FGV EBAPE
ESCOLA BRASILEIRA DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA E DE EMPRESAS

Programa de Pesquisa em Gestão da Aprendizagem Tecnológica e Inovação Industrial no Brasil, da EBAPE/FGV

Technological Learning and Industrial Innovation Working Paper Series

www.ebape.fgv.br/tlii-wps
ISSN: 2316-7726

Acumulação de Capacidades Tecnológicas e Fortalecimento da Competitividade Industrial no Brasil:

Breve Análise Empírica de Diferentes Indústrias Relacionadas a Recursos Naturais

Mauricio Canêdo Pinheiro

Paulo N. Figueiredo

Bernardo Cabral

Felipe Queiroz

Fernanda Perin

Rubia Wegner

© Getulio Vargas Foundation, Brazilian School of Public and Business Administration.
Rio de Janeiro – February 2017

Acumulação de Capacidades Tecnológicas e Fortalecimento da Competitividade Industrial no Brasil:

Breve Análise Empírica de Diferentes Indústrias Relacionadas a Recursos Naturais*

Mauricio Canêdo Pinheiro

Pesquisador IBRE/FGV e Professor Adjunto FCE/UERJ

Paulo N. Figueiredo

Professor Titular EBAPE/FGV

Bernardo Cabral

Assistente de Pesquisa EBAPE/FGV

Felipe Queiroz

Assistente de Pesquisa EBAPE/FGV

Fernanda Perin

Assistente de Pesquisa EBAPE/FGV

Rubia Wegner

Assistente de Pesquisa EBAPE/FGV

* Trata-se de pesquisa financiada pela Rede de Pesquisa e Conhecimento Aplicado (RPCAP) da Fundação Getulio Vargas (FGV), com o envolvimento de pesquisadores de duas unidades da FGV: a Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas (EBAPE) e o Instituto Brasileiro de Economia (IBRE). A pesquisa está sendo desenvolvida no âmbito do Programa de Pesquisa em Aprendizagem Tecnológica e Inovação Industrial no Brasil, da EBAPE/FGV, pela equipe: Paulo N. Figueiredo e Mauricio Canêdo Pinheiro (coordenadores), Bernardo Cabral, Felipe Queiroz, Fernanda Perin e Rubia Wegner (assistentes de pesquisa). Colaboraram na elaboração deste documento Paulo Peruchetti e Marcela Cohen, cujo conteúdo reflete as ideias e perspectivas dos autores e não necessariamente as da FGV ou quaisquer outras instituições.

Primeiro Presidente Fundador
Luiz Simões Lopes

Presidente

Carlos Ivan Simonsen Leal

Vice-Presidentes

Sergio Franklin Quintella, Francisco Oswaldo Neves Dornelles e Marcos Cintra Cavalcante de Albuquerque

CONSELHO DIRETOR

Presidente

Carlos Ivan Simonsen Leal

Vice-Presidentes

Sergio Franklin Quintella, Francisco Oswaldo Neves Dornelles e Marcos Cintra Cavalcante de Albuquerque

Vogais

Armando Klabin, Carlos Alberto Pires de Carvalho e Albuquerque, Ernane Galvêas, José Luiz Miranda, Lindolpho de Carvalho Dias, Manoel Pio Corrêa Júnior, Marcílio Marques Moreira e Roberto Paulo Cezar de Andrade

Suplentes

Antonio Monteiro de Castro Filho, Cristiano Buarque Franco Neto, Eduardo Baptista Vianna, Gilberto Duarte Prado, Jacob Palis Júnior, José Ermírio de Moraes Neto, José Julio de Almeida Senna e Marcelo José Basílio de Souza Marinho.

CONSELHO CURADOR

Presidente

Carlos Alberto Lenz César Protásio

Vice-Presidente

João Alfredo Dias Lins (Klabin Irmãos e Cia)

Vogais

Alexandre Koch Torres de Assis, Angélica Moreira da Silva (Federação Brasileira de Bancos), Carlos Moacyr Gomes de Almeida, Dante Letti (Souza Cruz S.A.), Edmundo Penna Barbosa da Silva, Heitor Chagas de Oliveira, Jaques Wagner (Estado da Bahia), Luiz Chor (Chozil Engenharia Ltda.), Marcelo Serfaty, Marcio João de Andrade Fortes, Maurício Matos Peixoto, Orlando dos Santos Marques (Publicis Brasil Comunicação Ltda.), Pedro Henrique Mariani Bittencourt (Banco BBM S.A.), Raul Calfat (Votorantim Participações S.A.), Rodrigo Vaunizio Pires de Azevedo (IRB - Brasil Resseguros S.A.), Ronaldo Mendonça Vilela (Sindicato das Empresas de Seguros Privados, de Capitalização e de Resseguros no Estado do Rio de Janeiro e do Espírito Santo), Sérgio Ribeiro da Costa Werlang e Tarso Genro (Estado do Rio Grande do Sul).

Suplentes

Aldo Floris, José Carlos Schmidt Murta Ribeiro, Luiz Ildefonso Simões Lopes (Brookfield Brasil Ltda.), Luiz Roberto Nascimento Silva, Manoel Fernando Thompson Motta Filho, Murilo Pinto de Oliveira Ferreira (Vale S.A.), Nilson Teixeira (Banco de Investimentos Crédit Suisse S.A.), Olavo Monteiro de Carvalho (Monteiro Aranha Participações S.A.), Patrick de Larragoiti Lucas (Sul América Companhia Nacional de Seguros), Rui Barreto (Café Solúvel Brasília S.A.) e Sérgio Lins Andrade (Andrade Gutierrez S.A.).

Sede

Praia de Botafogo, 190, Rio de Janeiro – RJ, CEP 22250-900 ou Caixa Postal 62.591 /
CEP 22257-970, Tel: (21) 3799-5498, www.fgv.br

Instituição de caráter técnico-científico, educativo e filantrópico, criada em 20 de dezembro de 1944 como pessoa jurídica de direito privado, tem por finalidade atuar, de forma ampla, em todas as matérias de caráter científico, com ênfase no campo das ciências sociais: administração, direito e economia, contribuindo para o desenvolvimento econômico-social do país.

Diretor

Flávio Carvalho de Vasconcelos

Vice-Diretor

Alvaro Bruno Cyrino

A ESCOLA

A Escola Brasileira de Administração Pública da Fundação Getulio Vargas (EBAP/FGV) foi criada no dia 15 de abril de 1952, na cidade do Rio de Janeiro, como a primeira escola de administração pública do Brasil e da América Latina. A EBAP surgiu por meio de uma parceria entre a FGV e a Organização das Nações Unidas (ONU) para atender à demanda por profissionais qualificados na área pública no país.

