade interna de P&D.

Jensen et al. (2007) realizam a segregação das formas de aprendizado pelos tipos ou modos de inovação, que são *Doing, Using and Interacting mode (DUI mode)* e *Science, Technology and Innovation mode (STI mode)*. *DUI mode* está associado com formas informais de aprendizado e experiência pretérita, cujas formas de aprendizado associadas são *learning by doing, learning by using e learning by interacting*. O *STI mode* está relacionado com o uso do conhecimento científico e tecnológico, sendo as atividades de P&D e a interação com universidades e institutos de pesquisa como fontes de aprendizado relacionado a este modo.

Outra forma relevante de aprendizado destacado pela literatura é *learning by imitating*. Neste caso, a atividade inovativa se inicia na fase de difusão da inovação (Bell; Pavitt, 1993), e o aprendizado advém dos mecanismos de reprodução da tecnologia existente, como plataforma de acúmulo de capacitações e habilidades (Kim; Nelson, 2006).

Segundo Bittencourt (2012), *learning to learn* e *learning by hiring* também são formas de aprendizado reportadas na literatura. *Learning to learn* está associado a elementos que podem limitar ou serem considerados fatores de oportunidades para o aprendizado no âmbito da organização, enquanto *learning by hiring* se relaciona com a contratação de empregados de outras empresas. Uma forma de aprendizado evidenciada pela literatura é o *learning by exporting*, associado com o aprendizado pela exportação e exposição ao mercado internacional (Blalock; Gertler, 2004; Salomom; Shaver, 2005)

Esses mecanismos de aprendizado e fontes de conhecimento geram impactos na estrutura tecnológica por meio de geração de novos processos de produção, alterações de insumos usados no processo produtivo, alterações na escala e na organização do processo produtivo, além da diferenciação horizontal e/ou vertical do produto (Malerba, 1992).

Em relação aos trabalhos relacionados com o tema, Gonçalves e Simões (2005) analisam, por meio das técnicas de componentes principais e de *cluster*, um determinado conjunto de indicadores da PINTEC, nos anos de 1998 e 2000, sendo os resultados contrários aos esperados na literatura para os setores “dominados por fornecedores” (Pavitt, 1984) e os baseados em esforços de P&D, principalmente aqueles intensivos em escala. Os setores com oportunidades tecnológicas relevantes possuem gastos em P&D modestos em comparação aos seus desafios.

Campos e Ruiz (2009) estudam os padrões de inovações dos setores da indústria brasileira com o objetivo de identificar o comportamento e estrutura industrial. É utilizada a análise de *clusters* hierárquicas e não-hierárquicas em conjunto com dados da PINTEC de 2000. Os resultados indicam uma marcante heterogeneidade de características de inovação com trajetórias diferenciadas para cada setor, sendo este fator relevante para a compreensão da dinâmica inovativa no país. Além disso, o estudo aponta que o perfil inovativo do país é, em média, coerente com o esperado pela bibliografia especializada.

Bittencourt (2012) utiliza a técnica de *clustering* para identificar padrões setoriais de aprendizagem na indústria brasileira, com dados da PINTEC para os anos 2000, 2003 e 2005. O resultado divide os setores industriais em quatro padrões industriais de aprendizagem: i) intensivo em aprendizagem na esfera produtiva; ii) intensivo em aprendizagem à montante; iii) intensivo em múltiplas formas; e iv) intensivo em aprendizagem interna e à jusante.

Silva e Suzigan (2014) investigam os padrões setoriais de inovação da indústria de transformação brasileira por meio da análise de *cluster* utilizando os dados da PINTEC de 2008. Foram selecionados 53 indicadores, agrupados em 7 categorias. Os resultados demonstram aderência majoritária dos setores com o esperado pela bibliografia.

Ao longo da revisão bibliográfica que trata do processo de aprendizado e de busca de FII por setores industriais, verificou-se uma lacuna empírica relacionada à utilização da ARS para analisar a evolução da busca de FII pelos setores industriais ao longo do tempo. A utilização da ARS permite identificar tendências na forma em que os setores industriais estabelecem conexões com as FIIs, seja na forma macro (traduzido pela estrutura da rede de interação entre setores industriais e FIIs), micro (representado na análise no nível dos nós/agentes/atores) e meso (a partir na análise de padrão de agrupamento dos nós da rede).

Assim, o presente artigo se insere na literatura ao estudar a evolução do nível de complexidade da busca por FIIs nos setores industriais no Brasil a partir da ARS no período de 2008 a 2017. Os níveis de análise serão apresentados na seção metodológica.

### 3 Aspectos metodológicos

A base de dados utilizada neste trabalho é a PINTEC de 2008, 2011, 2014 e 2017. Cabe salientar que, conforme exposto por IBGE (2020), os dados de natureza qualitativa da pesquisa se referem aos triênios de referência<sup>1</sup>. O grau de detalhamento dos setores industriais segue a Classificação Nacional de Atividade Econômica (CNAE), em sua versão 2.0, sendo os setores industriais analisados de forma agregada em 24 setores, conforme o Quadro 1.

Quadro 1  
Lista de Setores Industriais por código CNAE 2.0

Código CNAE	Setores Industriais
10	Fabricação de produtos alimentícios
11	Fabricação de bebidas
12	Fabricação de produtos do fumo
13	Fabricação de produtos têxteis
14	Confecção de artigos do vestuário e acessórios
15	Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos para viagem
16	Fabricação de produtos de madeira
17	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel
18	Impressão e reprodução de gravações
19	Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis
20	Fabricação de produtos químicos
21	Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos
22	Fabricação de produtos de borracha e de material plástico
23	Fabricação de produtos de minerais não-metálicos
24	Metalurgia
25	Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos
26	Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos
27	Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos
28	Fabricação de máquinas e equipamentos
29	Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias
30	Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores
31	Fabricação de móveis
32	Fabricação de produtos diversos
33	Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos

Fonte: IBGE (2020).

Ainda sobre o grau de detalhamento dos setores industriais, cabe ressaltar que somente com a abertura em primeiro nível da CNAE seria possível utilizar os dados da PINTEC nos quatro períodos, ou seja, uma análise a partir do segundo nível diminuiria a quantidade de períodos analisados. Assim, utilizou-se a abertura em primeiro nível da CNAE para atender a amplitude temporal necessária para a elaboração deste estudo, pois, para a análise de rede todos os agentes devem apresentar informações válidas.

A rede pode ser descrita matematicamente por meio de grafo, evidenciando sua estrutura topológica e, para isso, utilizou-se para a construção da rede a tabulação da PINTEC relacionada às empresas que implementaram inovações, por grau de importância das FIIIs empregadas, segregados em quatorze tipos, conforme Quadro 2 abaixo.

(1) Para simplificar a disposição dos dados, o período de 2008 se refere ao triênio de 2006-2008, o período de 2011 se refere ao de 2009-2011, o período de 2014 se refere ao triênio de 2012-2014 e o período de 2017 se refere ao triênio de 2015-2017.

Quadro 2  
Fontes de informação para inovação e sua respectiva origem, utilizadas pela PINTEC

Origem das FIIs	Fontes de informação para inovação (FII)
Interno	P & D Interno
Interno	Outras Áreas
Externo	Outra empresa do grupo
Externo	Fornecedores
Externo	Clientes ou consumidores
Externo	Concorrentes
Externo	Empresas de consultoria e consultores independentes
Externo	Universidades ou outros centros de ensino superior
Externo	Institutos de pesquisa ou centros tecnológicos
Externo	Centros de capacitação profissional e assistência técnica
Externo	Instituições de testes, ensaios e certificações
Externo	Conferências, encontros e publicações especializadas
Externo	Feiras e exposições
Externo	Redes de informação informatizadas

Fonte: IBGE (2020).

Adotou-se para a seleção da relevância das FII o mesmo critério utilizado na análise de resultados da PINTEC, que é considerar no cálculo apenas a atribuições de média e alta relevância para a respectiva FII. Assim, a metodologia adotada para a construção da matriz adjacência binária foi o estabelecimento de filtro para capturar se a maioria das empresas do setor consideram relevantes determinada FII, conforme descrição abaixo:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, se \frac{x_{ij}}{X_i} \geq 0,5 \\ 0, caso \text{ contrário} \end{cases} \quad (1)$$

onde  $x_{ij}$  é o número de empresas do setor industrial  $i$  que reportou com média ou alta relevância determinada fonte de informação  $j$  para subsidiar projetos inovativos,  $X_i$  é o número de empresas do setor industrial  $i$  que implementaram atividades inovativas no período da pesquisa e  $a_{ij}$  denota a aresta que evidencia a conexão entre os setores industriais e as FII, constituindo a matriz adjacência associada ao grafo de interação entre as FII e os setores industriais por CNAE.

A matriz adjacência da rede é simétrica e quadrada de ordem  $n = 38$ , sendo considerados como o conjunto de nós/atores/agentes da rede os 24 setores industriais, e as 14 FII e as arestas como sendo a conexão ou ligação dos setores industriais com as respectivas FII indicadas. Porém, os nós da rede somente serão representados na visualização caso estabeleçam conexão com ao menos um agente. Os setores industriais não correm o risco de não constituírem a rede, pois sempre estabelecem relação com ao menos uma FII. Portanto, o número de nós simbolizados na visualização pode ser interpretado como indicador de maior ou menor presença de FII. Para a visualização da rede, bem como as métricas de ARS que serão apresentadas a seguir, foi utilizado o software Gephi 0.9.2<sup>2</sup>.

As métricas de ARS podem ser segmentadas no nível da rede, no nível dos nós ou pelo nível de agrupamento entre os atores. Estas estatísticas serão utilizadas para verificar como o processo de aprendizado dos setores industriais tem evoluído ao longo do tempo e atingir o

(2) Disponível em: <https://gephi.org/users/download/>.

objetivo de examinar o nível de complexidade das conexões estabelecidas na rede de interação entre setores industriais e FIIs. Assim, o Quadro 3 abaixo sintetiza a descrição das métricas de ARS utilizadas neste estudo, bem como as interpretações dos resultados extraídos de cada indicador para o estudo da rede de interação entre setores industriais e FIIs.

