

VI ENEI Encontro Nacional de Economia Industrial

Indústria e pesquisa para inovação: novos desafios ao desenvolvimento sustentável

30 de maio a 3 de junho 2022

Biotecnologia e Inovações Radicais: o Brasil entre 2009 e 2017

Pedro Penalva Saia*;
Eduardo Strachman**;

Resumo: o estudo tem como objetivo associar a atividade biotecnológica via Pesquisa e Desenvolvimento com inovações radicais no Brasil, utilizando dados da Pesquisa de Inovação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (PINTEC – IBGE), entre 2009 e 2017. Os resultados mostram que o Brasil pouco inova a nível mundial, porém, existe uma correlação positiva entre a porcentagem de empresas inovadoras (P&D), em produtos e processos, que realizam atividades biotecnológicas e a porcentagem de empresas que inovam em nível mundial, entre os setores e atividades da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE). Tal correlação é atestada por um modelo de regressão linear simples entre as porcentagens em cada setor/atividade, porém, os dados indicam que a associação vem perdendo força ao longo da década. Também serão discutidos aspectos relacionados ao conceito de inovação, ao processo inovativo e à biotecnologia.

Palavras-chave: Biotecnologia; Inovação; Brasil; Processo Inovativo

Código JEL: O31

Área Temática: Inovação, competências e competitividade

Biotechnology and Radical Innovations: Brazil between 2009 and 2017

Abstract: this article aims to associate the biotechnology activity through Research and Development with radical innovations in Brazil. The data is from the Survey of Innovation (PINTEC), carried out by the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), between the years 2009 and 2017. The results show that Brazilian companies innovate little with a degree of world novelty, however, there seems to be a correlation between sectors/activities that have more companies which innovates (R&D) - in products and processes - and carry out biotechnological activities and sectors/activities that have more companies which innovate with a degree of world novelty. This correlation is shown through a simple linear regression model, using the percentage of companies in each sector/activity, but the data also show that this association had weakened over the decade. Topics related to innovation, the innovative process and biotechnology will also be discussed.

Keywords: Biotechnology; Innovation; Brazil; Innovative Process

*Doutorando em Economia no IE/UNICAMP. E-mail: p229451@dac.unicamp.br

**Prof. Dr. do Departamento de Economia da UNESP. E-mail: eduardo.strachman@gmail.com

Introdução

A chamada biotecnologia compõe-se de atividades relativamente recentes, mas cercada de dúvidas, dilemas e desafios. Ela caracteriza-se como “atividade” devido a seu caráter transversal: a atividade biotecnológica está presente em diversas cadeias de produção, processos industriais de diferentes setores e áreas da indústria. As dúvidas e dilemas sobre esse ramo emergente vão desde sua definição, até questões éticas, quanto ao uso de agentes biológicos em processos produtivos.

De qualquer forma, a atividade contém alta relação com o processo inovativo, dado que atividades biotecnológicas ainda estão em fase de descobrimento e desenvolvimento, além de em constante mudança, não existindo ainda um modelo suficientemente consolidado de uso dos agentes biológicos acoplados à capacidade tecnológica das economias industriais. Ademais, a biotecnologia compõe-se de atividades com conexões com vários avanços científicos, os quais propiciam inúmeras oportunidades econômicas, mais do que em quase todas outras atividades econômicas, com a exceção das agrupadas sob o nome de Tecnologias de Informática e Comunicação (TICs – Dosi, 1988; Marsilli, 2001).

Assim, mesmo que diversas economias industrializadas consigam internalizar o uso de vários agentes biotecnológicos e obter sucesso em inúmeras áreas, qualquer descoberta científica nova sobre determinado agente biotecnológico, sua funcionalidade ou composição química, tem o poder de alterar completamente trajetórias científicas e tecnológicas, mecanismos de busca e seleção e mesmo gerar novos paradigmas (Nelson; Winter, 1974; 1977; 1982; Dosi, 1988).

O presente artigo tem como objetivo precípua analisar a relação entre os vários setores – na verdade, segmentos de setores – que inovam através da biotecnologia e as inovações de caráter mais “radical”, isto é, inovações importantes com grau de novidade mundial. Para isso, são utilizados dados da PINTEC – IBGE (Pesquisa de Inovação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), entre 2009 e 2017. Primeiramente, apresentamos a situação das inovações brasileiras em nível mundial (em produtos e serviços), entre os segmentos de setores e atividades (CNAE), assim como as inovações, a partir de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), de empresas que realizaram atividades em biotecnologia. Em seguida, verificamos a hipótese de que setores com maior porcentagem de empresas inovadoras (via P&D), que realizaram atividades biotecnológicas, também são, em média, aqueles que mais inovam em nível mundial, a partir de uma regressão linear. Os resultados mostram que, na maioria dos cenários, a correlação existe e, embora tenha perdido força, ao longo da década.

O artigo apresenta a seguinte estrutura: a primeira seção trata das definições de biotecnologia e inovação. A segunda dedica-se ao entendimento teórico do processo inovativo, em geral, e de que forma o processo biotecnológico de inovação vem formando um arranjo institucional inovativo para este tipo de atividade. A terceira analisa os dados da PINTEC-IBGE e a relação entre os setores que inovam através da biotecnologia e inovações de caráter “radical”. Por fim, a quarta seção conclui o artigo, resumindo os principais pontos expostos e investigados no artigo.

1. Definições: Biotecnologia e Inovação

A biotecnologia tem como uma de suas definições possíveis ser uma área científica interdisciplinar, a qual tem como principal objetivo desenvolver processos e produtos utilizando agentes biológicos (UNIFESP, 2012). Por ser uma área de tecnologia avançada, encontra-se sempre perto da fronteira do conhecimento, juntamente com o capital necessário que viabiliza os meios industriais modernos, inovadores e em forte expansão, capazes de tornar o seu desenvolvimento viável.

Porém, o grande número de conhecimentos científicos e tecnológicos envolvidos nesta atividade faz com que seja necessário definir, em termos gerais, dois grupos dentro dela: a biotecnologia clássica e a biotecnologia moderna. A primeira é caracterizada pelo uso de agentes biológicos, na sua forma natural ou modificados por meio de melhoramentos genéticos, como, por exemplo, o uso de leveduras

para a produção de vinhos e pães. O corpo da biotecnologia clássica é baseado na indústria química (produção de produtos químicos orgânicos) e na indústria de alimentos e bebidas, juntamente com a principal tecnologia empregada nesse meio: a fermentação. Neste caso, as inovações de processos são mais simples e desenvolvidas internamente, visando apenas maior eficiência da produção e redução de custos (Silveira et. al, 2005).

Já a segunda se caracteriza pela utilização de organismos vivos modificados geneticamente – por meio de engenharia genética ou tecnologia do DNA recombinante – processo que permite cortar e unir quimicamente o DNA e, assim, transferir genes entre espécies, criando novas formas de vida. O corpo da biotecnologia moderna se destaca por uma grande dependência da pesquisa básica e do processo cumulativo de conhecimento e interações entre diversas áreas, visando à inovação de produtos (Silveira et. al, 2005).

Inovações, por sua vez, são definidas tradicionalmente como algo novo ou notoriamente otimizado, sendo estes os únicos dois pré-requisitos (um ou outro), para alguma inovação (produto, processo, organização, *marketing*, etc.) ser definida como tal (OCDE, 2005). Contudo, visando uma análise mais detalhada, é importante fracionar esta definição em quatro tipos de inovações diferentes: inovações de produto, processo, *marketing* e organizacional.