Em 2002, a EBAP passou a se chamar Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas (EBAPE), confirmando também a sua atuação no setor privado, que, na verdade, sempre existiu, desde sua origem. A EBAPE conquistou credibilidade, legitimidade e uma capacidade surpreendente de agregar conhecimento de alto nível aos seus estudantes, introduzindo-os em um processo produtivo de excelência.

PIONEIRISMO DA EBAPE

- Primeira escola a oferecer curso superior em Administração no Brasil e na América Latina.
- Os primeiros livros de administração no Brasil foram publicados na EBAPE.
- Primeira instituição a usar o sistema de crédito e matrícula por disciplina no Brasil.
- Primeira presidência e sede da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração (ANPAD).

Contexto Institucional da Pesquisa

A pesquisa aqui proposta será executada no âmbito do Programa de Pesquisa em Gestão da Aprendizagem Tecnológica e Inovação Industrial no Brasil da Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas (EBAPE) da Fundação Getulio Vargas. Criada em 1944 com o objetivo inicial de preparar pessoal qualificado para a administração pública e privada do país, a **Fundação Getulio Vargas** extrapolou as fronteiras do ensino e avançou pelas áreas da pesquisa e da informação, até converter-se em sinônimo de centro de qualidade e excelência. Pioneira no campo da educação, a **Fundação Getulio Vargas** é referência não só por seus reconhecidos programas de graduação, mestrado, doutorado e trabalhos aplicados, mas também por sua busca constante pela modernidade e pela inovação. A **Fundação Getulio Vargas** é um centro de ensino de qualidade e excelência que dedica seus esforços ao desenvolvimento sócio econômico do Brasil.

Criada em abril de 1952, a **Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas da Fundação Getulio Vargas (EBAPE/FGV)** tem desempenhado importante papel na formação de quadros universitários e governamentais no Brasil e em outros países da América Latina e África. Desde seu início, ministra cursos de administração em nível de pós-graduação e especialização, bem como mantém vários programas de pesquisa e consultoria técnica a empresas e entidades do governo.

O **Programa de Pesquisa sobre Capacidade Tecnológica, Inovação Industrial e Competitividade no Brasil**, da EBAPE/FGV, foi criado em outubro de 1999. Seu propósito é gerar uma contribuição fundamental para a compreensão do processo de desenvolvimento tecnológico e inovação na indústria brasileira e seus impactos no crescimento econômico. Esse programa de pesquisa reconhece que a acumulação de capacidades tecnológicas, especialmente as capacidades para inovação, representam insumo fundamental ao alcance e/ou fortalecimento da competitividade industrial. Por conseguinte, a acumulação de capacidades tecnológicas torna-se fonte vital ao crescimento industrial e econômico. Os seus objetivos são:

- Realizar avanços significativos na fronteira internacional da pesquisa e do conhecimento sobre o processo de acumulação de capacidades tecnológicas, suas causas, e suas consequências para a competitividade industrial e crescimento econômico, no contexto de economias emergentes, especialmente no Brasil.
- Implementar pesquisa de ponta, em nível internacional, para gerar novas evidências empíricas e novas explicações sobre o papel da acumulação de capacidades inovadoras no aprimoramento da *performance* competitiva de empresas e indústrias de economias emergentes, particularmente no Brasil.

- Gerar e disseminar de forma sistemática novas evidências sólidas, análises robustas e recomendações práticas para gestores governamentais e empresariais voltadas para o desenho, execução e aprimoramento e/ou reorientação de políticas públicas e estratégias empresariais relacionadas à inovação e à competitividade da indústria brasileira.

Esse programa de pesquisa centra-se em um modelo baseado na implementação de pesquisa de ponta, em âmbito internacional. Os resultados gerados pelas pesquisas têm contribuído para avanços empíricos, teóricos e metodológicos no âmbito da literatura internacional de economia e gestão da inovação tecnológica. Os resultados dessas pesquisas geram duas contribuições importantes: de um lado, têm contribuído para a geração de conhecimento aplicado que pode ser usado diretamente por tomadores de decisão em nível da indústria e governos relativo à inovação industrial; de outro lado, geram insumos para ensino de excelência na FGV. Esse modelo é representado pela figura a seguir.

Modelo do Programa de Pesquisa



Ao longo de seus 15 anos de existência foram implementados cerca de 20 estudos no âmbito deste programa de pesquisa. A grande maioria desses projetos de pesquisa tem sido realizada à base de extensivos trabalhos de campo, de cobertura em longo prazo, e à base de evidências qualitativas e quantitativas de primeira mão coletadas diretamente de empresas e de organizações do sistema de apoio ao sistema de inovação via trabalhos de campo. Isto tem possibilitado a realização de análises com adequado grau de detalhe, profundidade e dinamismo (exame sistemático de mudanças ao longo do tempo e sob regimes industriais distintos).

Este documento reflete os primeiros resultados do projeto de pesquisa intitulado "Acumulação de Capacidades Tecnológicas e Fortalecimento da Competitividade Industrial no Brasil: Análise Empírica e Recomendações Práticas para Políticas Públicas e Estratégias Empresariais".

Trata-se de pesquisa financiada pela Rede de Pesquisa e Conhecimento Aplicado (RPCAP) da Fundação Getulio Vargas (FGV) e com envolvimento de pesquisadores de duas unidades da FGV: a Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas (EBAPE) e o Instituto Brasileiro de Economia (IBRE).

Trata-se de pesquisa financiada pela Rede de Pesquisa e Conhecimento Aplicado (RPCAP) da Fundação Getulio Vargas (FGV), com envolvimento de pesquisadores de duas unidades da FGV: a Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas (EBAPE) e o Instituto Brasileiro de Economia (IBRE). A pesquisa está sendo desenvolvida no âmbito do Programa de Pesquisa em Aprendizagem Tecnológica e Inovação Industrial no Brasil, da EBAPE/FGV, pela equipe: Paulo N. Figueiredo e Mauricio Canêdo Pinheiro (coordenadores), e os assistentes de pesquisa Bernardo Cabral, Felipe Queiroz, Fernanda Steiner e Rubia Wegner.