Quadro 3  
Métricas de ARS utilizadas e suas aplicações ao estudo

Nível de Análise	Indicador/Métrica	Definição	Interpretação do resultado para o estudo
<b>Macro</b>	Densidade	Proporção de conexões existentes em um grafo em relação ao máximo de conexões possíveis	Valores altos (baixos) indicam elevada (baixa) complexidade nas conexões entre os agentes da rede, além de revelar pouca (alta) capacidade de expansão da conectividade devida à baixa (alta) existência de lacunas na rede.
	Diâmetro	Número máximo de conexões necessárias para atravessar toda a rede	Quanto maior (menor) for o valor do diâmetro em comparação ao número de nós existentes da rede, pode indicar a (não) existência de padrões de aglomeração entre os nós da rede.
	Comprimento médio do caminho	O menor percurso possível para conexão de todos os nós da rede	Quanto mais distante (próximo) for o valor do comprimento médio do caminho em relação ao diâmetro da rede, maior (menor) é a eficiência na transmissão de informações entre os atores.
	<i>HITS</i>	O algoritmo informa dois atributos: (i) Autoridade - indica a relevância das informações armazenadas pelo nó; e (ii) <i>Hub</i> - é o nó altamente conectado a vários outros nós	Um score de autoridade elevado (baixo) indica que o vértice (não) está relacionado com os principais <i>hubs</i> . Um score elevado (baixo) para o atributo <i>hub</i> indica que o nó (não) está conectado com as principais autoridades.
<b>Meso</b>	Modularidade	Verifica o número de agrupamentos entre nós distintos dentro de uma rede, baseado na intensidade de suas relações e características compartilhadas	Evidencia os agrupamentos existentes da rede, possibilitando identificar padrões de associação entre os nós, revelando características críticas pela qual os nós estabelecem conexões. No caso do presente estudo, a modularidade é utilizada para identificar padrões de aprendizagem dos setores industriais.
<b>Micro</b>	Centralidade de Grau	É a contagem do número de adjacências (conexões) de um nó	(i) Setores industriais – valores elevados (baixos) revelam que estes agentes são centrais (periféricos) em relação à diversificação e amplitude na busca das FIIs; (ii) FIIs - valores elevados (baixos) evidenciam as formas de aprendizagem mais (menos) relevantes para os agentes da rede.
	Centralidade de Intermediação	Mensura a importância de um agente para os outros que utilizam o referido agente como “ponte” para transitar na rede.	(i) Setores industriais – valores elevados (baixos) revelam que estes agentes são centrais (periféricos) em relação capacidade de transbordamento de informação e competências para os demais agentes; (ii) FIIs - valores elevados (baixos) evidenciam as FIIs que possuem elevada (baixa) capacidade de transbordamento e compartilhamento de informações relacionadas às formas de aprendizagem para os demais nós.
	Centralidade de Autovetor	É definida como o principal autovetor associado ao maior autovalor da matriz adjacência, além de medir a importância de um nó a medida em que mantenha relações com outros nós importantes na rede.	(i) Setores industriais – valores elevados (baixos) revelam que estes agentes são centrais (periféricos), pois se conectam com FIIs relevantes para o processo de construção de capacidades tecnológicas, dinâmicas e absorptivas; (ii) FIIs - valores elevados (baixos) evidenciam as formas de aprendizagem como o maior (menor) poder de influência e importância para os setores industriais.

Fonte: Elaboração dos autores.



Conforme exposto no Quadro 3, em termos de análise da estrutura da rede, serão empregados os seguintes indicadores considerados relevantes para a discussão do processo de fluidez e eficiência na transmissão de informação: i) densidade; ii) diâmetro; iii) comprimento médio do caminho; e iv) algoritmo *HITS*.

A densidade da rede considera a proporção de conexões existentes em um grafo em relação ao máximo de conexões possíveis. A importância desta medida se deve a capacidade de evidenciar como uma rede é estruturada, auxiliando a identificar suas possíveis lacunas e grau de complexidade. O diâmetro da rede indica o número máximo de conexões necessárias para atravessar toda a rede, ao passo que o comprimento médio do caminho mede o menor percurso possível para conexão de todos os nós da rede.

Ainda sobre os indicadores relacionados à estrutura da rede, o algoritmo *Hyperlink-Induced Topic Search (HITS)* informa dois atributos diferentes para cada nó, denominados Autoridades e *Hubs* (Kleinberg, 1999). A autoridade indica a relevância das informações armazenadas por um determinado agente e o *hub* é o agente altamente conectado a vários outros agentes que proporciona a redução da distância entre os grupos e indivíduos da rede. Um valor elevado para o atributo *hub* indica que o vértice está vinculado com as principais autoridades, e um escore de autoridade elevado indica que o vértice está relacionado com os principais *hubs*. Estas medidas são importantes para auxiliar a identificação das funções desempenhadas pelos membros críticos da rede.

Para verificar a existência de agrupamento entre nós da rede construída, será empregado o algoritmo de modularidade. A modularidade tem por objetivo verificar o número de agrupamentos entre nós distintos dentro de uma rede, baseado na intensidade de suas relações e características compartilhadas. A utilidade dessa análise se deve a conjugação da análise de complexidade da rede com o padrão setorial de aprendizagem, sendo possível a sua comparação com a bibliografia especializada.

A ARS no nível dos nós está relacionada com as medidas de centralidade, que descrevem as propriedades de localização/posição e importância de um agente na rede (Borgatti; Everett; Johnson, 2018). Neste artigo, serão utilizadas as medidas de centralidade de grau, intermediação e autovetor.

O grau de um vértice é importante para mensurar a sua atividade de comunicação com os outros vértices da rede em questão, ou seja, a centralidade de grau é a contagem do número de adjacências de um nó (Nieminen, 1974). A outra maneira de interpretar a centralidade de grau é como uma medida de influências imediatas.

Desse modo, os setores industriais listados com maiores valores de centralidade de grau na rede são centrais em relação à diversificação na busca das FIIs, manifestando a sua amplitude na busca de conhecimento para conformação de projetos inovadores. Por outro lado, FIIs centrais na rede de interação com setores industriais revelam as formas de aprendizagem mais relevantes para os agentes da rede.

A centralidade de intermediação identifica a qualificação das conexões entre os nós ou atores. São identificados os agentes que realizam o papel de “ponte” de ligação entre outros agentes, evidenciando quantas vezes um determinado nó se encontra no caminho mais curto entre dois outros nós. Dessa maneira, a centralidade de intermediação mensura a importância de um agente para os outros que utilizam este agente para transitar na rede (Freeman, 1979).

Na rede de interação entre setores industriais e FIIs, a centralidade de intermediação permite identificar os nós com maior vantagem, influência ou capacidade de transmissão de informação em uma rede. Os setores industriais considerados centrais de acordo com esse indicador são capazes de estabelecer conexões entre atores, o que demonstra capacidade de transbordamento de informação e competências para os demais. De forma análoga, FIIs consideradas centrais em termos de intermediação estão relacionadas com elevada capacidade de transbordamento e compartilhamento de informações relacionadas às formas de aprendizagem para os demais nós.

A centralidade de autovetor mostra a importância de um vértice na medida em que mantenha relações com outros vértices considerados importantes na rede. Mesmo se um nó apresentar poucas conexões, porém relevantes, o nó passa a ser central na rede. A centralidade de autovetor é definida como o principal autovetor associado ao maior autovalor da matriz adjacência (Borgatti, 2005).

A centralidade de autovetor revela a importância das conexões estabelecidas entre os nós, ou seja, se um determinado ator possui conexões com outros atores relevantes para a rede. Assim, setores industriais centrais em termos de autovetor são os que se conectam com FIIs relevantes para o processo de construção de capacidades tecnológicas, dinâmicas e absorptivas. Em contrapartida, as FIIs centrais na rede revelam as formas de aprendizagem como o maior poder de influência e importância para os setores industriais.

As medidas de centralidade aplicadas reportam o grau de importância e influência de cada nó na rede, indicando os atores considerados centrais e atores considerados periféricos. As medidas de centralidade reforçam a análise do nível de complexidade da rede, onde será evidenciado quais são os setores industriais de maior ou menor relevância no processo de busca por FIIs, bem como indicar quais FIIs são relevantes ou não para o processo de aprendizagem.

## 4 Análise e discussão dos resultados

### 4.1 Estrutura da rede de interação entre setores industriais e FIIs

Os indicadores de estrutura da rede buscam avaliar as características globais do grafo. O uso das medidas de estrutura para avaliar a interação entre setores industriais e FIIs tem como objetivo subsidiar a análise do nível de complexidade e de organização das conexões entre os atores. Os indicadores utilizados são sumarizados na Tabela 1.

Tabela 1  
Estatísticas selecionadas da rede de fontes de informação para inovar em 2008-2017

Estatísticas da Rede	2008	2011	2014	2017
Grau Médio	7,61	7,29	7,61	8,17
<i>dos Setores Industriais</i>	<i>4,91</i>	<i>5,16</i>	<i>5,70</i>	<i>5,95</i>
<i>das Fontes de Informação</i>	<i>16,85</i>	<i>12,40</i>	<i>11,41</i>	<i>13,00</i>
Densidade	0,35	0,37	0,41	0,43
Qtde. de Nós	31	34	36	35
Qtde. de Arestas	236	248	274	286
Diâmetro	4	4	4	4
Comprimento Médio do Caminho	1,86	2	2,04	1,97

Fonte: Elaboração dos autores.

Em relação ao número de nós, a sua quantidade representa o número total de agentes que possuem ao menos uma conexão com outro participante. Conforme exposto pela Tabela 1, em 2008 a rede foi construída com 31 agentes, a quantidade aumentou para 34 e 36 em 2011 e 2014, respectivamente, com posterior redução para 35 em 2017. Esse fato demonstra que a rede tem se tornado mais complexa, na medida em que novas FIIs se tornam relevantes para o processo de aprendizado.

Embora a rede ao longo do período não contemple a totalidade de nós esperados ( $n = 38$ ), verificou-se que o número de conexões totais entre setores industriais e FIIs tem se elevado constantemente, onde nos anos de 2008, 2011, 2014 e 2017 apresentam uma quantidade de arestas, respectivamente, de 236, 248, 274 e 286. O que não indica necessariamente maior complexidade, apenas maior quantidade de interações entre fontes de informação e setores industriais.

O grau médio é a variável mais adequada para averiguar se o aumento no número de arestas reflete em maior complexidade. A partir da Tabela 1, o grau médio em 2008 foi de 7,61, com uma pequena queda para 7,29 no ano de 2011, passando para 7,61 e 8,17 para os anos de 2014 e 2017, respectivamente. Ainda que o indicador demonstre um aumento da complexidade, será necessário esmiuçar.

Normalmente, avaliar apenas o grau médio seria suficiente. Entretanto, a rede construída possui dois grupos de agentes que se conectam apenas fora de seus grupos. Enquanto as FIIs podem se conectar com 24 setores industriais, os setores industriais se conectam com no máximo 14 FIIs. Com isso, o grau médio separado facilita o exame mais cuidadoso da trajetória das conexões.