A primeira é caracterizada pela introdução de um bem ou serviço (novo ou notoriamente otimizado), com características inovadoras em sua composição final, como um produto final novo, por exemplo. A segunda é definida como a implementação de características inovadoras no processo de produção ou de entrega, tendo como principais fins a redução do custo unitário do bem final e/ou a melhora na qualidade do produto final. A terceira caracteriza a introdução de métodos de *marketing* que levem a significantes mudanças no *design*, empacotamento, promoção ou preços de um produto final – neste sentido, as inovações de *marketing* visam um melhor direcionamento às necessidades do consumidor, abrindo novos mercados e aumentando as vendas da empresa inovadora. Por fim, o quarto tipo de inovação, a implementação de um novo método organizacional, refere-se à introdução de novas práticas de negócios, de organização do ambiente de trabalho ou de relações externas. O principal objetivo deste tipo de inovação é reduzir custos e alavancar vendas, melhorando a eficiência administrativa, por exemplo, pela melhoria das relações de trabalho (OCDE, 2005).

2. O Processo Inovativo

Embora as palavras “introdução”, “implementação” e “novo” sejam frequentemente usadas no esforço de definir inovações, a ideia de que a inovação se dá a partir de um evento isolado (“introduzido”, “implementado”) é equivocada. Não por acaso, a palavra “processo” cada vez mais toma parte desta discussão, justamente pelo caráter processual das inovações tecnológicas.

Para entender o processo inovativo, é necessário antes esclarecer o conceito de paradigma tecnológico. Dosi (1988) define um paradigma tecnológico como um exemplar, isto é, um conjunto de técnicas bem desenvolvido, que carrega consigo uma série de heurísticas. Dentro dessas heurísticas estão as trajetórias tecnológicas, isto é, trajetórias passadas, presentes ou potenciais, a partir do processo de busca e seleção, pelo qual este conjunto consolidado é submetido, visando encontrar possíveis melhorias.

Ilustrando os conceitos acima, podemos definir o *automóvel* como um paradigma tecnológico. Este paradigma sucedeu a carroça e outros meios de transporte com tração animal, pois, entre outros motivos, os agentes da época do desenvolvimento do automóvel identificaram problemas nos paradigmas então vigentes, referentes, por exemplo, à velocidade máxima dos meios então disponíveis de transporte, aos problemas ambientais do uso de animais (como a sujeira e dejetos, nas ruas) e a praticidade.

De fato, os pesquisadores da época haviam praticamente esgotado as oportunidades de melhoria dentro dos paradigmas então vigentes e, a partir disso, alguns vislumbraram um outro paradigma, no caso, o do automóvel movido a gasolina. A partir daí, o novo paradigma trouxe consigo uma nova rodada de perguntas (heurísticas: Para onde vamos daqui? Onde buscar? Qual o procedimento de busca mais

adequado?), sobre as quais a trajetória do novo exemplar se baseou.

Neste sentido, é possível dizer que estamos, em parte, neste mesmo paradigma, desde 1886, ano da patente do primeiro carro. De lá para cá, as redes de pesquisadores vêm melhorando o exemplar “automóvel” dentro das trajetórias indicadas por estas heurísticas. O primeiro carro, por exemplo, apresentava apenas três rodas e alcançava uma velocidade muito menor do que os carros de hoje. A partir disso, entre outras modificações, a otimização de componentes dos carros fez com que, em aproximadamente 130 anos, os carros passassem a ser muito mais leves, rápidos, seguros e confortáveis.

Nelson e Winter (1982) confirmam essa tendência do avanço técnico dentro das trajetórias de um determinado padrão tecnológico estar relacionada, entre outras causas, a aprimoramentos dos principais componentes ou de aspectos gerais. Neste sentido, eles mencionam o caso da fabricação de aviões, em que engenheiros vêm trabalhando no melhoramento da razão propulsão/peso dos motores, assim como na ampliação da razão sustentação/resistência da estrutura do avião.

É necessário dizer, também que, nem sempre o gargalo que impede o aprimoramento de um bem consolidado ou a invenção de um novo está relacionado à fronteira tecnológica do conhecimento. Dosi (1988) postula que a busca e a adoção de novos produtos e processos dentro dos arranjos institucionais derivam, majoritariamente, da interação entre dois vetores: (i) capacitações e estímulos internos de cada indústria e (ii) fatores externos, como: estado da ciência, facilidades de comunicação do conhecimento, oferta de capacitações técnicas, qualificação de mão de obra, aceitação/resistência do consumidor à mudança, condições de mercado, estrutura financeira, tendências macroeconômicas, etc. Em suma, é possível identificar as características científico-econômicas das mudanças tecnológicas, isto é, além dos componentes tecnológicos necessários para resolver problemas do paradigma vigente, existe também a questão da viabilidade econômica e comercial das soluções propostas, representadas pelos fatores externos de condições de mercado, tendências macroeconômicas, capacitações técnicas, qualificação de mão de obra, etc.

A “primeira corrida eólica”, ocorrida no início da década de 80, exemplifica com clareza como o componente econômico pode ser decisivo para o processo inovativo e sua difusão. EUA, Dinamarca e Alemanha imprimiam esforços dentro dos paradigmas vigentes, buscando soluções para reduzir a dependência dos combustíveis fósseis nas suas matrizes energéticas, através do melhoramento tecnológico das turbinas eólicas. Neste processo, apesar de EUA e Alemanha terem direcionado montantes de investimentos públicos em P&D superiores àqueles do governo dinamarquês, foi a Dinamarca quem logrou maior êxito comercial, neste início da indústria eólica (Mazzucato, 2011).

Como isso ocorreu? Os governos americano e alemão, durante o processo, buscavam desenvolver projetos de turbinas mais leves e aerodinamicamente mais eficientes, ou seja, turbinas apoiadas na fronteira do conhecimento tecnológico. Já o governo dinamarquês obteve sucesso menos devido ao impulso tecnológico gerado pela colaboração com o governo em P&D, e mais em decorrência de projetos confiáveis e ajustados (Heymann, 1999). Estes projetos, segundo Kamp (2002) e Nielsen (2010), tinham como objetivo desenvolver a tecnologia com base em uma turbina eólica anterior, chamada *Gedser*, que apresentava um modelo robusto e confiável, com três pás e eixo horizontal (Mazzucato, 2011).

Desta forma, utilizando um modelo com soluções tecnológicas “antiquadas”, empresas dinamarquesas – com experiência efetiva na produção de equipamentos agrícolas – conseguiram, a partir de financiamento estatal, desenvolver um protótipo comercialmente mais eficiente, atraindo grandes fabricantes e obtendo maior sucesso comercial (Mazzucato, 2011). Isso mostra como, em alguns casos, a estratégia de coordenação do Estado, buscando entender a reação do mercado e a capacidade de absorção tecnológica das empresas no país, pode ser tão ou mais importante que o impulso tecnológico gerado pela P&D.

Concluindo, entende-se, portanto, que o processo inovativo é, em muitos casos, fruto do aprimoramento de paradigmas tecnológicos (exemplares tecnológicos bem consolidados), a partir da busca por melhorias dentro das trajetórias apresentadas. Estas melhorias podem impactar, dessa forma, a produção em si (processos e produtos) e/ou o arranjo institucional que cerca essa produção

(organizacional e *marketing*), permitindo melhor relacionar os processos inovativos à tipologia de inovação da OCDE.

Após entender o processo inovativo geral, é possível entender como vem se desenhando o processo biotecnológico de inovação. A subseção seguinte esclarecerá melhor o processo pelo qual o arranjo inovativo biotecnológico é formado.

2.1 A Atividade Biotecnológica nos Processos Inovativos

Segundo Silveira et. al (2005), a evolução das atividades biotecnológicas nos processos inovativos está ainda longe da maturidade, não se limitando a trajetórias tecnológicas bem definidas. Para eles, a concepção descoberta–inovação–adoção não se aplica a esta atividade, mas sim algo como a articulação de distintas disciplinas do conhecimento, com uma forte aproximação de ciência e tecnologia, exercida por mecanismos como a bioinformática e a forma de cooperação entre empresas (redes de pesquisa). Por isso, os arranjos inovativos nos quais a inovação biotecnológica se dá podem ser caracterizados, em grande parte, a partir de dois pilares: a teoria evolucionária do crescimento econômico; e o “triângulo de Sábato”.