Sumário

Lista de Figuras 9

Lista de Quadros 10

Lista de Tabelas 10

1 Introdução 11

1.1 Por que o desenvolvimento industrial é importante para o crescimento econômico? 11

1.2 A indústria relacionada a recursos naturais no Brasil 12

1.3 Questões e foco da pesquisa 14

1.4 Por que os estudos e abordagens existentes não são suficientes? 15

2 Base Conceitual 17

2.1 A perspectiva sobre inovação nesta pesquisa 17

2.2 Apresentação da base analítica da pesquisa 18

3 Desenho e Método da Pesquisa 25

3.1 Estratégia de pesquisa 25

3.2 Procedimentos e critérios para escolha da indústria e suas organizações 26

3.3 Procedimentos e critérios para coleta de evidências 27

3.3.1 *Workshops* 27

3.3.2 Entrevistas 28

3.3.3 Questionários 28

4 A Indústria Relacionada a Recursos Naturais 33

4.1 Delimitação e natureza da indústria relacionada a recursos naturais 33

4.2 Breve panorama da organização industrial da indústria relacionada a recursos naturais na perspectiva das indústrias selecionadas 36

4.2.1 Áreas tecnológicas das indústrias selecionadas 36

4.2.2 Aspectos econômicos das indústrias selecionadas 38

5 Resultados da Pesquisa 42

5.1 Acumulação de capacidades tecnológicas das empresas relacionadas a recursos naturais no Brasil (2003-2014) 42

5.1.1 Acumulação de níveis de capacidade tecnológica em indústrias relacionadas a recursos naturais no Brasil (2003-2014) 43

5.2 Influência dos mecanismos de aprendizagem na acumulação de capacidades tecnológicas das empresas relacionadas a recursos naturais (2003-2014) 55

5.2.1 Evolução dos mecanismos de aprendizagem utilizados pelas empresas relacionadas a recursos naturais no Brasil (2003-2014) 56

5.2.1.1 Evolução dos mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais 56

5.2.1.2 Evolução dos mecanismos de aprendizagem interorganizacionais 59

5.2.2 Influência dos mecanismos de aprendizagem na acumulação de capacidades tecnológicas das empresas estudadas da indústria relacionada a recursos naturais no Brasil (2003-2014) 68

5.3 Impacto da acumulação de capacidades tecnológicas no desempenho competitivo das empresas da indústria relacionada a recursos naturais no Brasil (2003-2014) 71

6 Discussão e Recomendações 74

6.1 Discussão dos resultados 74

6.1.1 Acumulação de capacidades tecnológicas 75

6.1.2 Influência dos mecanismos de aprendizagem na acumulação de capacidades tecnológicas 75

6.1.3 Influência da acumulação de capacidades tecnológicas no desempenho competitivo 76

6.2 Implicações para estratégias empresariais e políticas públicas 77

6.3 Limitações e recomendações para próximas pesquisas 81

Referências 83

Lista de Figuras

Figura 2.1. Escala de tipos e graus de inovação a ser usada na pesquisa 17
Figura 2.2. Modelo analítico da pesquisa 19
Figura 2.3. Escala de níveis de capacidade tecnológica 21
Figura 4.1. Participação das indústrias selecionadas no valor adicionado total da indústria – 2003 e 2014 38
Figura 4.2. Participação das indústrias selecionadas no total exportado pelo Brasil – 2003 e 2014 40
Figura 4.3. Participação das indústrias selecionadas no total importado pelo Brasil – 2003 e 2014 40
Figura 5.1. Número de empresas por nível de capacidade tecnológica na indústria relacionada a recursos naturais (2003-2014) 44
Figura 5.2. Número de empresas por nível de capacidade tecnológica na indústria sucroenergética (2003-2014) 45
Figura 5.3. Número de empresas por nível de capacidade tecnológica na indústria de celulose e papel (2003-2014) 46
Figura 5.4. Número de empresas por nível de capacidade tecnológica na indústria de mineração (2003-2014) 47
Figura 5.5. Número de empresas por nível de capacidade tecnológica na indústria de siderurgia (2003-2014) 48
Figura 5.6. Número de empresas por nível de capacidade tecnológica na indústria de petróleo e gás (2003-2014) 48
Figura 5.7. Indústria relacionada a recursos naturais: evolução do nível de capacidade das empresas produtoras (2003-2014) 55
Figura 5.8. Evolução dos tipos de mecanismo de aprendizagem intraorganizacional, valores médios em % (2003-2014) 57
Figura 5.9. Evolução dos tipos de resultado dos mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais, valores médios em % (2003-2014) 58
Figura 5.10. Relação entre os tipos de mecanismo de aprendizagem intraorganizacional e seus resultados, valores médios em % (2003-2014) 59
Figura 5.11. Evolução dos tipos de mecanismo de aprendizagem interorganizacional, valores médios em % (2003-2014) 61
Figura 5.12. Evolução dos tipos de parceiro, valores médios em % (2003-2014) 62
Figura 5.13. Evolução dos tipos de resultado dos mecanismos de aprendizagem interorganizacionais, valores médios em % (2003-2014) 63
Figura 5.14. Relação entre os tipos de mecanismo de aprendizagem interorganizacional e seus resultados, valores médios em % (2003-2014) 64
Figura 5.15. Relação entre os tipos de parceiros e os resultados dos mecanismos de aprendizagem interorganizacionais, valores médios em % (2003-2014) 65
Figura 5.16. Relação entre os tipos de mecanismo de aprendizagem interorganizacional e de parceiro, valores médios em % (2003-2014) 66

Figura 5.17. Regressões quantílicas: evolução dos fatores de mecanismos de aprendizagem por quantis de capacidade tecnológica 70
Figura 5.18. Regressões quantílicas: evolução da capacidade tecnológica por quantis de receita de vendas 72

Lista de Quadros

Quadro 3.1. Visão geral do progresso da pesquisa de campo 26
Quadro 3.2. Tipos de questionário aplicados, agentes respondentes e variáveis coletadas 28
Quadro 3.3. Métrica para aferir capacidades tecnológicas 29
Quadro 3.4. Variáveis de desempenho competitivo 30
Quadro 3.5. Mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais 30
Quadro 3.6. Mecanismos de aprendizagem interorganizacionais e parceiros 31
Quadro 5.1. Indústria relacionada a recursos naturais: classificação das atividades, por área tecnológica, em níveis de acumulação de capacidades tecnológicas 50
Quadro 5.2. Fatores de mecanismos de aprendizagem interorganizacionais – ACP 67

Lista de Tabelas

Tabela 5.1. Evolução do número e da proporção de empresas que acumularam níveis específicos de capacidade tecnológica na indústria relacionada a recursos naturais (2003-2014) 43
Tabela 5.2. Relação entre níveis de capacidade tecnológica e fatores de mecanismos de aprendizagem interorganizacionais 68
Tabela 5.3. Relação entre capacidade tecnológica, resultados dos mecanismos de aprendizagem e receita de vendas 71

1 Introdução

Como argumentado no âmbito do projeto de pesquisa mencionado e de suas publicações relacionadas, grande parte do alcance e do fortalecimento da competitividade industrial brasileira depende de esforços eficazes de acumulação de capacidades tecnológicas para inovação e aumento de produtividade.[1] Nesse sentido, o objetivo do projeto de pesquisa "Acumulação de Capacidades Tecnológicas e Fortalecimento da Competitividade Industrial no Brasil: Análise Empírica e Recomendações Práticas para Políticas Públicas e Estratégias Empresariais" consiste em examinar como a acumulação de capacidades tecnológicas inovadoras, em nível de empresas e indústrias, pode contribuir para fortalecer a competitividade industrial do país.