O grau médio dos setores industriais indica a média de FIIs empregadas no processo de aprendizado inovativo. Verifica-se um aumento contínuo da conexão média entre 2008 e 2017, onde se inicia com 4,91 e cresce para, respectivamente, 5,16, 5,70 e 5,95. Como nesse caso o número de nós é constante, podemos afirmar que um aumento do grau médio implica, na média, em maior complexidade no processo de aprendizado dos setores industriais. Por outro lado, o grau médio das FIIs apresentou uma redução entre 2008 e 2014, com uma pequena elevação em 2017, porém em um valor inferior ao período inicial. Entretanto, é fundamental considerar a variação do número de FIIs, pois um aumento no número de nós representa maior complexidade na busca por informação e deve ser analisado conjuntamente com o grau médio.

A importância de verificar o nível de densidade da rede reside na capacidade de observar seu grau de conectividade, principalmente ao longo do tempo. Conforme Tabela 1, foi verificado um crescimento de 8 pontos percentuais, entre 2008 e 2017, com 43% dos agentes conectados. Neste sentido, as análises do grau médio e da densidade da rede evidenciam a existência de um potencial para a expansão da capacidade de conexão. Isto é, existem FIIs que não foram reportadas como relevantes pelos setores industriais para elevar o processo de esforço e desempenho inovativo.

Sobre o diâmetro da rede, observa-se que o número máximo de ligações entre os dois nós mais distantes é de quatro ligações ou conexões, indicador razoável dado o número de nós encontrados em cada período, apontando para um padrão de aglomeração entre os nós dentro das

redes. Em relação ao comprimento médio do caminho, foi observada uma elevação em 2014, chegando ao valor de 2,04 ligações, com redução para 1,97 ligações em 2017. Ressalta-se que o comprimento médio nos períodos de 2008 a 2017 são aproximadamente a metade do valor do diâmetro das redes, o que indica relativa eficiência na transmissão de informações entre os nós, mesmo que algumas FIIs não participem da rede.

Conforme exposto no Quadro 4, foram identificados para cada período os setores industriais e FIIs que são considerados *hubs*. Quanto aos setores industriais, existe uma trajetória de elevação relativa dos setores de média e alta intensidade tecnológica como principais *hubs*, isto é, setores que apresentam diversidade nas conexões junto às FIIs.

Em 2008, dos quatro setores industriais listados, três são classificados segundo a taxonomia da OCDE como setores de baixa intensidade tecnológica. Em relação aos principais hubs em 2011, os setores industriais são de média-baixa, média-alta ou alta intensidade tecnológica. Em 2014, os setores identificados estão situados na baixa e média-alta intensidade tecnológica, onde no período de 2017, verifica-se setores de baixa, média-alta e alta.

Quadro 4  
Principais *Hubs* da rede de interação entre setores industriais e fontes de informação para inovar, para o período 2008-2017

Ano	Setores Industriais	FIIs
2008	- Fabricação de bebidas (baixa) - Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos (alta) - Fabricação de produtos diversos (baixa) - Impressão e reprodução de gravações (baixa)	- Redes de informação informatizadas - Clientes ou consumidores - Fornecedores - Outras Áreas - Interno
2011	- Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos (alta) - Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos (média-alta) - Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos (média-baixa) - Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias (média-alta)	- Redes de informação informatizadas - Clientes ou consumidores - Fornecedores - Outras Áreas - Interno
2014	- Fabricação de bebidas (baixa) - Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos (média-alta) - Fabricação de produtos químicos (média-alta) - Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos de viagem e calçados (baixa)	- Redes de informação informatizadas - Clientes ou consumidores - Fornecedores - Outras Áreas - Interno
2017	- Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos (alta) - Fabricação de outros equipamentos de transporte (média-alta) - Fabricação de produtos químicos (média-alta) - Impressão e reprodução de gravações (baixa)	- Redes de informação informatizadas - Clientes ou consumidores - Fornecedores - Outras Áreas - Interno

Fonte: Elaboração dos autores.

Em relação às FIIs consideradas como principais *hubs*, observou-se uma estabilidade ao longo dos períodos, sendo reportadas como principais *hubs*: redes de informações informatizadas, clientes e consumidores, fornecedores e outras áreas da empresa. De forma semelhante, as mesmas FIIs foram reportadas pelo algoritmo *HITS* como as mais relevantes em termos de autoridade.

Enfim, as análises das medidas de estrutura indicam que a rede possui atividade relacional crescente, evidenciado pela elevação do número de nós, arestas e do grau médio ao longo dos períodos, porém com o nível de complexidade das conexões com potencialidade de expansão, principalmente porque alguns nós não foram adicionados nas redes.

#### **4.2 Nível de agrupamento entre setores industriais e fontes de informação para inovar da rede**

Uma característica importante na análise da estrutura de redes é a identificação dos possíveis níveis de *clusters* ou agrupamentos entre os nós da rede, verificando quais características foram relevantes na conformação desses *clusters*. Utilizou-se a referida abordagem para verificar os padrões de agrupamentos entre FIIs e setores industriais, auxiliando na identificação de formas de aprendizagem associados aos setores industriais.

O método utilizado foi a aplicação do algoritmo de modularidade, que consiste na detecção de comunidades, módulos ou *clusters* dentro de uma rede, baseado na intensidade de suas conexões e características que são compartilhadas entre os respectivos nós. A detecção de *clusters* foi realizada de forma aleatória, para produzir maior precisão na decomposição das redes. Os resultados apresentados pelas estatísticas de modularidade para a rede de interação entre setores industriais e FIIs evidenciam a existência de quatro *clusters* nos períodos de 2008, 2011 e 2017; para o período de 2014, foram identificados três *clusters*. No Quadro 5 é apresentado um resumo das características dos nós associados aos *clusters*<sup>3</sup>.

---

(3) Devido à aleatoriedade na formação dos *clusters*, eles não são comparáveis ao longo do tempo, ou seja, o *cluster* “i” de 2008 não é necessariamente comparável com o *cluster* “i” de 2011 em diante.

Quadro 5  
Resumo das informações da análise de modularidade da rede de fontes de informação para inovar da indústria brasileira 2008-2017

<b>Período 2008 / Quantidade de Clusters no período: 4</b>				
Descrição das Informações	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4
FIIs	Fornecedores, Redes de informação Informatizadas	Clientes ou consumidores, Outras áreas - interno, Feiras e exposições	Concorrentes	Conferências, encontros e publicações especializadas
Forma de aprendizado predominante	usando, interagindo	fazendo, interagindo	imitando	interagindo
Setores Industriais (Cód. CNAE)	12, 14, 15, 16, 19, 22, 24, 32	10, 13, 17, 18, 20, 23, 25, 27, 28, 30, 33	29, 31	11, 21, 26
Intensidade tecnológica predominante	Baixa	Média	Média/Baixa	Alta
Qtde de FIIs	2	3	1	1
Qtde de Setores Industriais	8	11	2	3
Quantidade total de nós do Cluster	10	14	3	4
<b>Período 2011 / Quantidade de Clusters no período: 4</b>				
Descrição das Informações	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4
FIIs	Outras áreas - interno, Concorrentes	Fornecedores, Clientes ou Consumidores, Redes de informação informatizadas, Feiras e exposições	Empresas de consultoria	Instituições de testes, ensaios e certificações, P&D interno, Conferências, encontros e publicações especializadas
Forma de aprendizado predominante	fazendo, imitando	usando, interagindo	interagindo	pesquisando, interagindo
Setores Industriais (Cód. CNAE)	10, 16, 20, 28, 29	11, 12, 13, 14, 17, 22, 23, 24, 25, 26, 30, 31, 32	19	15, 18, 21, 27, 33
Intensidade tecnológica predominante	Média	Média/Baixa	Média/Baixa	Média/Baixa
Qtde de FIIs	2	4	1	3
Qtde de Setores Industriais	5	13	1	5
Quantidade total de nós do Cluster	7	17	2	8

Continua...

Quadro 5 – Continuação

<b>Período 2014 / Quantidade de Clusters no período: 3</b>				
Descrição das Informações	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	
FII's	Fornecedores, Redes de informação Informatizadas, Clientes ou consumidores, Outras áreas - interno	Concorrentes, Feiras e exposições	Instituições de testes, ensaios e certificações, P&D interno, Conferências, encontros e publicações especializadas, Empresas de Consultoria, Universidades, institutos de pesquisa	
Forma de aprendizado predominante	fazendo, usando, interagindo	imitando, interagindo	pesquisando, interagindo	
Setores Industriais (Cód. CNAE)	10, 12, 13, 14, 17, 18, 20, 22, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 33	15, 16, 23, 25, 31, 32	11, 19, 21	
Intensidade tecnológica predominante	Média	Baixa	Média	
Qtde de FII's	4	2	6	
Qtde de Setores Industriais	15	6	3	
Quantidade total de nós do Cluster	19	8	9	
<b>Período 2017 / Quantidade de Clusters no período: 4</b>				
Descrição das Informações	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4
FII's	Outras áreas - interno, Feiras e exposições	Fornecedores, Redes de informação Informatizadas, Clientes ou consumidores, Concorrentes	Conferências, Centros de capacitação profissional, Empresas de consultoria, Instituições de testes, ensaios e certificações	P&D interno
Forma de aprendizado predominante	fazendo, interagindo	usando, interagindo, imitando	interagindo	pesquisando
Setores Industriais (Cód. CNAE)	12, 14, 15, 25, 31, 32	10, 13, 16, 17, 22, 23, 24, 27, 28, 29, 33	11, 18, 19, 21, 30	20, 26
Intensidade tecnológica predominante	Baixa	Média	Média/Baixa	Alta
Qtde de FII's	2	4	4	1
Qtde de Setores Industriais	6	11	5	2
Quantidade total de nós do Cluster	8	15	9	3

Fonte: Elaboração dos autores.