A Teoria Evolucionária surgiu no final do século XIX, com os esforços de Veblen (1898) para mostrar o caráter evolucionista do desenvolvimento econômico, fazendo um paralelo com as ciências biológicas e inserindo a noção de **processo**, na construção das instituições. Nelson e Winter (1982), seguidos por muitos outros (Dosi, 1988; etc.) expuseram de forma clara e mais contemporânea esta linha de pensamento evolucionária. De uma forma geral, os evolucionários creem que o desenvolvimento econômico ocorre a partir de um processo de tentativa e erro (busca e seleção), no qual a racionalidade dos agentes apresenta um caráter processual e limitado, contrapondo-se, assim, ao *mainstream economics*, que postula, geralmente, racionalidade ilimitada e um caráter maximizador, nas ações dos agentes.

Para eles, a partir de vários desenvolvimentos processuais, os agentes acumulam experiências pelas relações institucionais e técnicas, criando *backgrounds* de suas ações, que os levam a agir de determinada maneira no futuro. Esse *background* levaria, portanto, à determinação e repetição de rotinas, que, em casos progressistas, tenderiam a seguir na trajetória de busca por melhoria e sobrevivência (Nelson e Winter, 1982)¹.

Desta forma, as decisões dos agentes individuais que, juntas, desenvolvem a economia como um todo, são fruto de *ações* baseadas em experiências passadas (a trajetória de T sempre depende de T – 1), em detrimento das *escolhas maximizadoras*, baseadas no conhecimento perfeito ou, na pior das hipóteses, probabilístico (Davidson, 2015) e, a partir disso, nas probabilidades futuras calculadas (com T + 1 sendo dependente de T, mas probabilisticamente).

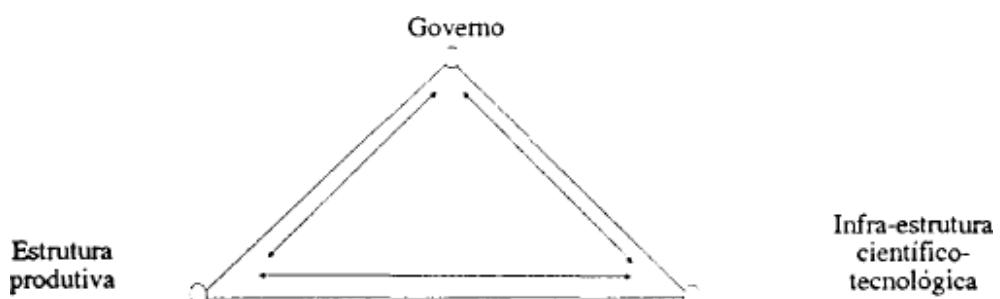
Já o chamado “Triângulo de Sábato” foi introduzido por Sábato e Botana (1975), com os autores, a partir do reconhecimento do hiato científico-tecnológico dos países latino-americanos, traçando uma estratégia geral de *catching up* estrutural. Essa estratégia consistiria na interação múltipla entre três elementos institucionais: governo, estrutura produtiva e infraestrutura científico-tecnológica. Estes três pilares podem ser exemplificados da seguinte forma:

- Governo: conjunto de instituições que busca formular e implementar políticas, canalizando recursos para as estruturas produtiva e científico-tecnológica, através de meios legislativos e administrativos. Exemplos: Governo Federal, FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos), Cnpq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), etc. (Figueiredo, 1993).
- Estrutura produtiva: coletivo de setores produtivos que ofertam os bens e serviços demandados pela sociedade. Exemplos: empresas privadas, empresas estatais, sociedades-mistas, cooperativas, etc.

¹ Pode-se comparar estes desenvolvimentos com os que ocorrem nas ciências, por exemplo, via Kuhn (1970a; 1970b) e Lakatos (1970). Para uma visão mais geral, inclusive para as ciências econômicas, ver Vasconcelos et al. (1999).

- Infraestrutura científico-tecnológica: sistema educacional (formador de mão de obra qualificada), laboratórios e Centros de Pesquisa e Desenvolvimento, sistemas de coordenação de estímulo à pesquisa e mecanismos jurídicos e administrativos que regulam as instituições de pesquisa e os financiamentos direcionados ao seu funcionamento (Figueiredo, 1993). Exemplos: universidades, centros de P&D e institutos de pesquisa (como a EMBRAPA – Empresa Brasileira de Agropecuária, Instituto Agronômico de Campinas etc.).

Figueiredo (1993) observa que os vértices são definidos funcionalmente, desta forma evitando a identificação errônea dos componentes, já que uma empresa estatal poderia, por exemplo, ter uma atuação ambígua na definição geral. Porém, ao definir funcionalmente estes vértices, supõe-se que a empresa estatal faz parte única e exclusivamente do vértice “estrutura produtiva”, pois tem a função de ofertar bens demandados pela sociedade. Da mesma maneira, um laboratório de P&D em posse de uma empresa privada faz parte da infraestrutura científico-tecnológica (Figueiredo, 1993), pois tem como objetivo precípua a pesquisa, e não a produção.



Fonte: Figueiredo, 1993.

Com isso, é possível entender melhor o processo inovativo de atividades cercadas de incerteza, como a biotecnologia. Como afirmado anteriormente (Silveira et. al, 2005), a biotecnologia está longe da maturidade, o que eleva o grau de incerteza dos agentes quanto a esta área de ciência e tecnologia. Assim, a interação coordenada entre os três agentes mostrados no triângulo estabelece uma rotina, ou um paradigma organizacional, que pode amenizar os efeitos da incerteza que cerca esta área de pesquisa.

A busca por trajetórias, dentro de um paradigma, pode, por exemplo, selecionar os casos de sucesso em que o financiamento público, conjugado à base científica de institutos de pesquisa nacionais, transbordam tecnologia para o sistema produtivo ou um desenvolvimento tecnológico que tenha acontecido de forma mais restrita difunda-se para uma empresa estatal ou privada. O financiamento público, ademais, pode se mostrar essencial, devido à escassez de recursos privados, no montante necessário, já que a incerteza gerada pela maturação de longo prazo dos financiamentos em áreas emergentes afasta capitais privados, inclusive os de risco (Mazzucato, 2011).

Como discutido nos tópicos anteriores, a partir dos conceitos de inovação, biotecnologia e processo produtivo, o grau de maturidade, as incertezas e as características da atividade biotecnológica nos levam a crer que setores com maior participação de empresas inovadoras também seriam, em média, setores que mais inovam de forma radical. Na próxima seção, verificaremos isso para o caso brasileiro entre 2009 e 2017.

3. A Atividade Biotecnológica e o Grau de Novidade Mundial

Antes de analisar os dados, é necessário entender a nomenclatura específica dada pela PINTEC para os diferentes modos de inovar, em biotecnologia. Para a PINTEC, a inovação biotecnológica pode ser encaixada em quatro diferentes modos de uso:

- **Usuário final:** faz a simples compra ou aquisição de produto final que emprega biotecnologia (PINTEC, 2014);
- **Usuário integrador:** diz respeito à compra de insumos ou processos biotecnológicos, visando a incorporação aos bens e serviços produzidos pela empresa (PINTEC, 2014);
- **Produtor:** realiza a produção ou desenvolvimento da técnica de incorporação de insumos, produtos ou processos, em biotecnologia (PINTEC, 2014);
- **Pesquisa e desenvolvimento:** estuda ou desenvolve técnicas biotecnológicas, podendo ser uma linha própria de P&D ou parceria com instituições de Ciência e Tecnologia para P&D de produtos, insumos ou processos em biotecnologia (PINTEC, 2014).

Como o objetivo, neste artigo, é trabalhar com setores/atividades que inovam com grau de novidade mundial, lidamos apenas com o último dos modos de uso, dado que os três primeiros mostram apenas uma integração produtiva ou compra de produto final já descoberto e desenvolvido anteriormente, isto é, tendo impacto menos relevante no grau de novidade da inovação. Com relação a este grau de novidade da inovação, a PINTEC considera três classificações: inovação apenas para a empresa, inovação para o país, e inovação para o mundo, sendo a última classificação a que interessa para nossa análise.