Como já se discutiu, o Brasil é um país de renda *per capita* média e há o risco de estagnação em longo prazo nesse nível de desenvolvimento – a chamada "armadilha da renda média". Para que o país dobre seu nível de renda *per capita* em 20 anos, é preciso um crescimento econômico médio anual de 3,5%, muito mais elevado do que o experimentado nas últimas décadas, seja qual a for a data de corte utilizada.

1.1 Por que o desenvolvimento industrial é importante para o crescimento econômico?

O desenvolvimento industrial e tecnológico é um dos fatores decisivos para que os países avancem para a categoria de alta renda *per capita*. Não se trata de uma panaceia, mas a história ensina que nações que se desenvolveram industrialmente, por meio da acumulação de capacidades tecnológicas para inovação, também obtiveram significativo desenvolvimento socioeconômico. Tornaram-se países de alta renda, transformaram-se em líderes no mercado global e em fornecedores de tecnologia para vários tipos de indústria.

A indústria joga importante papel de viabilizar um ritmo adequado de crescimento econômico por várias razões: (i) é uma das mais importantes fontes de inovações tecnológicas; (ii) as várias inovações tecnológicas que emergem na indústria podem se difundir e influir outros tipos de inovação nos demais setores da economia; (iii) a produtividade na indústria manufatureira tende a crescer mais rapidamente do que a do setor de serviços; (iv) a indústria manufatureira é grande demandadora e impulsionadora de uma ampla gama de atividades e serviços; (v) a indústria manufatureira demanda e gera recursos humanos altamente qualificados; e (vi) essas demandas por serviços e recursos humanos qualificados têm efeitos multiplicadores na economia, que, por sua vez, contribuem para o crescimento industrial e econômico. Portanto, o fortalecimento da

[1] Ver Pinheiro et al. (2015) e Pinheiro e Figueiredo (2015).

capacidade tecnológica da indústria brasileira é uma das condições necessárias ao crescimento econômico do país.

Neste projeto, adotou-se uma perspectiva abrangente para a indústria, que, indo além da indústria manufatureira, envolve várias atividades relacionadas a recursos naturais. Isso porque, a partir de 2000, se intensificou o amplo debate internacional sobre o papel das indústrias intensivas em recursos naturais no crescimento e desenvolvimento de países ricos nesses recursos. Essas indústrias contribuíram enormemente para o desenvolvimento socioeconômico de países hoje avançados, como Austrália, nações da Escandinávia, além de Canadá e Estados Unidos.[2] Ao contrário das generalizações comuns (e negativas) sobre essas indústrias, evidências de pesquisas recentes, especialmente no contexto de economias em desenvolvimento, demonstram que elas oferecem amplas oportunidades para desenvolvimento tecnológico e inovação.[3] São exemplos dessas indústrias algumas das selecionadas para esta pesquisa: sucroenergética, celulose e papel, siderurgia, mineração e petróleo e gás.

1.2 A indústria relacionada a recursos naturais no Brasil

A indústria brasileira já foi alvo de diferentes pesquisas, em diversos níveis de análise. Por exemplo, o superciclo de preços das *commodities* reavivou o debate em torno do papel dessa indústria no desenvolvimento das economias ricas na dotação de fatores. Há, ainda, um número considerável de estudos[4] que associam, nesse debate, os recursos naturais à deterioração dos termos de intercâmbio[5], assumindo que detêm baixo potencial de inovação e de aprendizado[6]. Por outro lado, a corrente que assume que os recursos naturais possuem algum potencial de inovação tem se feito presente com alguns estudos, como a discussão de oportunidades para diversificação, por exemplo[7].

Esta pesquisa, por sua vez, situa-se em uma perspectiva atualizada sobre o papel dos recursos naturais no desenvolvimento industrial brasileiro – atualizada especialmente em função da metodologia usada, isto é, o trabalho de campo e acompanhamento das atividades realizadas pelas empresas da amostra. As indústrias analisadas – sucroenergética, celulose e papel, mineração, siderurgia e petróleo e gás – são tradicionais da economia brasileira, podendo ser citadas algumas justificativas nesse sentido.

O açúcar e o bioetanol são produtos tradicionais da indústria sucroalcooleira, a qual, após a intensa transformação experimentada nos últimos 15 anos, tem sido identificada como sucroenergética; junte-se aí um novo produto, a energia, além de novas rotas tecnológicas para a produção do etanol e de coprodutos, como vinhaça e torta de filtro. Nesse contexto, a indústria

[2] Ver Andersen et al. (2015) e Perez (2015).

[3] Ver Dantas e Bell (2011), Figueiredo (2010) e Marin, Petralia e Ortega (2012).

[4] Ver, por exemplo, Ross (2015).

[5] Ver Prebisch (1982).

[6] Ver Castaldi et al. (2009).

[7] Ver Hausmann e Rodrik (2003).

sucroenergética ainda apresenta uma posição de destaque na indústria brasileira. Além disso, há o interesse geral da literatura sobre um panorama frutífero para essa indústria no Brasil[8] e sua importância na economia brasileira: (i) produção de bioetanol e bioeletricidade respondendo por 18% da energia consumida no país; (ii) geração de mais de 1,2 milhão de empregos diretos; (iii) participação de 5,7% das exportações brasileiras em 2013 (US$ 15 bilhões)[9]; e (iv) representação de 2% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional em 2014[10].

A indústria de celulose e papel, por sua vez, vem ganhando cada vez mais espaço como importante atividade econômica no Brasil. O país é atualmente o quarto maior produtor de celulose, o maior produtor de celulose do tipo fibra curta (eucalipto) e o nono maior produtor de papel do mundo[11]; é também o maior exportador de celulose do mundo (sétimo produto mais exportado em 2015, com geração de US$ 5,6 bilhões de receita cambial)[12]. O setor tem estimativa de investimento nacional de R$ 53 bilhões até 2020[13], uma das maiores dentro da indústria.