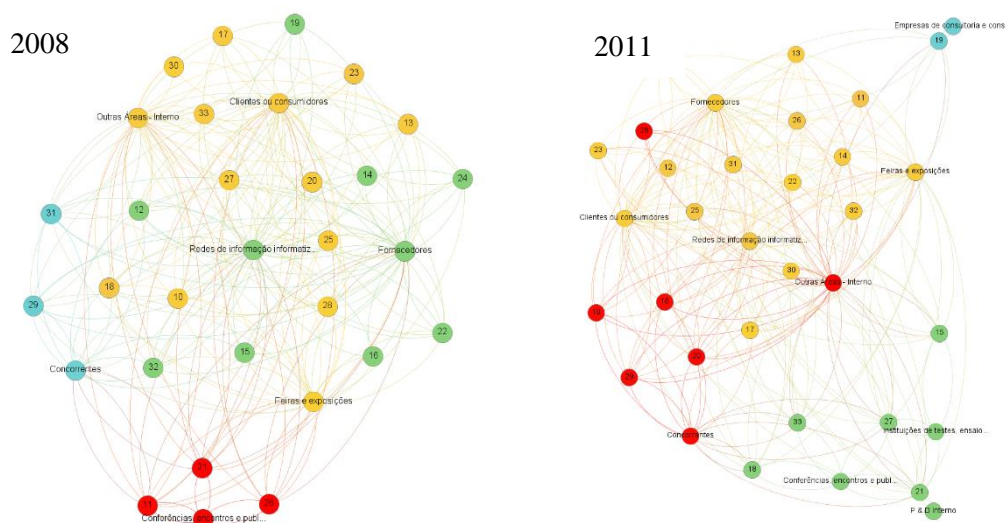
Verifica-se que em todos os *clusters* com elevadas quantidades de nós, as formas de aprendizagem associadas são aquelas que os setores industriais aprendem fazendo, usando e interagindo. O período de 2017 apresenta a relação do *cluster* com o maior número de nós com o aprendizado associado ao aprendizado pela imitação, além das formas de aprender interagindo e usando. Ainda sobre os grupamentos com elevadas quantidades de nós, a intensidade tecnológica predominante é de baixa e média intensidade tecnológica.

Em 2008, os *clusters* estão associados pela forma de aprendizado relacionada com o uso dos insumos ou do maquinário para composição da produção industrial, com a fabricação do produto *per se* ou interações extramuros. Observou-se, em 2011, que o aprendizado relacionado à pesquisa foi incorporado a rede de interação entre setores industriais e FIIs, associado ao cluster 4, cujos setores industriais são preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos de viagem e calçados, impressão e reprodução de gravações, fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos, fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos e manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos. Nos demais clusters, o padrão de aprendizagem segue o verificado em 2008, com a exceção com a forma de aprender fazendo.

O algoritmo de modularidade identificou apenas 3 clusters em 2014, onde as formas de aprendizagem são semelhantes às verificadas no período de 2011. Cabe destacar a característica do cluster 3 que apresenta associação com fontes de informação ligadas às universidades e institutos de pesquisa, as quais constam na rede apenas no período de 2014. Os setores industriais associados ao cluster 3 são fabricação de bebidas, fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis e fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos.

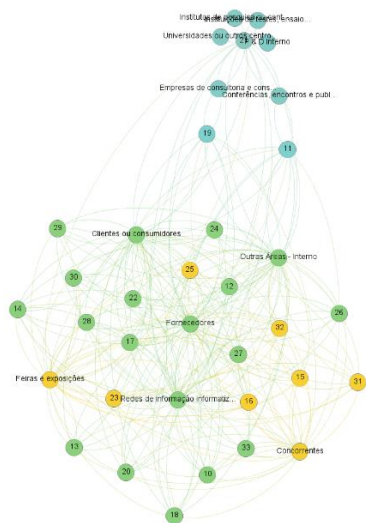
Conforme a Figura 1, no período de 2017, foi verificada uma situação específica. O *cluster* 4 é formado por uma FII e dois setores industriais, a saber: P&D interno, fabricação de produtos químicos e fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos, respectivamente. A forma de aprendizado deste grupo está caracterizada pela pesquisa *in house*, associada à setores com elevado conteúdo tecnológico.

Figura 1  
Algoritmo de modularidade da Rede de fontes de informação para inovar da indústria brasileira para o período de 2008-2017

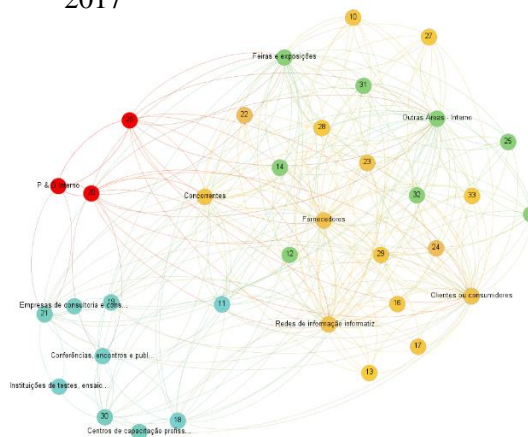




2014



2017



Legenda: Cluster 1 - verde claro; Cluster 2 – Amarelo; Cluster 3 - azul claro; e Cluster 4 – Vermelho.  
 Fonte: Elaboração dos autores.

Os resultados apresentados pelo algoritmo de modularidade permitem a comparação com o padrão de aprendizado esperado pela bibliografia especializada. Para a elaboração do Quadro 6, considerou-se determinada forma de aprendizado como predominante do setor industrial se identificada pelo algoritmo de modularidade em ao menos dois períodos. Além disso, caso o padrão de aprendizado identificado para um setor industrial não contemple determinada forma de aprendizagem exposta por Silva e Suzigan (2014), ele foi considerado em desacordo ou fora do padrão de aprendizado esperado.

Quadro 6

Análise comparativa do padrão setorial de formas de aprendizagem identificadas pelo algoritmo de modularidade para as redes de interação entre setores industrial e fontes de informação para inovar para o período 2008-2017

CNAE	Setor Industrial	OCDE	Formas de Aprendizado identificadas em Silva e Suzigan (2014)	Formas de Aprendizado predominantes identificadas pelo algoritmo de modularidade	Segue Padrão Setorial de Formas de Aprendizagem?
10	Fabricação de produtos alimentícios	Baixa	Imitando, usando e interagindo	Fazendo, usando, interagindo, imitando	sim
11	Fabricação de bebidas	Baixa	Imitando, usando e interagindo	Interagindo	não
12	Fabricação de produtos do fumo	Baixa	Pesquisando, fazendo e interagindo	Fazendo, usando, interagindo	não
13	Fabricação de produtos têxteis	Baixa	Imitando, Fazendo, usando	Fazendo, usando, interagindo	não
14	Confeção de artigos do vestuário e acessórios	Baixa	Usando, Imitando	Fazendo, usando, interagindo	não
15	Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos de viagem e calçados	Baixa	Fazendo, usando	Interagindo	não

Continua...

Quadro 6 – Continuação

CNAE	Setor Industrial	OCDE	Formas de Aprendizado identificadas em Silva e Suzigan (2014)	Formas de Aprendizado predominantes identificadas pelo algoritmo de modularidade	Segue Padrão Setorial de Formas de Aprendizagem?
16	Fabricação de produtos de madeira	Baixa	Usando, Imitando, interagindo	Usando, interagindo, imitando	sim
17	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	Baixa	Fazendo, usando e interagindo	Fazendo, usando, interagindo	sim
18	Impressão e reprodução de gravações	Baixa	Usando, através de transbordamentos	Fazendo, interagindo	não
19	Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis	Média-Baixa	Pesquisando, fazendo e interagindo	Interagindo	não
20	Fabricação de produtos químicos	Média-Alta	Pesquisando, fazendo e interagindo	Fazendo, interagindo	não
21	Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos	Alta	Pesquisando, imitando, fazendo e interagindo	Pesquisando, interagindo	não
22	Fabricação de artigos de borracha e plástico	Média-Baixa	Fazendo, pesquisando	Usando, interagindo	não
23	Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	Média-Baixa	Usando	Usando, interagindo, imitando	sim
24	Metalurgia	Média-Baixa	Usando e fazendo	Usando, interagindo	não
25	Fabricação de produtos de metal	Média-Baixa	Usando, fazendo	Fazendo, interagindo	não
26	Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos	Alta	Pesquisando, fazendo e interagindo	Usando, interagindo	não
27	Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos	Média-Alta	Pesquisando, fazendo e interagindo	Fazendo, usando, interagindo	não
28	Fabricação de máquinas e equipamentos	Média-Alta	Usando, pesquisando, interagindo	Fazendo, usando, interagindo, imitando	não
29	Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias	Média-Alta	Usando, fazendo, pesquisando e interagindo	Fazendo, usando, interagindo, imitando	não
30	Fabricação de outros equipamentos de transporte	Média-Alta	Interagindo, fazendo, pesquisando	Fazendo, usando, interagindo	não
31	Fabricação de móveis	Baixa	Fazendo, usando, através de transbordamentos	Imitando, interagindo	não
32	Fabricação de produtos diversos	Baixa	Fazendo, usando, através de transbordamentos	Usando, interagindo	não
33	Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	Média-Baixa	Fazendo, usando, através de transbordamentos	Fazendo, usando, interagindo	sim

Fonte: Elaboração dos autores, a partir do algoritmo de modularidade e Silva e Suzigan (2014).

O processo de aprendizado no âmbito das empresas, resultante das interações entre conhecimento interno acumulado e o adquirido extramuros, pode propiciar oportunidades tecnológicas relevantes para constituição de vantagens competitivas frente a um ambiente concorrencial dinâmico e em constante transformação (Figueiredo, 2005).

Neste sentido, a interação entre fontes internas e externas pode estimular a renovação tecnológica, além de auxiliar na capacidade de reconhecimento de informações úteis para o desenvolvimento produtivo e inserção de novos produtos, podendo ocupar parcelas relevantes de mercado (Bittencourt; Britto; Giglio, 2016). Considerando o estudo de Silva e Suzigan (2014), em conjunto com o algoritmo de modularidade apresentado no Quadro 6, onde 79% dos setores estudados não apresentaram as tendências de aprendizado esperadas pela literatura, o resultado encontrado reflete a limitação da estrutura produtiva da indústria e do SNI brasileiro para conformação de estratégias sólidas de desenvolvimento produtivo e tecnológico (Bittencourt; Britto; Giglio, 2016; Cassiolato; Lastres, 2019).

Apesar da relativa elevação da complexidade da rede de interação entre setores industriais e FIIs ao longo do período de análise, considerando o padrão setorial de aprendizagem e os indicadores de estrutura das redes, observou-se que a maioria dos setores industriais possuem uma tendência de adoção de formas de aprendizado diferentes ou aquém do esperado pela literatura, revelando que a elevação da complexidade da rede de interação entre setores industriais e FIIs estão limitadas às características existentes do padrão de acumulação tecnológica da indústria. Em boa medida, a acumulação tecnológica da indústria brasileira reside na adoção de tecnologias existentes, característica de países em desenvolvimento (Bell; Pavitt, 1995), onde as capacidades rotineiras e fontes de informações relacionadas às referidas capacidades são pervasivas na indústria.