A análise dos dados se dá em duas etapas: inicialmente, a metodologia utilizada corresponde a uma comparação simples dos dados de empresas por setor – proporcionalmente – que realizaram inovações em produtos ou processos em biotecnologia, com a porcentagem de empresas – do mesmo setor – que realizaram inovações a nível mundial. Posteriormente, busca-se entender se há de fato correlação entre inovações de produto e processo em biotecnologia com inovações a nível mundial através de modelos de regressão linear simples.

Nas tabelas abaixo, a primeira coluna representa os setores e atividades da CNAE. Na segunda coluna, estão representadas as porcentagens de empresas, em cada setor/atividade, que realizaram inovações, em nível mundial, em produtos. Na terceira coluna, estão expostas as porcentagens de empresas inovadoras (por P&D), em cada setor/atividade, que realizaram atividades em biotecnologia. Na última coluna, estão colocadas as porcentagens de empresas que inovaram em nível mundial, em cada setor/atividade, em processos. A primeira tabela refere-se à PINTEC 2009-2011, a segunda, à PINTEC 2012-2014 e à terceira à PINTEC 2015-2017.

Buscando facilitar a visualização, foi feita uma formatação especial de modo que, quanto maior for a porcentagem nas colunas, mais azulada é a célula, quanto menor for a porcentagem, mais avermelhada e, por fim, células brancas representam porcentagens intermediárias. Temos, então, um panorama dos setores que inovaram de forma radical, na última década, e dos setores que mais inovaram (por P&D) e mais realizaram atividades em biotecnologia.

Tabela 1: Percentual de empresas que inovaram em produto e processo (em nível mundial) e percentual de empresas que realizaram atividades em biotecnologia e inovaram por P&D – 2009/2011

Atividades da Indústria, do setor de eletricidade e gás e dos serviços selecionados	% de empresas que inovam a nível mundial (produto)	P&D(biotecnologia)	% de empresas que inovam a nível mundial (processo)
Total	2%	13%	1%
Indústrias extractivas	0%	46%	0%
Indústrias de transformação	2%	12%	1%
Fabricação de produtos alimentícios	1%	4%	2%
Fabricação de bebidas	2%	15%	1%
Fabricação de produtos do fumo	8%	100%	0%
Fabricação de produtos têxteis	2%	27%	2%
Confecção de artigos do vestuário e acessórios	0%	7%	0%
Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos de viagem e calçados	1%	3%	0%
Fabricação de produtos de madeira	0%	100%	0%
Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	1%	31%	0%
Fabricação de celulose e outras pastas	29%	79%	45%
Fabricação de papel, embalagens e artefatos de papel	1%	11%	0%
Impressão e reprodução de gravações	0%	0%	0%
Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis	8%	16%	11%
Fabricação de coque e biocombustíveis (álcool e outros)	16%	15%	16%
Refino de petróleo	0%	25%	2%
Fabricação de produtos químicos	3%	23%	1%
Fabricação de produtos químicos inorgânicos	1%	3%	2%
Fabricação de produtos químicos orgânicos	19%	49%	8%
Fabricação de resinas e elastômeros, fibras artificiais e sintéticas, defensivos agrícolas e desinfetantes domissanitários	10%	85%	7%
Fabricação de sabões, detergentes, produtos de limpeza, cosméticos, produtos de perfumaria e de higiene pessoal	0%	12%	0%
Fabricação de tintas, vernizes, esmaltes, lacas e produtos afins e de produtos diversos	5%	22%	1%
Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos	7%	56%	2%
Fabricação de produtos farmoquímicos	10%	33%	6%
Fabricação de produtos farmacêuticos	7%	58%	2%
Fabricação de artigos de borracha e plástico	2%	0%	1%
Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	0%	0%	0%
Metalurgia	5%	81%	0%
Produtos siderúrgicos	9%	75%	0%
Metalurgia de metais não-ferrosos e fundição	4%	100%	1%
Fabricação de produtos de metal	1%	0%	0%
Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos	5%	0%	1%
Fabricação de componentes eletrônicos	1%	0%	1%
Fabricação de equipamentos de informática e periféricos	8%	0%	0%
Fabricação de equipamentos de comunicação	11%	0%	4%
Fabricação de aparelhos eletromédicos e eletroterapêuticos e equipamentos de irradiação	3%	0%	0%
Fabricação de outros produtos eletrônicos e ópticos	5%	0%	0%
Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos	4%	0%	2%
Fabricação de geradores, transformadores e equipamentos para distribuição de energia elétrica	3%	0%	3%
Fabricação de eletrodomésticos	13%	0%	0%
Fabricação de pilhas, lâmpadas e outros aparelhos elétricos	3%	0%	1%
Fabricação de máquinas e equipamentos	8%	33%	0%
Motores, bombas, compressores e equipamentos de transmissão	3%	0%	0%
Máquinas e equipamentos para agropecuária	11%	0%	0%
Máquinas para extração e construção	6%	0%	0%
Outras máquinas e equipamentos	8%	40%	0%
Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias	5%	29%	1%
Fabricação de automóveis, caminhonetes e utilitários, caminhões e ônibus	31%	100%	0%
Fabricação de cabines, carrocerias, reboques e recondicionamento de motores	0%	0%	0%
Fabricação de peças e acessórios para veículos	6%	0%	2%
Fabricação de outros equipamentos de transporte	5%	100%	1%
Fabricação de móveis	0%	0%	0%
Fabricação de produtos diversos	6%	14%	0%
Fabricação de instrumentos e materiais para uso médico e odontológico e de artigos ópticos	18%	17%	1%
Outros produtos diversos	2%	0%	0%
Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	3%	0%	0%
Eletricidade e gás	55%	100%	9%
Serviços	2%	23%	0%
Edição e gravação e edição de música	0%	0%	0%
Telecomunicações	1%	0%	0%
Atividades dos serviços de tecnologia da informação	3%	0%	0%
Desenvolvimento de software sob encomenda	6%	0%	0%
Desenvolvimento de software customizável	5%	0%	0%
Desenvolvimento de software não customizável	1%	0%	0%
Outros serviços de tecnologia da informação	1%	0%	0%
Tratamento de dados, hospedagem na internet e outras atividades relacionadas	0%	0%	0%
Serviços de arquitetura e engenharia, testes e análises técnicas	2%	3%	1%
Pesquisa e desenvolvimento	27%	87%	39%

Fonte: IBGE – PINTEC (2011). Elaboração própria.

Tabela 2: Percentual de empresas que inovaram em produto e processo (em nível mundial) e Percentual de empresas que realizaram atividades em biotecnologia e inovaram por P&D – 2012/2014