Em relação à indústria de mineração, suas grandes empresas surgiram no início da década de 1940, com a Vale do Rio Doce. Sua contribuição no PIB brasileiro evoluiu de 1% na década de 1980 para 4,1% em 2013; além disso, a produção mineral brasileira cresceu de US$ 5 bilhões em 2001 para US$ 44 bilhões em 2013, ano em que as exportações minerais representaram 23,5% do valor total exportado pelo país, tendo essa indústria empregado aproximadamente 2,2 milhões de pessoas, gerando US$ 1,03 bilhão em *royalties*[14]. Ainda em 2013, os bens minerais tiveram participação no PIB do Brasil de 4% e no PIB global de 5%. O nível de atividade da indústria extrativa mineral tem sido acompanhado pela alteração na composição da demanda, isto é, o setor externo vem apresentando maior dinamismo, em detrimento do mercado doméstico. Entre as indústrias consumidoras de bens minerais, tiveram desempenho negativo: siderurgia (-5,3%) e metalurgia (-5,0%), enquanto, entre as atividades que melhoraram seu desempenho, estão os produtos de ferro-gusa e de ferro-liga (4,5%)[15].

Sobre a siderurgia, há estudos comparativos de capacidade tecnológica e desempenho entre empresas[16], enquanto outros analisam as implicações das capacidades tecnológicas e aprendizagem ao aprimoramento de desempenho[17]. Diferentes estudos descrevem as tecnologias existentes na indústria brasileira de siderurgia e os impactos da privatização das empresas públicas na organização industrial[18], como também abordam a história dessa indústria no Brasil, estando relacionados à percepção da sua importância como fornecedora de insumos básicos para a construção civil e as indústrias automotiva, de bens de capital, máquinas e equipamentos

[8] Ver Furtado, Scandiffio e Cortez (2011).

[9] Ver Agrostat Brasil (2014) e Brasil (2014a, 2014b).

[10] Ver Neves e Trombin (2014).

[11] Ver FAO (2015).

[12] Ver Brasil (2016).

[13] Ver Ibá (2015a).

[14] Ver Brasil (2014).

[15] Ver IBGE (2016).

[16] Ver Figueiredo (2001, 2002, 2003).

[17] Ver Castro e Figueiredo (2005).

[18] Ver De Paula (1992, 1998, 2002, 2012).

(incluindo agrícolas) e utilidades domésticas e comerciais[19]. Além disso, levou-se em consideração sua importância para a economia brasileira: (i) emprega cerca de 122 mil pessoas no país; (ii) teve saldo comercial no ano de 2015 de US$ 2,7 bilhões; e (iii) fez do Brasil o sexto maior exportador líquido de aço do mundo[20]. Entretanto, ainda há poucos estudos empíricos acerca das empresas com alta representatividade na indústria siderúrgica, examinando detalhadamente as capacidades tecnológicas, sendo também escassos os trabalhos que ressaltam os fatores que influenciam a acumulação de capacidades tecnológicas e suas consequências. As questões de pesquisa que visam a preencher essas lacunas são ressaltadas a seguir.

Finalmente, no tocante à indústria de petróleo e gás, do ponto de vista econômico, a extração e suas atividades de apoio têm uma participação no PIB industrial do país superior a 10%[21], sendo o petróleo e seus derivados produtos de grande relevância na pauta exportadora (11% do total exportado em 2014)[22] e o petróleo, especificamente, a principal fonte energética usada no mundo e no Brasil (representando 33% e 39% da matriz energética mundial e brasileira, respectivamente)[23]. Do ponto de vista tecnológico, tem apresentado novas oportunidades de inovação, com transbordamentos tecnológicos para os demais setores econômicos, como a indústria química e de construção civil. Além disso, as parcerias para a superação de desafios tecnológicos são uma característica notável da indústria de petróleo e gás. Em relação a números, o Brasil contempla 6% das reservas mundiais de petróleo, um fator de estímulo aos investimentos na indústria. Até 2020, o dispêndio total de gastos e investimento por equipamentos e serviços para a extração e produção no país será de US$ 400 bilhões, sendo mais de 30% direcionados à produção de equipamentos submarinos, o que evidencia uma boa oportunidade de escala para desenvolver a cadeia produtiva local[24]. Ademais, o país ocupa a 13ª posição entre os países produtores de petróleo, considerando a quantidade de barris produzidos por dia, sendo responsável por 2,7% do petróleo mundial[25].

1.3 Questões e foco da pesquisa

Com esse pano de fundo, esta pesquisa foi desenhada para examinar duas questões. A primeira refere-se a *até que ponto* e *como* empresas das indústrias relacionadas a recursos naturais selecionadas no Brasil têm acumulado capacidades tecnológicas, tanto para atividades operacionais quanto para inovação. A segunda objetiva explicar *como* esse processo de acumulação de capacidades tecnológicas tem influenciado o alcance e o fortalecimento (ou enfraquecimento) da competitividade industrial.

[19] Ver Andrade e Cunha (2002) e Gomes (1983).

[20] Ver Instituto Aço Brasil (2016) e World Steel Association (2015).

[21] Ver IBGE (2014).

[22] Ver Brasil (2016).

[23] Ver BP Global (2015) e EPE (2014).

[24] Ver ONIP (2010).

[25] Ver ANP (2016) e BP Global (2015).

A investigação abrange não apenas a acumulação de capacidades tecnológicas em si, mas também seus fatores internos (dentro das empresas) e externos, como as políticas públicas. A motivação para contribuir com a geração de novas evidências e explicações sobre a relação entre acumulação de capacidades tecnológicas e competitividade industrial no Brasil apresenta ligação não apenas com a situação preocupante na qual esta se encontra, mas também com as limitações dos estudos e abordagens existentes.

1.4 Por que os estudos e abordagens existentes não são suficientes?

Durante os últimos anos, têm emergido diversos estudos que objetivam examinar a relação entre inovação e competitividade industrial no Brasil. Não obstante os méritos desses estudos e abordagens, eles possuem algumas limitações quanto aos métodos e *proxies* adotados, como, por exemplo:

(1) Há forte tradição de examinar questões relacionadas à inovação industrial e competitividade a partir de uma perspectiva macro ou agregada, geralmente à base de dados derivados de *surveys* de inovação. A despeito dos méritos dessa abordagem, perde-se a oportunidade de captar detalhes e nuanças importantes sobre o processo de desenvolvimento tecnológico e suas implicações para a competitividade na indústria. Há, no Brasil, justamente uma escassez de dados primários e análises em empresas que possam gerar insumos para o desenho e implementação de políticas públicas e ações corporativas mais eficazes relativas ao desenvolvimento industrial. Como se sabe, quanto mais se agrega, mais se escondem detalhes importantes do processo de inovação industrial.