Embora esta condição inicial de acumulação tecnológica e de aprendizado a partir das atividades rotineiras e de relações tácitas sejam importantes para conformação de conhecimento e habilidade das empresas para o salto tecnológico – cujo comportamento consiste nas adaptações nos processos produtivos e tecnologias existentes e realização de atividades de P&D para novos produtos e processos, além de propiciar um ambiente organizacional favorável a criatividade e capacidade inovativa (Figueiredo, 2005) –, a mesma pode representar uma limitação para o desenvolvimento tecnológico, em relação a sofisticação produtiva.

Assim, os resultados do algoritmo de modularidade evidenciam que as tendências de conexões entre os setores industriais e FIIs são concentradas em formas de aprendizagem que não impulsionam a competitividade setorial, onde setores de média-alta ou alta intensidade tecnológica não buscaram informações da maneira esperada, assemelhando-se a setores de intensidade tecnológica inferior. Para exemplificar a baixa utilização de FIIs mais sofisticadas, observou-se a utilização das universidades e institutos de pesquisa como fonte de aprendizado apenas em 2014. Destaca-se também que o P&D interno foi predominante somente no setor farmacêutico.

#### **4.3 Estatísticas de centralidade dos nós da rede de interação entre setores industriais e FIIs**

Nessa seção será apresentada a discussão das informações das centralidades de grau, intermediação e de autovetor para os nós em termos médios e a visualização sob a ótica de cada centralidade, para capturar os atores mais relevantes nos períodos de análise. De forma a auxiliar no entendimento da visualização nas redes em relação às centralidades, quanto maior for o

tamanho de um determinado nó, mais representativo este será em termos de determinada centralidade. Os nós foram coloridos de acordo com a taxonomia da OCDE.

Conforme as Figuras 2, 3 e 4, verificou-se diferença elevada nas centralidades entre os nós com maior e menor *score* de centralidade, o que indica uma variedade de conexões entre os nós.

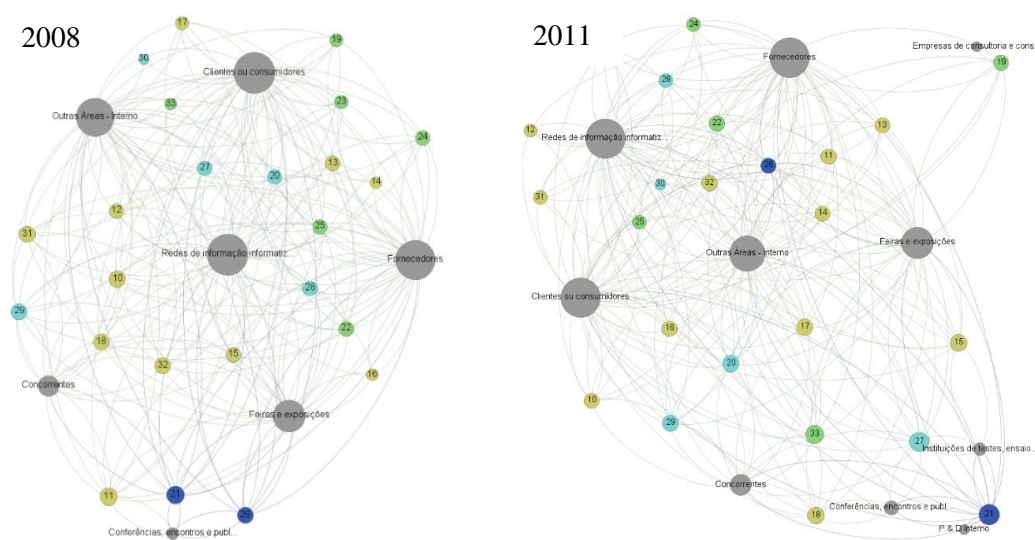
Os setores industriais caracterizados como centrais são: i) Grau - Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos, Fabricação de bebidas, Impressão e reprodução de gravações e Fabricação de produtos químicos; ii) Intermediação - Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos, Fabricação de bebidas, Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis e Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos; e iii) Autovetor - Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos, Fabricação de bebidas, Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos e Fabricação de produtos químicos.

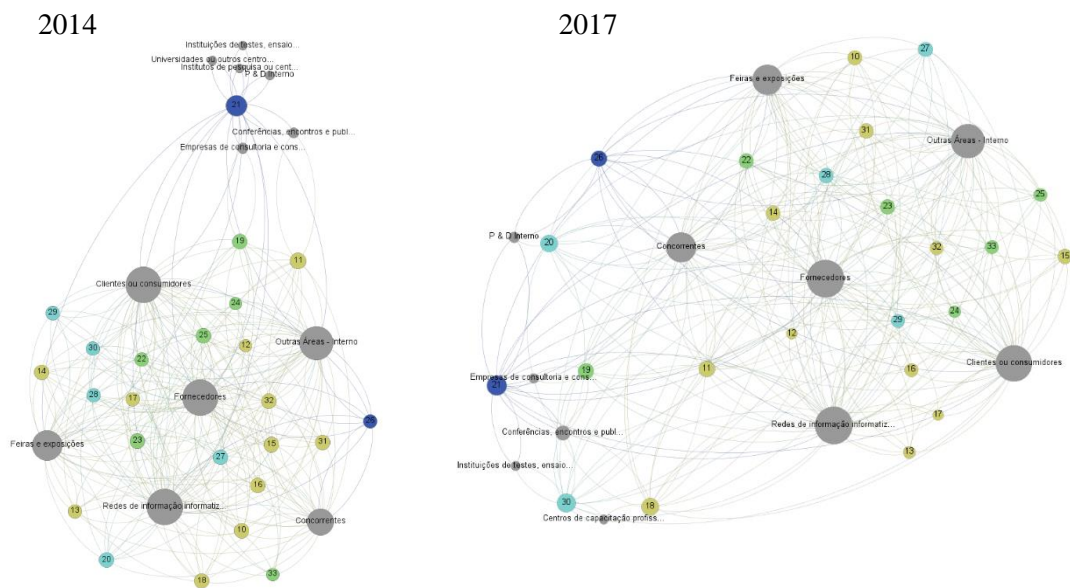
Os setores industriais caracterizados como periféricos na rede são: i) Grau - Fabricação de produtos do fumo, Metalurgia, Fabricação de outros equipamentos de transporte e Fabricação de celulose, papel e produtos de papel; ii) Intermediação - Fabricação de produtos do fumo, Metalurgia, Fabricação de máquinas e equipamentos e Fabricação de produtos de minerais não-metálicos; e iii) Autovetor - Fabricação de produtos do fumo, Metalurgia, Fabricação de outros equipamentos de transporte e Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos.

Em termos de FIIs, foram identificados como centrais nas redes em todas as centralidades: Redes de informação informatizadas, Fornecedores, Clientes ou consumidores e Outras Áreas da empresa. Já as FIIs classificadas como periféricas na rede foram: Outra empresa do grupo, Institutos de pesquisa ou centros tecnológicos, Universidades ou outros centros de ensino superior e Centros de capacitação profissional e assistência técnica. Segue abaixo a apresentação das redes de interação entre setores industriais e FIIs por centralidade nas Figuras 2, 3 e 4.

Figura 2

Rede de fontes de informação para inovar da indústria brasileira para o período de 2008-2017, em relação a centralidade de grau

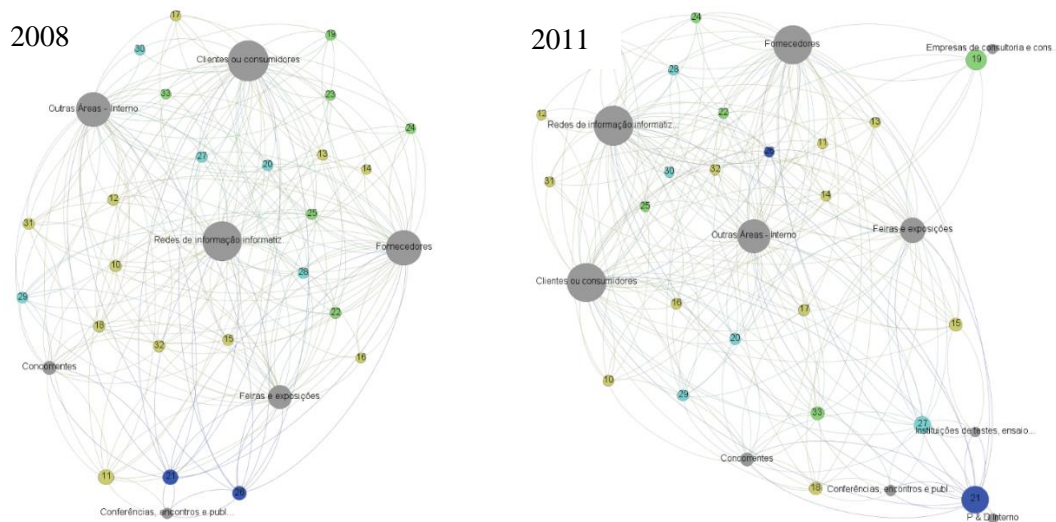




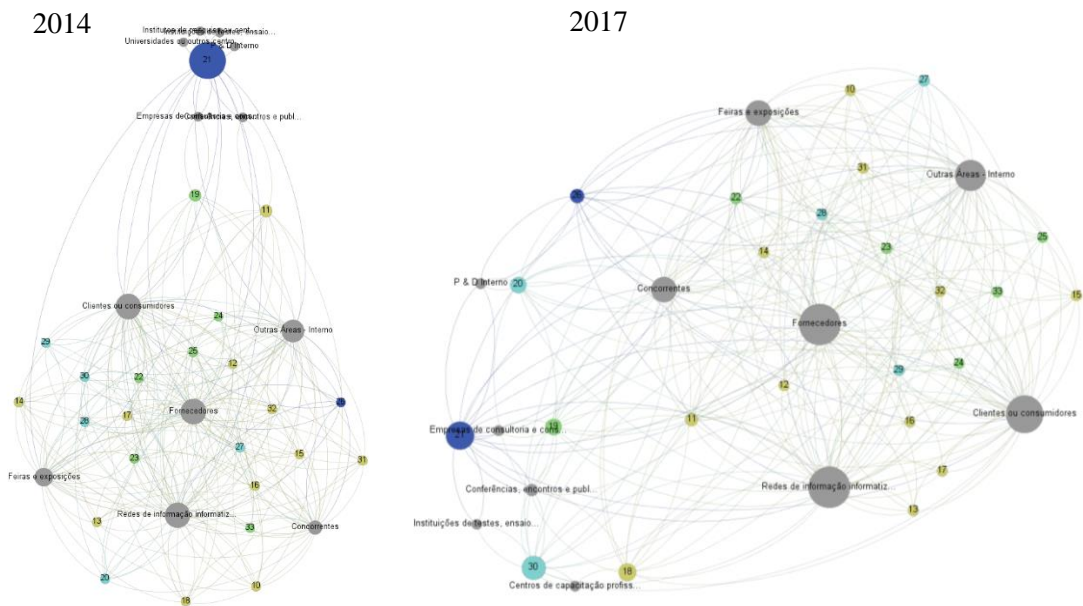
Legenda: Fontes de Informação - cinza; Baixa int. tecnológica – Amarelo; Média-Baixa int. tecnológica - verde claro; Média-Alta int. tecnológica - azul claro; e Alta int. tecnológica – azul escuro.  
 Fonte: Elaboração dos autores.