Atividades da Indústria, do setor de eletricidade e gás e dos serviços selecionados	% de empresas que inovam a nível mundial (produto)	P&D(biotecnologia)	% de empresas que inovam a nível mundial (processo)
Total	2%	19%	1%
Indústrias extractivas	1%	25%	0%
Indústrias de transformação	2%	18%	1%
Fabricação de produtos alimentícios	1%	13%	2%
Fabricação de bebidas	1%	5%	1%
Fabricação de produtos do fumo	0%	50%	5%
Fabricação de produtos têxteis	2%	8%	1%
Confecção de artigos do vestuário e acessórios	0%	0%	0%
Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos de viagem e calçados	1%	15%	1%
Fabricação de produtos de madeira	0%	0%	0%
Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	4%	51%	0%
Fabricação de celulose e outras pastas	67%	67%	11%
Fabricação de papel, embalagens e artefatos de papel	4%	48%	0%
Impressão e reprodução de gravações	2%	1	0%
Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis	2%	26%	2%
Fabricação de coque e biocombustíveis (álcool e outros)	0%	25%	1%
Refino de petróleo	3%	50%	3%
Fabricação de produtos químicos	5%	21%	1%
Fabricação de produtos químicos inorgânicos	9%	35%	2%
Fabricação de produtos químicos orgânicos	15%	64%	3%
Fabricação de resinas e elastômeros, fibras artificiais e sintéticas, defensivos agrícolas e desinfetantes domissanitários	12%	38%	2%
Fabricação de sabões, detergentes, produtos de limpeza, cosméticos, produtos de perfumaria e de higiene pessoal	2%	4%	0%
Fabricação de tintas, vernizes, esmaltes, lacas e produtos afins e de produtos diversos	3%	11%	3%
Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos	8%	72%	0%
Fabricação de produtos farmoquímicos	19%	81%	0%
Fabricação de produtos farmacêuticos	7%	71%	0%
Fabricação de artigos de borracha e plástico	2%	68%	1%
Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	0%	20%	0%
Metalurgia	4%	44%	1%
Produtos siderúrgicos	5%	34%	3%
Metalurgia de metais não-ferrosos e fundição	3%	100%	0%
Fabricação de produtos de metal	1%	0%	0%
Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos	3%	0%	2%
Fabricação de componentes eletrônicos	1%	1	5%
Fabricação de equipamentos de informática e periféricos	4%	1	1%
Fabricação de equipamentos de comunicação	4%	0%	2%
Fabricação de aparelhos eletromédicos e eletroterapêuticos e equipamentos de irradiação	0%	1	0%
Fabricação de outros produtos eletrônicos e ópticos	2%	1	1%
Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos	4%	100%	2%
Fabricação de geradores, transformadores e equipamentos para distribuição de energia elétrica	5%	1	6%
Fabricação de eletrodomésticos	18%	100%	2%
Fabricação de pilhas, lâmpadas e outros aparelhos elétricos	3%	1	0%
Fabricação de máquinas e equipamentos	9%	8%	1%
Motores, bombas, compressores e equipamentos de transmissão	6%	1	1%
Máquinas e equipamentos para agropecuária	8%	1	0%
Máquinas para extração e construção	5%	1	2%
Outras máquinas e equipamentos	10%	8%	2%
Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias	5%	29%	1%
Fabricação de automóveis, caminhonetas e utilitários, caminhões e ônibus	16%	100%	9%
Fabricação de cabines, carrocerias, reboques e recondicionamento de motores	2%	100%	1%
Fabricação de peças e acessórios para veículos	5%	13%	1%
Fabricação de outros equipamentos de transporte	5%	1	2%
Fabricação de móveis	1%	0%	0%
Fabricação de produtos diversos	3%	60%	0%
Fabricação de instrumentos e materiais para uso médico e odontológico e de artigos ópticos	5%	100%	0%
Outros produtos diversos	2%	41%	0%
Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	3%	1	1%
Eletricidade e gás	13%	100%	5%
Serviços	3%	40%	1%
Edição e gravação e edição de música	0%	1	0%
Telecomunicações	3%	1	1%
Atividades dos serviços de tecnologia da informação	4%	1	1%
Desenvolvimento de software sob encomenda	4%	1	1%
Desenvolvimento de software customizável	5%	1	2%
Desenvolvimento de software não customizável	3%	1	1%
Outros serviços de tecnologia da informação	3%	1	1%
Tratamento de dados, hospedagem na internet e outras atividades relacionadas	1%	1	0%
Serviços de arquitetura e engenharia, testes e análises técnicas	4%	18%	1%
Pesquisa e desenvolvimento	25%	90%	13%

Fonte: IBGE – PINTEC (2014). Elaboração Própria.

Tabela 3: Percentual de empresas que inovaram em produto e processo (em nível mundial) e percentual de empresas que realizaram atividades em biotecnologia e inovaram por P&D – 2015/2017

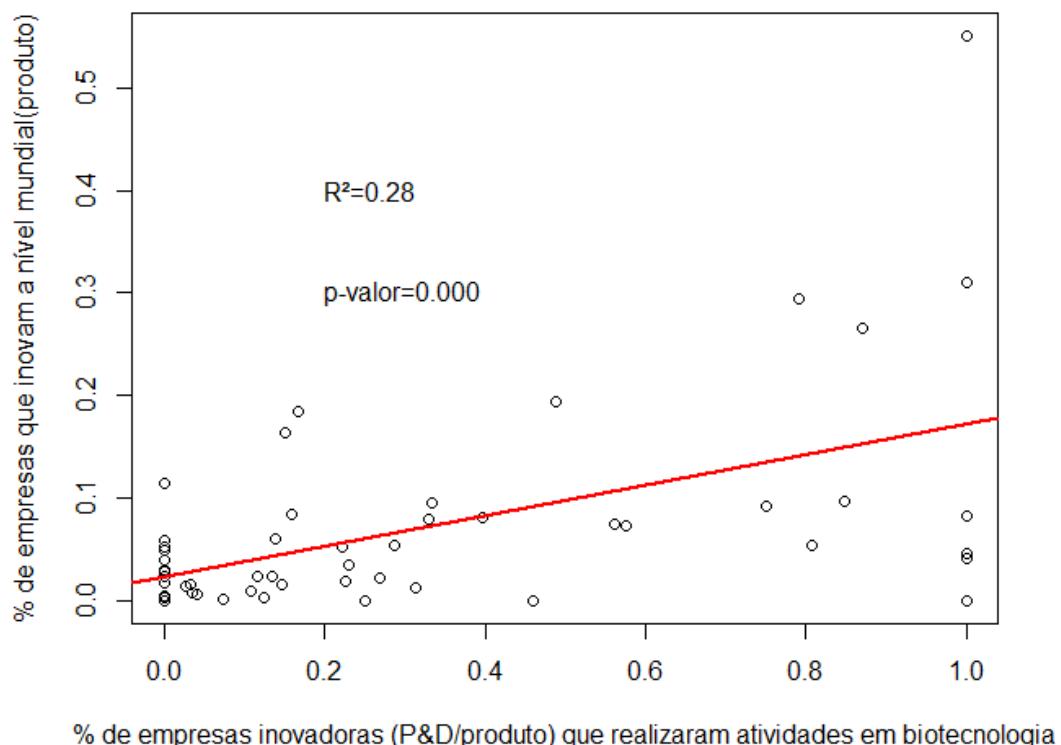
Atividades da Indústria, do setor de eletricidade e gás e dos serviços selecionados	% de empresas que inovam a nível mundial (produto)	P&D(biotecnologia)	% de empresas que inovam a nível mundial (processo)
Total	3%	10%	1%
Indústrias extractivas	10%	30%	5%
Indústrias de transformação	2%	9%	1%
Fabricação de produtos alimentícios	2%	3%	2%
Fabricação de bebidas	2%	2%	0%
Fabricação de produtos do fumo	50%	100%	0%
Fabricação de produtos têxteis	1%	0%	2%
Confecção de artigos do vestuário e acessórios	0%	0%	0%
Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos de viagem e calçados	1%	0%	0%
Fabricação de produtos de madeira	1%	48%	1%
Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	4%	45%	2%
Fabricação de celulose e outras pastas	75%	80%	38%
Fabricação de papel, embalagens e artefatos de papel	3%	29%	1%
Impressão e reprodução de gravações	0%	100%	0%
Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis	3%	17%	4%
Fabricação de coque e biocombustíveis (álcool e outros)	0%	15%	3%
Refino de petróleo	6%	100%	7%
Fabricação de produtos químicos	4%	25%	2%
Fabricação de produtos químicos inorgânicos	7%	9%	2%
Fabricação de produtos químicos orgânicos	5%	59%	11%
Fabricação de resinas e elastômeros, fibras artificiais e sintéticas, defensivos agrícolas e desinfetantes domissanitários	13%	38%	1%
Fabricação de sabões, detergentes, produtos de limpeza, cosméticos, produtos de perfumaria e de higiene pessoal	2%	11%	0%
Fabricação de tintas, vernizes, esmaltes, lacas e produtos afins e de produtos diversos	3%	29%	4%
Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos	12%	24%	8%
Fabricação de produtos farmoquímicos	9%	0%	13%
Fabricação de produtos farmacêuticos	13%	25%	7%
Fabricação de artigos de borracha e plástico	2%	26%	1%
Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	2%	31%	1%
Metalurgia	4%	100%	2%
Produtos siderúrgicos	8%	.	2%
Metalurgia de metais não-ferrosos e fundição	0%	100%	2%
Fabricação de produtos de metal	4%	.	1%
Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos	12%	.	4%
Fabricação de componentes eletrônicos	1%	.	3%
Fabricação de equipamentos de informática e periféricos	5%	.	10%
Fabricação de equipamentos de comunicação	34%	.	8%
Fabricação de aparelhos eletromédicos e eletroterapêuticos e equipamentos de irradiação	3%	.	2%
Fabricação de outros produtos eletrônicos e ópticos	2%	.	0%
Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos	4%	100%	2%
Fabricação de geradores, transformadores e equipamentos para distribuição de energia elétrica	3%	.	3%
Fabricação de eletrodomésticos	4%	100%	1%
Fabricação de pilhas, lâmpadas e outros aparelhos elétricos	5%	.	1%
Fabricação de máquinas e equipamentos	3%	0%	1%
Motores, bombas, compressores e equipamentos de transmissão	7%	.	2%
Máquinas e equipamentos para agropecuária	2%	.	0%
Máquinas para extração e construção	12%	.	1%
Outras máquinas e equipamentos	2%	0%	1%
Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias	8%	50%	2%
Fabricação de automóveis, caminhonetes e utilitários, caminhões e ônibus	8%	50%	13%
Fabricação de cabines, carrocerias, reboques e recondicionamento de motores	6%	0%	1%
Fabricação de peças e acessórios para veículos	9%	100%	2%
Fabricação de outros equipamentos de transporte	4%	.	2%
Fabricação de móveis	0%	0%	0%
Fabricação de produtos diversos	1%	100%	1%
Fabricação de instrumentos e materiais para uso médico e odontológico e de artigos ópticos	1%	100%	0%
Outros produtos diversos	1%	100%	1%
Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	1%	100%	0%
Eletricidade e gás	13%	70%	7%
Serviços	4%	47%	1%
Edição e gravação e edição de música	2%	.	1%
Telecomunicações	0%	.	1%
Atividades dos serviços de tecnologia da informação	5%	.	1%
Desenvolvimento de software sob encomenda	2%	.	1%
Desenvolvimento de software customizável	5%	.	1%
Desenvolvimento de software não customizável	10%	.	2%
Outros serviços de tecnologia da informação	4%	.	1%
Tratamento de dados, hospedagem na internet e outras atividades relacionadas	2%	.	1%
Serviços de arquitetura e engenharia, testes e análises técnicas	4%	25%	2%
Pesquisa e desenvolvimento	45%	93%	25%