(2) Especificamente, os chamados *surveys* de inovação, amplamente utilizados em diversos países, ainda que sejam muito relevantes para fornecer uma perspectiva agregada, possuem importantes e inerentes limitações, tais como: (i) insuficiência para captar as capacidades tecnológicas que possibilitam a implementação das atividades inovadoras; (ii) desenho estático que não capta o processo de evolução das atividades inovadoras e suas fontes; e (iii) limitação em termos do estudo sobre o processo, causas e consequências da acumulação de capacidades tecnológicas em empresas e indústrias.

(3) Há, também, o uso de *proxies* ou medidas inadequados para examinar atividades inovadoras, como é o caso de indicadores de gastos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), número de laboratórios e estatísticas de patentes. Esses indicadores, ainda que clássicos, têm sérias limitações: (i) representam apenas uma pequena fração (quando muito) das reais atividades inovadoras; e (ii) negligenciam importantes atividades inovadoras de natureza incremental, derivadas de esforços de engenharia e experimentações diversas. Esses esforços, por sua vez, são, de um lado, precondições para avançar a níveis mais sofisticados de inovação e, de outro, geram grande impacto positivo na produtividade.

(4) Ademais, tende-se a enxergar a inovação basicamente como *produto* ou resultado direto da oferta de certos insumos, como laboratórios de P&D e capital humano, representado pelo número de mestres e doutores. Ainda mais problemáticos são critérios como: publicações; percepções de gestores que excluem as nuanças que as próprias empresas fazem sobre suas atividades de inovação; foco num momento específico do tempo e não em processos que evoluem dinamicamente; fixação num determinado fator, como capital físico ou humano, sem avaliar como o conjunto amplo de recursos interage ao longo do tempo.

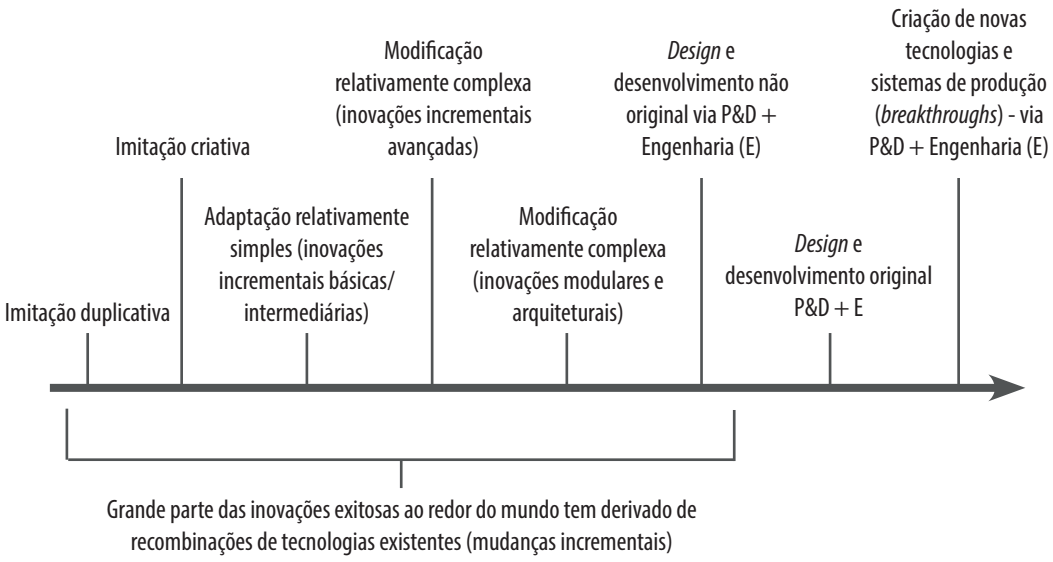
2 Base Conceitual

A base conceitual que dá sustentação a esta pesquisa envolve o exame da relação entre a acumulação de capacidades tecnológicas (para atividades de produção e inovação), os mecanismos subjacentes de aprendizagem (fontes para acumulação de capacidades tecnológicas) e os impactos gerados em termos de competitividade à luz de mudanças na moldura institucional.

2.1 A perspectiva sobre inovação nesta pesquisa

Antes de apresentar a base analítica do projeto e definir seus principais componentes, é importante esclarecer a ideia sobre inovação que permeia esta pesquisa, a qual transcende as perspectivas limitadas que tratam a inovação somente como atividades altamente complexas derivadas de esforço científico em sofisticados laboratórios de P&D. Como mostrado na Figura 2.1, uma ampla ideia de inovação abrange a implementação de mudanças em produtos/serviços, processos e sistemas organizacionais e gerenciais – da iniciação à adaptação menor e daí até os estágios mais avançados. As atividades incluem imitação duplicativa, imitação criativa e as mais sofisticadas ações de *design* e desenvolvimento à base de engenharia e P&D (Figura 2.1). Essas atividades podem ter graus de novidade que variam de novas para a empresa até novas para a economia, como também para o mercado internacional.

Figura 2.1. Escala de tipos e graus de inovação a ser usada na pesquisa



Fonte: Figueiredo (2015, p. 24).

A Figura 2.1 sugere que a ideia de classificar empresas (ou países), segundo uma perspectiva "binária", como "inovadora" *versus* "não inovadora" é limitada e equivocada. Aliás, a perspectiva de inovação como um contínuo de atividades com crescentes **graus de complexidade e novidade** é particularmente importante para a compreensão do processo de inovação em empresas que operam em economias em desenvolvimento e emergentes. Várias dessas empresas iniciam suas atividades tecnológicas com base em imitação duplicativa, para poderem avançar ao outro extremo do espectro da Figura 2.1.