Figura 3

Rede de fontes de informação para inovar da indústria brasileira para o período de 2008-2017, em relação a centralidade de intermediação

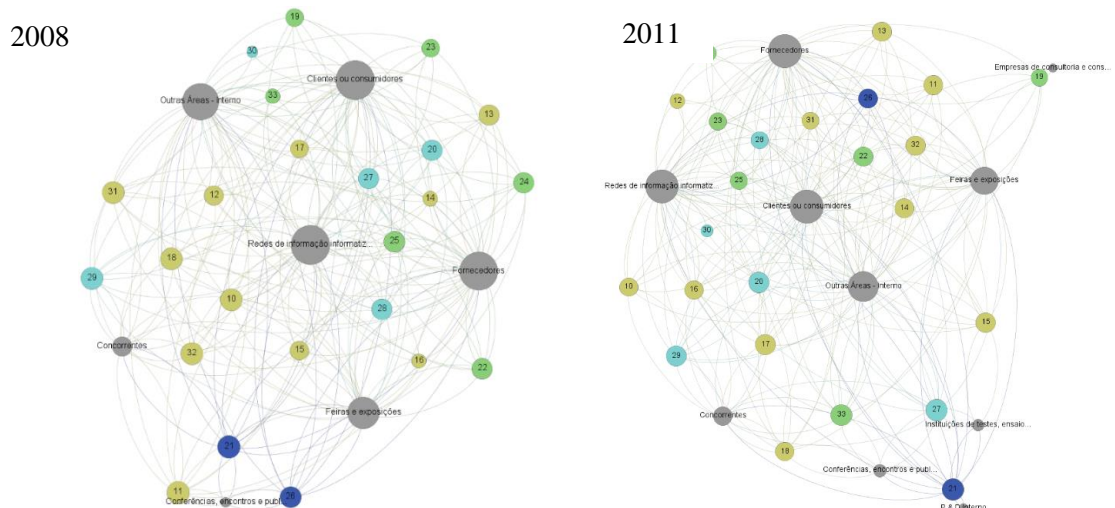




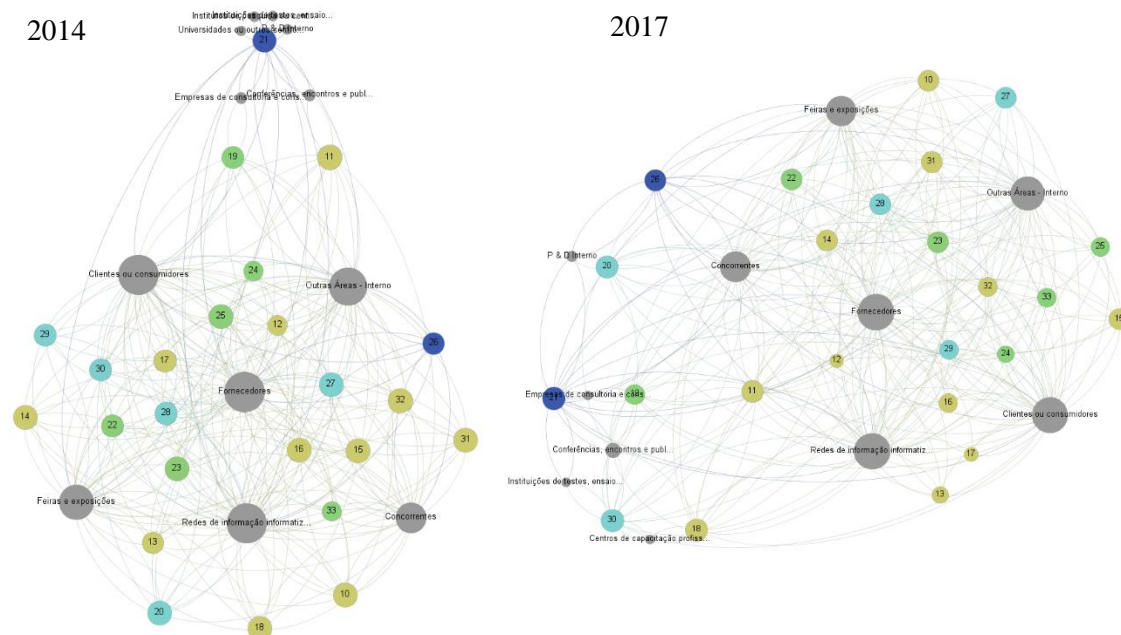


Legenda: Fontes de Informação - cinza; Baixa int. tecnológica – Amarelo; Média-Baixa int. tecnológica - verde claro; Média-Alta int. tecnológica - azul claro; e Alta int. tecnológica – azul escuro.  
 Fonte: Elaboração dos autores.

Figura 4  
 Rede de fontes de informação para inovar da indústria brasileira para o período de 2008-2017, em relação a centralidade de autovetor



Nível de complexidade da busca de fontes de informação para inovação da indústria brasileira a partir da análise de redes sociais



Legenda: Fontes de Informação - cinza; Baixa int. tecnológica – Amarelo; Média-Baixa int. tecnológica - verde claro; Média-Alta int. tecnológica - azul claro; e Alta int. tecnológica – azul escuro.  
 Fonte: Elaboração dos autores.

A partir das informações de centralidade apresentadas pela rede de interação entre setores industriais e FIIs, foram consolidadas na Tabela 3 algumas características relevantes dos setores industriais considerados centrais e periféricos.

Tabela 3  
 Indicadores selecionados para setores centrais e periféricos da rede de informação para inovar da indústria brasileira em 2008-2017

Setores (Taxonomia OCDE/Pavitt)	% part. VTI IT Brasil (2018)	VTI/VBTI (2018)	Tx de Inovação Total (2017)	Tx de Inovação Produto (2017)	Dispêndio em Atividades inovativas em relação à RLV (2017)	Segue padrão setorial de Aprendizagem?
<b>Setores Centrais</b>						
Fabricação de bebidas (Baixa/IE)	3,33%	50,17%	44,20%	26,37%	1,24%	não
Impressão e reprodução de gravações (Baixa/DF)	0,68%	54,96%	31,32%	13,78%	1,56%	não
Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis (Média-Baixa/IE)	18,92%	77,27%	34,71%	22,68%	1,30%	não
Fabricação de produtos químicos (Média-Alta/IE)	8,26%	32,44%	45,94%	38,44%	2,07%	não
Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos (Alta/BC)	2,67%	56,41%	40,60%	32,11%	3,63%	não
Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos (Média-Alta/DTP)	2,43%	38,63%	37,55%	25,91%	1,95%	não
<b>Média Setores Centrais</b>	<b>36,29%</b>	<b>51,65%</b>	<b>39,05%</b>	<b>26,55%</b>	<b>1,96%</b>	-

Continua...

Tabela 3 – Continuação

Setores (Taxonomia OCDE/Pavitt)	% part. VTI IT Brasil (2018)	VTI/VBTI (2018)	Tx de Inovação Total (2017)	Tx de Inovação Produto (2017)	Dispêndio em Atividades inovativas em relação à RLV (2017)	Segue padrão setorial de Aprendizagem?
Setores Periféricos						
Fabricação de produtos do fumo (Baixa/IE)	0,50%	44,72%	30,77%	7,69%	1,31%	não
Fabricação de celulose, papel e produtos de papel (Baixa/DF)	4,41%	49,74%	37,67%	13,97%	1,44%	sim
Fabricação de produtos de minerais não-metálicos (Média-Baixa/IE)	2,85%	44,58%	29,09%	13,89%	1,55%	sim
Metalurgia (Média-Baixa/IE)	6,66%	35,65%	32,56%	10,81%	0,86%	não
Fabricação de máquinas e equipamentos (Média-Alta/DTP)	3,96%	41,28%	39,24%	27,17%	1,66%	não
Fabricação de outros equipamentos de transporte (Média-Alta/IE)	1,34%	40,92%	53,33%	39,44%	8,32%	não
Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos (Média-Baixa/DTP)	1,42%	55,37%	32,63%	16,01%	1,39%	sim
Média Setores Periféricos	21,15%	44,61%	36,47%	18,43%	2,36%	-
Média Industria de Transformação Brasil	100,00%	42,01%	34,32%	20,98%	1,69%	-

Fonte: Elaboração própria a partir de Pesquisa Industrial Anual 2018 (2020) e PINTEC 2017 (2020).

Notas: a) VTI IT – Valor da transformação industrial da indústria de transformação; b) VTI/VBTI – Razão entre Valor da transformação industrial e Valor bruto da transformação industrial, como indicador de adensamento produtivo; e c) RLV – Receita líquida de vendas.

De acordo com a Tabela 3, os setores centrais na rede elaborada representam, em média, 36,29% do valor da transformação industrial da indústria de transformação (VTI) brasileiro em 2018, contra 21,15% dos periféricos. No que diz respeito à performance inovativa, a proporção de empresas que inovaram em produto ou processo dos seguimentos indicados é maior do que média nacional, com o resultado para os setores centrais ligeiramente superior aos periféricos. Relacionado com a inovação em produto, verificou-se que os setores centrais se situam acima da média nacional, ao passo que os periféricos se situam abaixo.

Em termos de esforço inovativo, ambos os segmentos se situam acima da média nacional, entretanto, o segmento periférico possui uma média superior ao central. Este fato se deve ao setor de Fabricação de outros equipamentos de transporte possuir um valor cinco vezes maior do que a média nacional, sendo o único acima da média nacional neste aspecto, influenciando no valor final. Por outro lado, cabe salientar que metade dos setores centrais possuem o indicador de esforço inovativo superior à média nacional. Em relação ao padrão setorial de aprendizagem verificado na seção 3.2, verifica-se que apenas setores industriais periféricos seguem as formas de aprendizagem esperadas pela bibliografia.