Fonte: IBGE – PINTEC (2017). Elaboração própria.

Apenas observando as tabelas, é difícil observar a presença de associação entre setores/atividades que mais inovaram de forma radical em produtos e processos e setores que mais inovaram (P&D) e realizaram atividades em biotecnologia. Para verificar tal associação, expõem-se abaixo modelos de regressão linear simples, que mostram, primeiramente, se podemos afirmar que existem evidências da associação e, por fim, o quanto relevante é essa evidência.

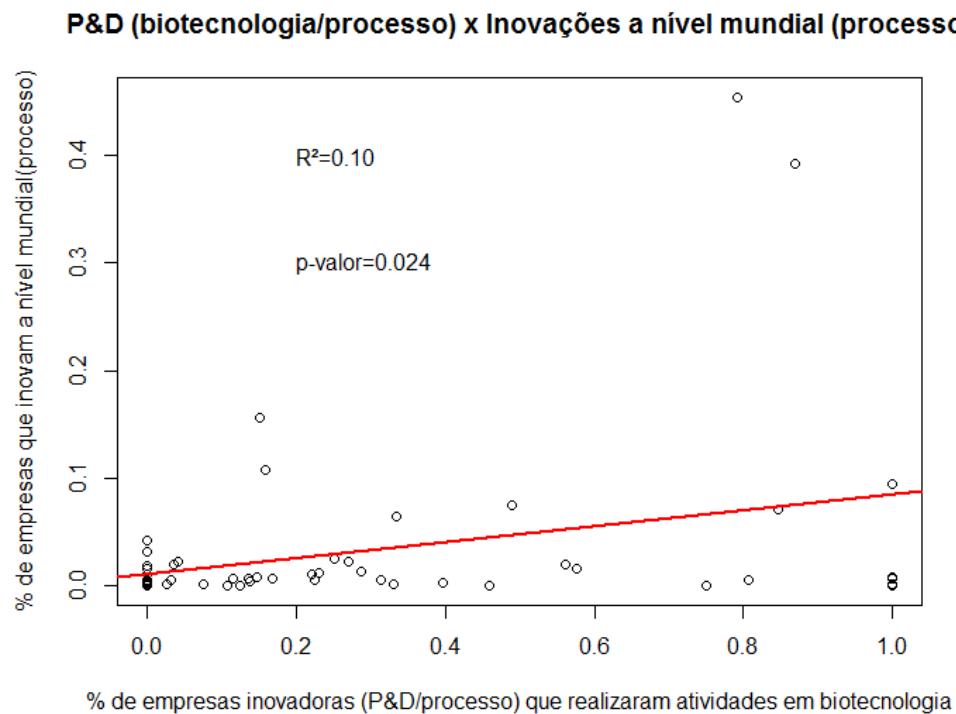
Gráfico 1: Percentual de empresas que inovaram, em nível mundial (produto) x percentual de empresas inovadoras (produto/P&D) que realizaram atividade em biotecnologia (2009-2011)

P&D (biotecnologia/produto) x Inovações a nível mundial (produto)



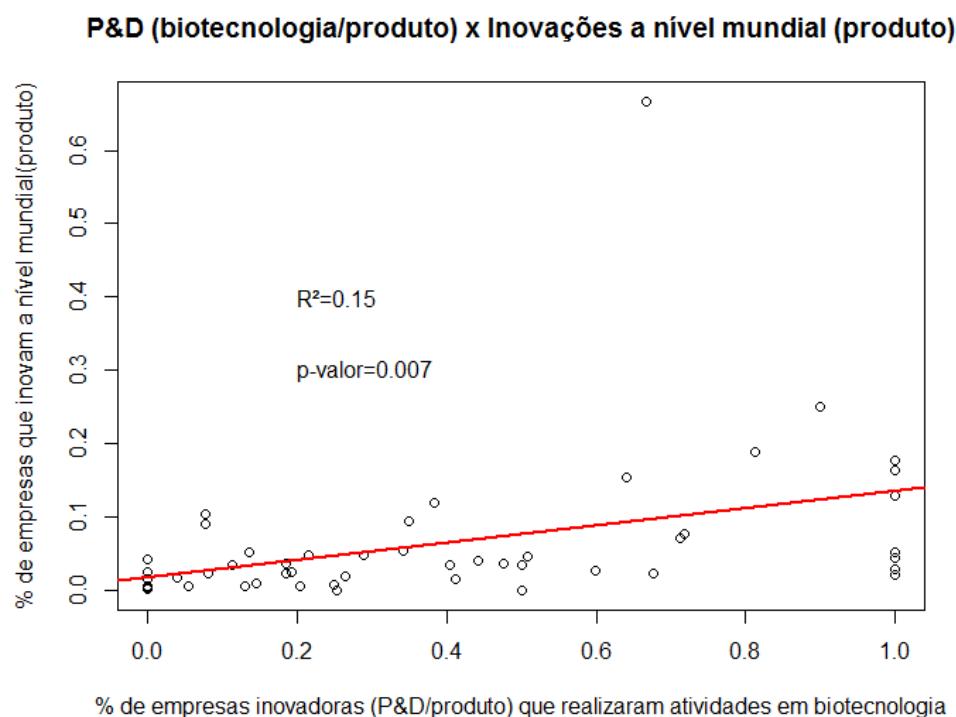
Fonte: PINTEC IBGE 2011. Elaboração própria.