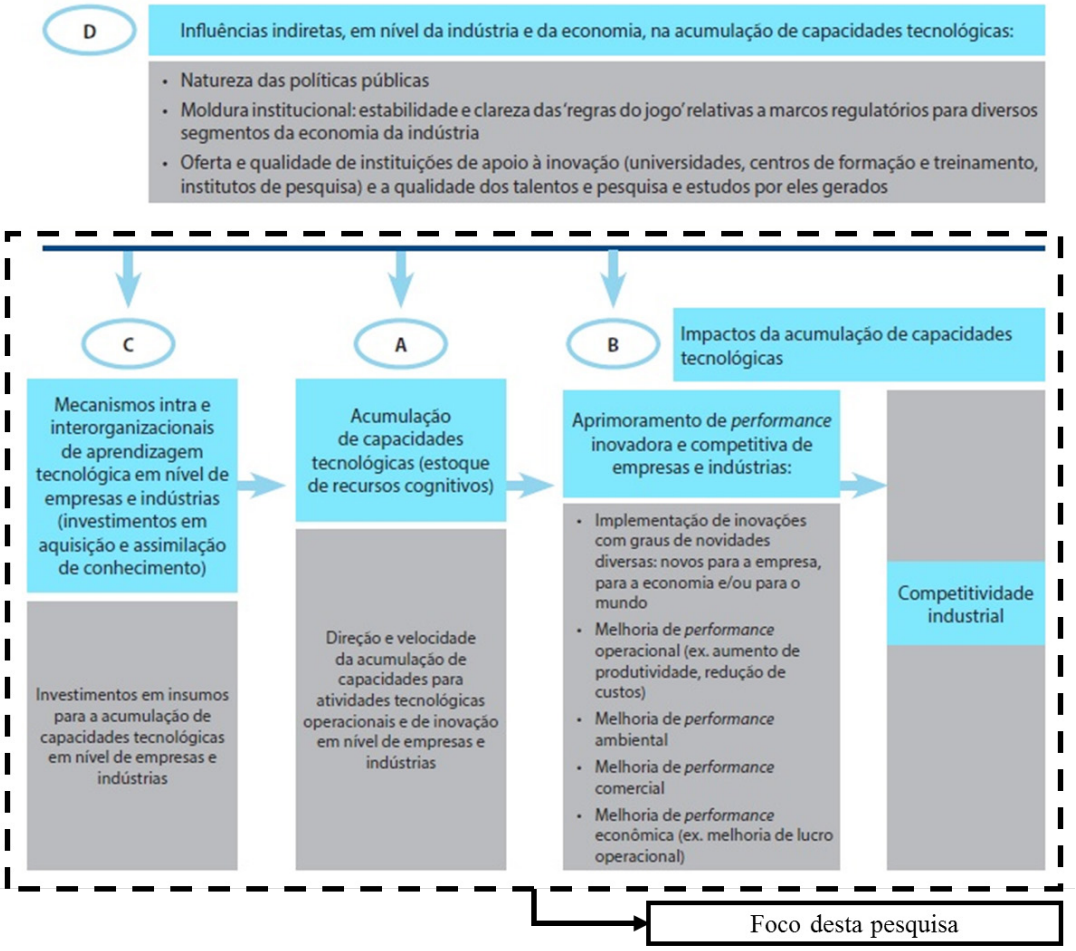
Dessa forma, a visão de inovação da pesquisa é abrangente e não se limita à alta tecnologia de fronteira, podendo derivar de uma forte base de engenharia nas empresas – como é típico, por exemplo, das indústrias de máquinas alemãs, líderes globais em vários segmentos – e até mesmo do chão de fábrica, de uma sólida ferramentaria capaz de fazer modificações básicas em produtos e processos. Inovação é entendida, assim, como *processo* e não como evento isolado, muito menos "linha de chegada".

Não se pense, porém, que a ênfase nesse espectro de estágios de capacidade tecnológica e inovadora significa, de alguma forma, negligenciar as etapas superiores de P&D e os *rankings* patentários. É exatamente o contrário. O problema é que a visão, por vezes predominante, de enfatizar somente o desenvolvimento de capacidades nos estágios superiores fracassa exatamente por dar pouca atenção à massa crítica das fases anteriores, que compõem o tipo de tecido produtivo em que é possível surgir com mais frequência os expoentes de fronteira.

2.2 Apresentação da base analítica da pesquisa

O modelo analítico do projeto está representado na Figura 2.2, a seguir. Esse modelo é importante para fornecer avanços em termos de novo entendimento sobre a relação entre as questões estudadas, assim como um claro esclarecimento às autoridades públicas sobre as diferenças e semelhanças entre as empresas, no que diz respeito às causas e aos resultados da formação de capacidade de inovação e competitividade. Isso é importante para adaptar suas políticas e estratégias de negócios.

Figura 2.2. Modelo analítico da pesquisa



Fonte: Adaptado de Bell e Figueiredo (2012) e Figueiredo (2015).

Esse conjunto de relações representado na Figura 2.2 será analisado como um conjunto de indústrias e suas principais empresas produtoras e fornecedores, como também de organizações de apoio à inovação, como universidades e institutos de pesquisa. Esclarece-se, a seguir, o significado dos elementos da estrutura analítica da pesquisa, conforme apresentado na figura. Destaca-se que se dá atenção especial aos *inputs*, isto é, aos fatores que levam a inovar, e não apenas ao *output* (inovação em si). Entretanto, o foco da pesquisa recai sobre as relações existentes entre as etapas A, B e C. As influências indiretas em nível da indústria e da economia apresentadas na etapa D são levadas em consideração, principalmente na elaboração de *insights* sobre políticas públicas, mas não integram o método estatístico de mensuração das relações entre as etapas.

A: acumulação de capacidades tecnológicas. *Capacidades tecnológicas* são definidas aqui como os recursos (base de conhecimento) para administrar e gerar as mudanças tecnológicas. Envolvem o capital humano, que não se limita a cientistas com pós-doutorado, mas pode incluir engenheiros, técnicos e até pessoal de "chão de fábrica"; o capital físico, representado por laboratórios, bancos de dados, *software* etc.; e o capital organizacional, que inclui processos organizacionais, procedimentos e rotinas. Com relação às capacidades tecnológicas, fez-se distinção entre aquelas voltadas à operação (ou produção) e à inovação.

As *capacidades tecnológicas operacionais (ou de produção)* referem-se àquelas que permitem às empresas usar ou adotar tecnologias e sistemas de produção existentes, ou seja, são os recursos necessários para realizar atividades de produção de bens ou serviços com dado grau de eficiência. Já as *capacidades tecnológicas inovadoras* possibilitam às empresas implementar diferentes tipos e graus de atividades inovadoras, estando relacionadas aos recursos necessários para gerar e gerir mudanças tecnológicas, em termos de inovações em processos, produtos, sistemas técnico-físicos, serviços e organização. Dessas capacidades, provém a diferença, por exemplo, entre uma empresa capaz de manufaturar um celular e outra que, além de fabricar, é capaz de desenvolver o *software* do aparelho móvel; entre uma empresa que monta automóveis e outra capaz de projetá-los; ou entre um país com capacidade tecnológica para lançar foguetes, mesmo tendo renda baixa, como a Índia, e outro que não tem a mesma capacidade, como o Brasil.