Mediante os dados apresentados pela Tabela 3, destaca-se o comportamento do setor de Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis que é central em termos de intermediação. Mesmo que o setor não tenha a mesma atividade relacional se comparado com os demais setores industriais, o segmento de petróleo e gás é uma ponte importante para a conexão e capacidade de transmissão de informações relevantes entre os nós da



rede. Este resultado evidencia a importância da cadeia produtiva relacionada ao petróleo para o desenvolvimento industrial brasileiro, se observarmos que este segmento representa 18,92% do VTI da indústria de transformação e possui o maior grau de adensamento produtivo da indústria de transformação.

Considerado central, o setor de fabricação de bebidas apresenta uma significativa atividade relacional, apresentando indicadores de adensamento produtivo próximo à média nacional, performance inovativa em termos de produto e processo superior à média nacional e menor dispêndio inovativo como proporção de Receita Líquida de Vendas (RLV) entre os setores centrais. Segundo Raimundo, Batalha e Torkomian (2017), este segmento industrial, em conjunto com a indústria alimentícia, possui relevância social e econômica na economia brasileira e são caracterizados como um segmento que realiza aprimoramentos em seus produtos e prioritariamente em seus processos, como forma de se estabelecer competitivamente. Este setor apresenta potencial de desenvolvimento tecnológico, tendo em vista que elementos de elevado grau de conhecimento científico e tecnológico tem sido incorporado como forma de delinear estratégias competitivas e atender às necessidades dos consumidores quanto à segurança alimentar e questões ligadas à saúde (Raimundo; Batalha; Torkomian, 2017).

O setor de fabricação de produtos farmacêuticos e farmoquímicos foi identificado como central em todas as centralidades utilizadas. Esta característica revela o padrão diferenciado de sua dinâmica produtiva e capacidade inovativa em comparação com os demais setores industriais (Silva; Suzigan, 2014), onde o dispêndio inovativo como proporção de RLV é duas vezes superior à média nacional, porém, se comparado com os pares internacionais, os esforços são inferiores (Vargas et al., 2013; Leão; Giesteira, 2020).

O setor de fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos é central em termos de intermediação e autovetor, evidenciando a capacidade de intermediar informações e de se conectar com agentes relevantes da rede. Este setor apresenta grau de adensamento produtivo inferior à média nacional, performance inovativa superior à média nacional e esforço inovativo próximo a média da indústria de transformação. Este segmento é relevante para a indústria, tendo em vista que a produção tem encadeamento com o setor elétrico, com a fabricação de eletrodomésticos, além de fabricar motores elétricos que serão utilizados nas ferrovias, bem como insumos para o setor de máquinas e equipamentos.

Neste sentido, chama atenção o comportamento descrito pelas centralidades do setor de Fabricação de máquinas e equipamentos e Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores, classificados como de média-alta intensidade tecnológica, sendo conhecidos como difusores de progresso técnico e intensivo em escala (Bell; Pavitt, 1995), que estão em uma situação periférica na rede, mesmo apresentando performance inovativa superior à média nacional. Tais setores deveriam apresentar uma dinâmica diferenciada na busca de informações para inovar, dada a sua elevada capacidade de espraiamento tecnológico e produtivo para os demais setores industriais e segmentos do setor de serviços intensivos em capital, como *utilities*, setor de mineração, setores ligados ao agronegócio e construção civil.

O estudo das FIIs indica as formas de aprendizagem que predominam nas organizações. Além disso, a combinação de diversas FIIs, que são utilizadas para subsidiar a estruturação de projetos inovativos, que revelam o alcance da conformação de vantagens competitivas das empresas. Para setores industriais, estratégias de crescimento sustentadas pela capacidade

inovativa são exitosas, tendo em vista que a competitividade entre empresas industriais é determinada por condições tecnológicas (UNIDO, 2018; Fagerberg; Srholec; Knell, 2007).

De acordo com o Quadro 7, as formas de aprendizagem consideradas centrais nas redes construídas são aquelas onde os setores aprendem fazendo, usando e interagindo. A persistência das FIIs listadas como mais relevantes para a rede ao longo do período de análise evidencia um padrão de concentração de formas de aprendizagem pelas organizações, além de denotar a ubiquidade das referidas FIIs sobre o tecido industrial brasileiro.

Quadro 7  
Formas de aprendizagem associadas às Fontes de Informação para Inovar (FIIs) centrais e periféricas

Tipo de FII	FII	Forma de aprendizagem associada à FII
Central	Redes de informação informatizadas Fornecedores Clientes ou consumidores Outras áreas da empresa	Usando Usando Interagindo fazendo
Periférico	Centros de capacitação profissional e assistência técnica Universidades ou outros centros de ensino superior Institutos de pesquisa ou centros tecnológicos Outra empresa do grupo	Interagindo Interagindo Interagindo Interagindo

Fonte: Elaboração dos autores a partir de Silva e Suzigan (2014).

A análise do Quadro 7, em conjunto com o algoritmo de modularidade, apresenta o aspecto incremental da construção de capacitações e habilidades em busca do novo, onde muitas das vezes setores industriais classificados como média ou alta intensidade tecnológica se comportam de maneira semelhante aos de baixa, pois o conhecimento tácito se torna mais proeminente que o codificado para estes segmentos, o que limita as formas de desenvolvimento de novas tecnologias e elevação da capacidade competitiva no mercado internacional (Bittencourt; Britto; Giglio, 2016).

As formas de aprendizado associadas às FIIs consideradas periféricas são aquelas que os setores industriais aprendem interagindo, onde os intercâmbios com universidades e institutos de pesquisa denotam a interação com conhecimento codificado. Segundo Jensen et al. (2007), o aprendizado com elevado grau de complexidade de codificação oferece as organizações maiores possibilidades de desenvolvimento de produtos que agregam competitividade aos setores industriais no comércio internacional. Este tipo de interação é relevante em auxiliar e influenciar na geração de novas capacitações para as organizações, em busca de soluções relevantes para sociedade, propiciando ganhos sociais de bem-estar (D’este; Patel, 2007; Segarra-Blasco; Arauzo-Carod, 2008; Del-Vecchio; Britto; Oliveira, 2014; Dos Santos; Benneworth, 2019). O que se verifica com os resultados apresentados é que setores industriais que deveriam possuir como padrão de aprendizado estabelecer conexões com as referidas FIIs não o fazem, ou seja, os segmentos de média-alta e alta intensidade tecnológica não possuem as universidades e institutos de pesquisa, por exemplo, como fontes relevantes para conformação de projetos inovadores e vantagens competitivas.

De forma geral, a rede de interação entre setores industriais e FIIs ao longo do tempo tem se tornado, na média, relativamente mais complexa, isto é, com maior diversidade de conexões. Entretanto, ao verificar os níveis de agrupamentos dos nós da referida rede a partir da análise de

modularidade, constatou-se que 79% dos setores industriais não seguem o padrão de aprendizado setorial reportado pela bibliografia e os que seguem estão associados a setores de baixa intensidade tecnológica.

Na análise no nível dos nós, as medidas de centralidade indicaram setores industriais e FIIs centrais e periféricos, evidenciando que mesmo os setores industriais considerados centrais - os quais apresentaram elevada participação do valor da transformação industrial, elevado grau de adensamento produtivo e performance inovativa superior ao verificado nos setores considerados periféricos - não seguem integralmente as formas de aprendizagem esperadas pela bibliografia especializada, demandando as mesmas FIIs que os demais setores industriais analisados. Ainda foi notado que as FIIs consideradas centrais na rede estão associadas às formas de aprendizado relacionados com o conhecimento tácito, enquanto as periféricas estão associadas ao codificado, fazendo com que os setores industriais tenham baixa capacidade competitiva e inovativa frente ao ambiente hostil de competição internacional.

## **5 Considerações finais**

O objetivo do artigo foi verificar a evolução do nível de complexidade da busca de FIIs pelos setores industriais da IT brasileira, utilizando como método a ARS, estabelecendo uma rede de interação entre setores industriais e FIIs identificando formas de aprendizagem relevantes e setores industriais mais propensos na busca por informações para aprimorar a sua vantagem competitiva. Também foi verificada a existência de concentração em determinados setores industriais e formas de aprendizagem, o que pode ser um fator limitador para o desenvolvimento tecnológico, a depender do padrão setorial de aprendizagem esperado.

Foram utilizados os dados das empresas que implementaram inovações, com a consideração do grau de importância listada pela PINTEC para os períodos de 2008 a 2017. Foi adotada como metodologia para a construção da rede de interação entre setores industriais e FIIs uma relação binária, considerando se a maioria das empresas avaliam determinada informação como relevante para o processo inovativo.

Em termos de estrutura, verificou-se que a rede de interação entre setores industriais e FIIs ao longo do tempo tem se tornado, na média, relativamente mais complexa, isto é, com maior diversidade de conexões. Entretanto, ao verificar os níveis de agrupamentos dos nós da referida rede a partir da análise de modularidade, constatou-se que 79% dos setores industriais não seguem o padrão de aprendizado setorial reportado pela bibliografia e os que seguem estão associados a setores de baixa intensidade tecnológica.

As medidas de centralidade evidenciaram que mesmo os setores industriais considerados centrais não seguem integralmente as formas de aprendizagem esperadas pela bibliografia especializada, demandando as mesmas FIIs que os demais setores industriais. Além disso, as FIIs consideradas centrais na rede estão associadas às formas de aprendizado relacionadas com o conhecimento tácito, enquanto as periféricas estão associadas ao conhecimento codificado, indicando uma limitação dos setores industriais no processo de acumulação tecnológica, fazendo com que tenham baixa capacidade competitiva e inovativa.

Ainda em termos de FII, este estudo mostra a baixa relevância das universidades e dos institutos de pesquisa para implementação das inovações pela indústria, evidenciando a fragilidade do Sistema Nacional de Inovação, bem como a baixa capacidade de aprendizado e acumulação tecnológica. Tal fato denota a importância da promoção de políticas públicas que

promovam a integração do conhecimento científico com o setor produtivo, fazendo com que a relação sinérgica entre as empresas e a comunidade científica propicie uma janela de oportunidades de desenvolvimento produtivo e elevação da competitividade internacional da indústria.