Gráfico 2: Percentual de empresas que inovaram, em nível mundial (processo) x percentual de empresas inovadoras (processo/P&D) que realizaram atividade em biotecnologia (2009-2011)



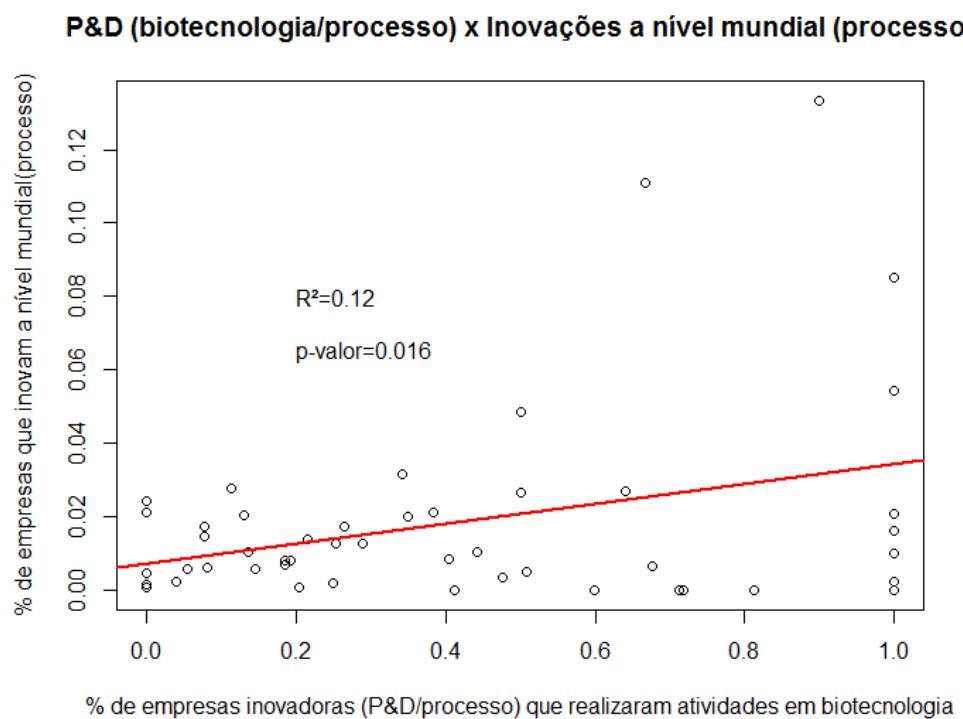
Fonte: PINTEC IBGE 2011. Elaboração própria.

Gráfico 3: Percentual de empresas que inovaram, em nível mundial (produto), x percentual de empresas inovadoras (produto/P&D) que realizaram atividade em biotecnologia (2012-2014)



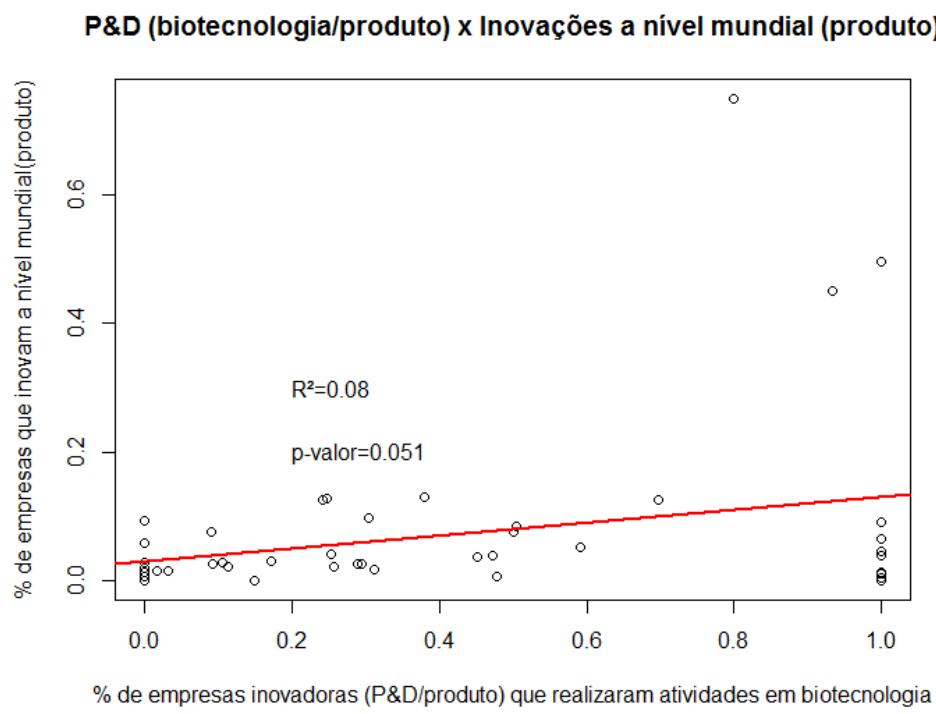
Fonte: PINTEC IBGE 2014. Elaboração própria.

Gráfico 4: Percentual de empresas que inovaram, em nível mundial (processo), x percentual de empresas inovadoras (processo/P&D) que realizaram atividade em biotecnologia (2012-2014)



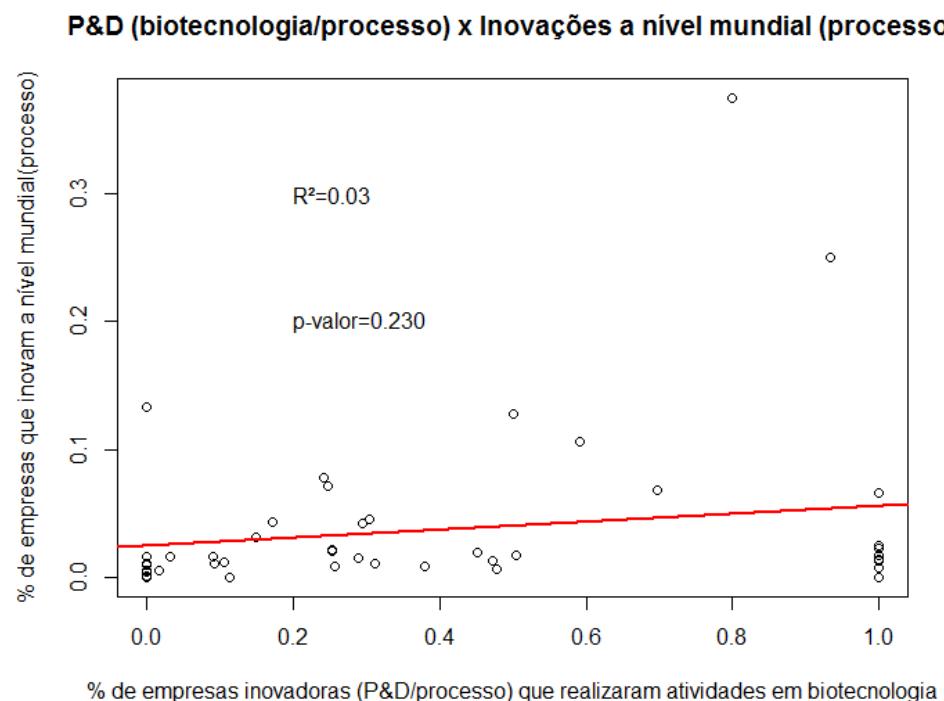
Fonte: PINTEC IBGE 2014. Elaboração própria.

Gráfico 5: Percentual de empresas que inovaram, em nível mundial (produto), x percentual de empresas inovadoras (produto/P&D) que realizaram atividade em biotecnologia (2015-2017)



Fonte: PINTEC IBGE 2017. Elaboração própria.

Gráfico 6: Percentual de empresas que inovaram, em nível mundial (processo), x percentual de empresas inovadoras (processo/P&D) que realizaram atividade em biotecnologia (2015-2017)



Fonte: PINTEC IBGE 2017. Elaboração própria.