Ademais, é pertinente a construção de políticas setoriais orientadas para incentivar o processo de aprendizado dos setores industriais de acordo com o esperado para a literatura especializada, de forma que os segmentos industriais possam acumular conhecimentos para alimentar a musculatura produtiva, de forma a sustentar e elevar a capacidade competitiva dos setores industriais, frente aos desafios impostos pelo comércio internacional

Embora existam limitações no método utilizado, sobretudo em relação à construção de redes estáticas, isto é, cálculo da rede para cada período e em relação à restrição na amplitude dos segmentos industriais para estudo, conforme apresentado na seção metodológica, os resultados propiciam uma oportunidade de novas investigações sobre o tema, como a relação entre as fontes de informações para inovar e o estabelecimento de cooperação e parcerias em um período mais longo e com uma maior segregação setorial. Além disso, os novos estudos na área podem incorporar a utilização de redes dinâmicas para ampliar o escopo de análise.

### Referências bibliográficas

- AMARA, N.; LANDRY, R. Sources of information as determinants of novelty of innovation in manufacturing firms: evidence from the 1999 statistics Canada innovation survey. *Technovation*, v. 25, n. 3, p. 245-259, 2005.
- BELL, M.; PAVITT, K. The development of technological capabilities. *Trade, Technology and International Competitiveness*, v. 22, n. 4831, p. 69-101, 1995.
- BERGEK, A. et al. Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: a scheme of analysis. *Research Policy*, v. 37, n. 3, p. 407-429, 2008.
- BITTENCOURT, P. F. Padrões setoriais de aprendizagem da indústria brasileira: uma análise exploratória. *Revista Brasileira de Inovação*, v. 11, n. 1, p. 37-68, 2012.
- BITTENCOURT, P. F.; BRITTO, J. N. P.; GIGLIO, R. Formas de aprendizagem e graus de inovação de produto no Brasil: uma análise exploratória dos padrões setoriais de aprendizagem. *Nova Economia*, v. 26, n. 1, 2016.
- BLALOCK, G.; GERTLER, P. J. Learning from exporting revisited in a less developed setting. *Journal of Development Economics*, v. 75, n. 2, p. 397-416, 2004.
- BORGATTI, Stephen P. Centrality and network flow. *Social Networks*, v. 27, n. 1, p. 55-71, 2005.
- BORGATTI, Stephen P.; EVERETT, Martin G.; JOHNSON, Jeffrey C. *Analyzing social networks*. Sage, 2018.
- CAMPOS, B.; RUIZ, A. U. Padrões setoriais de inovação na indústria brasileira. *Revista Brasileira de Inovação*, v. 8, n. 1, p. 167-210, 2009.
- CASSIOLATO, J. E.; LASTRES, H. M. M. *The Brazilian National System of Innovation: its evolution and dynamics at the end of the second decade of the millenium*. RedeSist Desenvolvimento, Inovação e Território, 2019. (Texto para Discussão, n. 04).

- COHEN, W. M.; LEVINTHAL, D. A. Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, v. 35, n. 1, p. 128-152, 1990.
- D'ESTE, P.; PATEL, P. University–industry linkages in the UK: What are the factors underlying the variety of interactions with industry? *Research Policy*, v. 36, n. 9, p. 1295-1313, 2007.
- DE NEGRI, F. et al. *Redução drástica na inovação e no investimento em P&D no Brasil: o que dizem os indicadores da pesquisa de inovação 2017*. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada–IPEA, 2020. (Nota Técnica Diset, n. 60).
- DEL-VECCHIO, R. R.; BRITTO, J.; DE OLIVEIRA, B. F. Patterns of university-industry interactions in Brazil: an exploratory analysis using the instrumental of graph theory. *Quality & Quantity*, v. 48, n. 4, p. 1867-1892, 2014.
- DOS SANTOS, E. F.; BENNEWORTH, P. Interação Universidade-Empresa: características identificadas na literatura e a colaboração regional da Universidade de Twente. *Revista de Administração, Sociedade e Inovação*, v. 5, n. 2, p. 115-143, 2019.
- DOSI, G. et al. Evolutionary regimes and industrial dynamics. In: EVOLUTIONARY and neo-Schumpeterian approaches to economics. Dordrecht: Springer, 1994. p. 203-229.
- DOSI, Giovanni et al. *Technical change and economic theory*. Pisa, Italy: Laboratory of Economics and Management (LEM), Sant'Anna School of Advanced Studies, 1988.
- EDQUIST, C. et al. *The Oxford handbook of innovation*. Systems of innovation: Perspectives and challenges, 2005. p. 181-208.
- EDQUIST, C.; LUNDVALL, B. A. Comparing the Danish and Swedish systems of innovation. *National innovation systems: A comparative analysis*, p. 265-298, 1993.
- FAGERBERG, J.; SRHOLEC, M.; KNELL, M. The competitiveness of nations: Why some countries prosper while others fall behind. *World development*, v. 35, n. 10, p. 1595-1620, 2007.
- FIGUEIREDO, P. N. Acumulação tecnológica e inovação industrial: conceitos, mensuração e evidências no Brasil. *São Paulo em Perspectiva*, v. 19, n. 1, p. 54-69, 2005.
- FREEMAN, C. The 'National System of Innovation' in historical perspective. *Cambridge Journal of economics*, v. 19, n. 1, p. 5-24, 1995.
- FREEMAN, Linton C. Centrality in social networks conceptual clarification. *Social Networks*, v. 1, n. 3, p. 215-239, 1978.
- GÓMEZ, J.; SALAZAR, I.; VARGAS, P. Sources of information as determinants of product and process innovation. *PLoS one*, v. 11, n. 4, p. e0152743, 2016.
- GONÇALVES, E.; SIMÕES, R. Padrões de esforço tecnológico da indústria brasileira: uma análise setorial a partir de técnicas multivariadas. *Economia*, Brasília, DF, v. 6, n. 2, p. 391-433, 2005.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 30 jun. 2020.
- INSTITUTO DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (IEDI). *Crise e inovação no Brasil*. 2020. Disponível em: [https://iedi.org.br/cartas/carta\\_iedi\\_n\\_1010.html](https://iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_1010.html). Acesso em: 27 jun. 2020.

- JENSEN, M. B. et al. Forms of knowledge and modes of innovation. *Research Policy*, v. 36, p. 680-693, 2007.
- JOHNSON, B. H.; LUNDEVALL, B. A. Promovendo sistemas de inovação como resposta à economia do aprendizado crescentemente globalizada. In: CONHECIMENTO, sistemas de inovação e desenvolvimento. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 2005. p. 83-130.
- KLEINBERG, J. M. Authoritative sources in a hyperlinked environment. *Journal of the ACM (JACM)*, v. 46, n. 5, p. 604-632, 1999.
- LAZONICK, W. The innovative firm. In: FAGERBERG J.; MOWERY D. C.; NELSON R. R. (Ed.). *The Oxford handbook of innovation*. Oxford: Oxford University Press, 2005. p. 29-55.
- LEÃO, R.; GIESTEIRA, L. F. *O complexo industrial da saúde na Pintec 2017*. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada-IPEA, 2020. (Nota Técnica Diset, n. 62).
- LUNDEVALL, B.; JOHNSON, B. The learning economy. *Journal of Industry Studies*, v. 1, n. 2, p. 23-42, 1994.
- MALERBA, F. Learning by firms and incremental technical change. *The Economic Journal*, v. 102, n. 413, p. 845-859, 1992.
- MALERBA, F. Sectoral systems of innovation and production. *Research Policy*, v. 31, n. 2, p. 247-264, 2002.
- MALERBA, F. Sectoral systems of innovation: a framework for linking innovation to the knowledge base, structure and dynamics of sectors. *Economics of Innovation and New Technology*, v. 14, n. 1-2, p. 63-82, 2005.
- MALERBA, F.; ORSENIGO, L. Technological regimes and sectoral patterns of innovative activities. *Industrial and Corporate Change*, v. 6, n. 1, p. 83-118, 1997.
- MAMEDE, M. et al. Sistema nacional de inovação: uma análise dos sistemas na Alemanha e no Brasil. *Navus-Revista de Gestão e Tecnologia*, v. 6, n. 4, p. 6-25, 2016.
- MARKARD, J.; HEKKERT, M.; JACOBSSON, S. The technological innovation systems framework: Response to six criticisms. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, v. 16, p. 76-86, 2015.
- NELSON, R.; KIM, L. *Tecnologia, aprendizado e inovação: as experiências das economias de industrialização recente*. Campinas, SP: Editora da Unicamp. 2006.
- NELSON, R.; WINTER, S. *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge, Mass, 1982.
- NIEMINEN, Juhani. On the centrality in a graph. *Scandinavian Journal of Psychology*, v. 15, n. 1, p. 332-336, 1974.
- ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). *Technology intensity definition: classification of manufacturing industries into categories based on R&D Intensities*. Paris: OECD. Economic Analysis and Statistics Division, 2011.
- PAVITT, K. Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. *Technology, Management and Systems of Innovation*, p. 15-45, 1984.

RAIMUNDO, L. M. B.; BATALHA, M. O.; TORKOMIAN, A. L. V. Dinâmica tecnológica da Indústria Brasileira de Alimentos e Bebidas (2000-2011). *Gestão & Produção*, v. 24, n. 2, p. 423-436, 2017.

SALOMON, R. M.; SHAVER, J. M. Learning by exporting: new insights from examining firm innovation. *Journal of Economics & Management Strategy*, v. 14, n. 2, p. 431-460, 2005.

SEGARRA-BLASCO, A.; ARAUZO-CAROD, J. Sources of innovation and industry–university interaction: Evidence from Spanish firms. *Research Policy*, v. 37, n. 8, p. 1283-1295, 2008.

SILVA, C. F.; SUZIGAN, W. Padrões setoriais de inovação da indústria de transformação brasileira. *Estudos Econômicos*, São Paulo, v. 44, n. 2, p. 277-321, 2014.

TEECE, D. J. As aptidões das empresas e o desenvolvimento econômico: implicações para as economias de industrialização recente. In: TECNOLOGIA, aprendizado e inovação: as experiências das economias de industrialização recente. Campinas: Editora da Unicamp, 2006.

TEECE, D. J.; PISANO, G.; SHUEN, A. Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, v. 18, n. 7, p. 509-533, 1997.

UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION (UNIDO). *Competitive Industrial Performance Report*, 2018.

VARGAS, M. A.; GADELHA, C. A. G.; MALDONADO, J.; COSTA, L. S.; QUENTAL, C. Indústrias de base química e biotecnológica voltadas para a saúde no Brasil: panorama atual e perspectivas para 2030. In FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. *A saúde no Brasil em 2030 – prospecção estratégica do sistema de saúde brasileiro: desenvolvimento produtivo e complexo da saúde*. Rio de Janeiro: Fiocruz/Ipea/Ministério da Saúde/Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, 2013. v. 5, p. 31-78.