Cada ponto nos gráficos representa um segmento de atividade na indústria, serviços selecionados e setor de eletricidade e gás (CNAE), incluindo o total e os agregados, como exposto nas tabelas 1, 2 e 3. As cinco primeiras regressões representadas nos gráficos apresentam um p-valor baixo, ou seja, temos evidência para afirmar que quanto mais um setor/atividade apresenta porcentagem de empresas inovadoras (P&D) que realizaram atividades em biotecnologia, maior a chance desse setor estar entre os que mais inovam em nível mundial, proporcionalmente. Em outras palavras, inovar a partir de P&D e realizar atividades biotecnológicas está associado a inovações radicais. A última regressão representada pelo Gráfico 6 também apresenta uma correlação positiva, como nos cinco primeiros, porém não existem evidências para atestar tal correlação nesse caso, dado que o alto p-valor indica que, se afirmarmos que a porcentagem de empresas inovadoras (P&D) que realizaram atividades em biotecnologia explica a porcentagem de empresas inovadoras em nível mundial por setor/atividade, temos 23% de chance de errar, um número excessivamente alto para uma afirmação com base estatística.

Não obstante, é importante frisar que tal associação, obviamente, não caracteriza causalidade. É importante notar também a redução do coeficiente de determinação (o quanto a variável exógena explica a variável endógena), ao longo do tempo: em inovações de produto, o coeficiente chegou a ser de 28%, na primeira PINTEC, diminuindo para 15%, na segunda, e chegando a 8%, na terceira. Com relação às inovações de processo, o coeficiente ficou na casa dos 10% nas duas primeiras pesquisas (10% e 12%, respectivamente), caindo para 3%, na última (com alto p-valor, colocando em cheque a correlação). Ou seja, a associação entre setores/atividades inovadoras, em nível mundial, e inovadores que realizaram atividades em biotecnologia parece que foi perdendo força, ao longo do tempo, o que pode ser entendido como o fim de uma janela de oportunidade. Como discutido no início do artigo, a biotecnologia é de fato uma atividade ainda em maturação, sendo que realizar procedimentos utilizando-a aumenta a chance de colocar uma empresa na fronteira de inovações de produto e processo mundial. Porém, essa constatação parecia fazer mais sentido há dez anos, no Brasil, pelo menos pelo que os dados de inovação da economia brasileira mostram.

4. Conclusão

O estudo teve como objetivo mostrar a associação entre a inovação, via P&D, de empresas que realizam atividades biotecnológicas e inovações de caráter radical, em nível mundial. Por ser uma atividade nova, longe da maturação, a biotecnologia atua em diversos setores da indústria e serviços, a partir de paradigmas tecnológicos modernos, que permitem ambientes inovativos capazes de otimizar processos e criar novos produtos finais.

Os dados das últimas três pesquisas de inovação do IBGE (PINTEC) mostram que o Brasil pouco inova e, das inovações que realiza, apenas uma pequena parcela é nova para o mundo. Setores com maior porcentagem de empresas inovadoras (em P&D) que realizam atividades biotecnológicas, porém, estão mais associados às inovações de caráter mundial, embora a correlação tenha enfraquecido ao longo dos anos.

Esse enfraquecimento pode estar relacionado ao fechamento de uma janela de oportunidade estabelecida por uma revolução tecnológica, como discute Lopes (2017). Nessa perspectiva, os países em desenvolvimento têm, em linhas gerais, duas janelas de oportunidade mais claras para internalizar processos produtivos modernos e alavancar o crescimento: no momento do estabelecimento do novo paradigma tecnológico, quando os direitos de propriedade não estão bem definidos e podem ser apropriados com maior facilidade, ou no momento de maturação de novas ondas tecnológicas, onde processos produtivos se tornam obsoletos nos países desenvolvidos e migram para estruturas produtivas menos tecnológicas (LOPES, 2017).

Se o enfraquecimento da correlação corresponder, de fato, ao fechamento de uma janela de oportunidade, ainda assim a biotecnologia deve ser levada em consideração para futuras políticas setoriais, exatamente pelo fato de que alguma maturação de seu uso em países desenvolvidos, em certos setores/atividades pode ser uma oportunidade de internalização de paradigmas tecnológicos em outros países, como no caso brasileiro.

Portanto, continua necessário estudar mais a fundo a relação da biotecnologia com inovações radicais, nos diferentes setores e atividades econômicas. A correlação aqui verificada, embora importante, por apresentar evidência empírica para parte da literatura e destacar a relevância transetorial da atividade biotecnológica para a modernização da estrutura produtiva, ignora outros fatores que também causam impactos na capacidade de um setor de inovar, em nível mundial, apesar de não discutir os diferentes impactos da biotecnologia, nos diferentes setores, que certamente são heterogêneos e merecem mais atenção. Porém, tais estudos são temas para futuras pesquisas.

Bibliografia

- Davidson, Paul (2015) “A rejoinder to O'Donnell's critique of the ergodic/nonergodic explanation of Keynes's concept of uncertainty”. *Journal of Post-Keynesian Economics*, 38(1): 1-18, Autumn
- DOSI, Giovanni (1988) “Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation”. *Journal of Economic Literature*, v. 26, p. 1120-1171, sep.
- HEYMANN, M. “Signs of Hubris: The Shaping of wind Technology Styles in Germany, Denmark and the United States, 1940-1990”. *Technology and Culture* 39, n.4, 1998.
- KAMP, L. “**Learning in Wind Turbine Development: A Comparison between the Netherlands and Denmark**”. Dinamarca: Universidade de Utrecht, 2002.
- KUHN, Thomas S. (1970a) *A Estrutura das Revoluções Científicas*. São Paulo: Perspectiva, 1987.
- KUHN, Thomas S. (1970b) “Lógica da descoberta ou psicologia da pesquisa?”. In LAKATOS, Imre & MUSGRAVE, Alan (Orgs.) *A Crítica e o Desenvolvimento do Conhecimento*. São Paulo: Cultrix, 1979.
- LOPES, C. H; O progresso técnico nas abordagens de Celso Furtado e Carlota Perez: uma análise keyniano-estruturalista vis-à-vis uma proposta neoschumpeteriana-evolucionária. *OIKOS*, Vol. 16, No. 1 (2017).
- MARSILI, Orietta (2001) *The Anatomy and Evolution of Industry: Technological Change and Industrial Dynamics*. Cheltenham: Edward Elgar.
- MAZZUCATO, M. **The Entrepreneurial State**, London, Demos. 2011
- NELSON, Richard R. & WINTER, Sidney G. (1974) “Neoclassical vs. evolutionary theories of economic growth: critique and prospectus”. *Economic Journal*, v. 84, p. 886-905, dec.
- NELSON, Richard R. & WINTER, Sidney G. (1977) “In search of a useful theory of innovation”. *Research Policy*, v. 6, p. 36-76.
- NELSON, Richard R. & WINTER, Sidney G. (1982) *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge, Mass.: Harvard U.P.
- NIELSEN, K.H. “Technological Trajectories in the Making: Two Studies from the Contemporary History of Wind Power.” *Centaurus* 52, n.3, 2010.
- OCDE. Organização para a Cooperação Econômica e Desenvolvimento. Manual de Oslo: proposta de diretrizes para a coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica. Terceira edição, 2005.
- Pesquisa de Inovação:** 2014 / IBGE, Coordenação de Indústria. – Rio de Janeiro: IBGE, 2016.
- SÁBATO, J. A. & BOTANA, N. “**La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de America Latina**”. Buenos Aires, Editorial Paidos, 1975.
- SILVEIRA, J.M.F.J. ; DAL POZ, M.E. ; ASSAD, A.L. **Biotecnologia e Recursos Genéticos: Desafios e oportunidades para o Brasil**. Unicamp, Instituto de Economia. FINEP, 2005.
- VASCONCELOS, Marcos R.; STRACHMAN, Eduardo & FUCIDJI, J. Ricardo. “O Realismo Crítico e as Controvérsias Metodológicas Contemporâneas em Economia”. *Estudos Econômicos*, v. 29, n. 3, p. 415-445, 1999, jun./set.]
- VEBLEN, T. “Why is economics not an Evolutionary Science?” *Quarterly Journal of Economics*, vol.12, n. 4, 1898.