Reitera-se ser importante distinguir entre uma operação avançada tecnologicamente, como no caso de uma empresa que *opera* maquinário ou sistema de produção de última geração, e atividades que *alteram*, *inovam* ou *criam* novas tecnologias e sistemas de produção. A realização de cada uma dessas atividades tecnológicas implica a acumulação de **capacidades distintas** em empresas e indústrias. Consequentemente, os investimentos empresariais – e as políticas públicas – relativos ao desenvolvimento de capacidades tecnológicas operacionais e de inovação são significativamente diferentes.

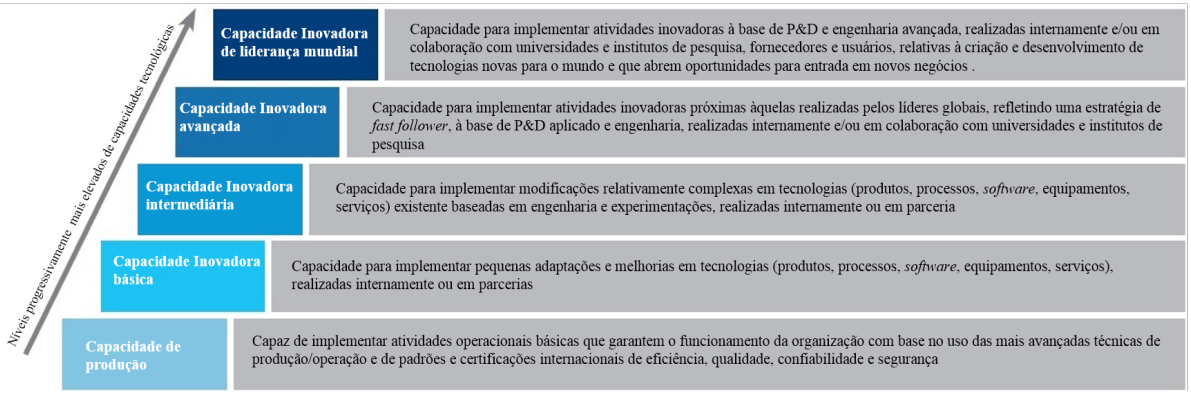
Para medir os tipos e níveis de capacidade das empresas, este projeto trabalhou com uma escala de estágios de capacidade tecnológica, importante para entender até que ponto e como empresas e indústrias estão se movendo ao longo desse gradiente. Um dos principais objetivos de políticas públicas que venham a se valer do tipo de conhecimento obtido com este projeto pode perfeitamente ser o Brasil evoluir para um elevado nível patentário e de concentração de laboratórios de P&D (o lado extremo direito da Figura 2.1). Contudo, para que se caminhe nessa direção, é indispensável entender como as próprias empresas comportam-se nessa trilha.

Especificamente, o projeto empregou uma abordagem comprovada e adotada nos estudos de formação de capacidade das empresas de economias emergentes, a qual tem como fundamento a aquisição direta de informações descritivas sobre as atividades tecnológicas dessas empresas. Em outras palavras, baseou-se em evidências sobre as **atividades que as empresas são, de fato, capazes de realizar tecnologicamente, individualmente e/ou em parceria**. A partir dessas informações, diversos procedimentos subsequentes foram utilizados para classificar as atividades tecnológicas das empresas em níveis sucessivos de complexidade e novidade, podendo-se, com isso, inferir seus níveis de capacidade tecnológica à luz da escala da Figura 2.3.

Essa classificação normalmente envolve sequências que se iniciam nos níveis de capacidade de produção até os níveis de capacidade inovadora. A Figura 2.3 fornece um exemplo ilustrativo que faz distinção entre quatro níveis de capacidade inovadora (integrando os tecnológicos e organizacionais), abrangendo das capacidades inovadoras básicas (para adaptações menores etc.) até a capacidade inovadora no âmbito de liderança mundial, para superação dos líderes globais. Esse modelo foi utilizado para coletar evidências e analisar a natureza das trajetórias e a

razão pela qual as empresas estudadas caminham pelos diferentes níveis de capacidade. A escala da Figura 2.3 alinha-se à perspectiva ampliada de inovação representada na Figura 2.1.

Figura 2.3. Escala de níveis de capacidade tecnológica



Fontes: Adaptado de Bell e Figueiredo (2012) e Figueiredo (2001, 2015).

A fim de evitar análises de natureza "subjetiva" acerca dos níveis de capacidade tecnológica alcançados pela empresa em estudo, a avaliação com base na escala da Figura 2.3 foi substanciada por evidências concretas (fatos) que comprovam se a empresa é capaz ou não de realizar certa atividade tecnológica, com determinado grau de novidade e complexidade. Com relação a essa taxonomia para medição de capacidades tecnológicas, é relevante esclarecer que: (i) ela não pressupõe que todas as unidades de uma mesma empresa necessariamente se capacitam em uma sequência linear; (ii) tampouco pressupõe que as capacidades são acumuladas e sustentadas (ou debilitadas) ao mesmo tempo e à mesma velocidade para as diferentes funções tecnológicas; (iii) para certa função ou área tecnológica (por exemplo, processo, produto, engenharia de projeto), pode-se alcançar uma profundidade de capacidade tecnológica, enquanto, para outra, um nível mais superficial; (iv) é possível uma empresa acumular partes de certas capacidades inovadoras, sem que a acumulação de suas capacidades operacionais esteja consolidada, o que é denominado acumulação incompleta; e (v) pode ocorrer o enfraquecimento (ou mesmo perda) de capacidades inovadoras já acumuladas ou reversão tecnológica.

A aplicação desse sistema de mensuração teve grande ímpeto a partir de 1999, no âmbito do Programa de Pesquisa em Aprendizagem Tecnológica e Inovação Industrial da EBAPE/FGV, tendo sido realizados mais de 20 estudos em empresas de várias indústrias ao redor do Brasil, que chegaram a resultados extremamente reveladores sobre capacidades tecnológicas e de inovação no país. Ademais, tem sido amplamente aceito pela comunidade científica internacional, cujo reconhecimento reflete-se na aplicação dessa mensuração em vários estudos publicados em prestigiadas revistas científicas internacionais e em iniciativas de desenvolvimento industrial.

Convém esclarecer que não se está sugerindo qualquer tipo de superioridade dessa abordagem para exame de capacidades tecnológicas empresariais em relação à abordagem à base de *surveys* de inovação, que adota uma perspectiva macro ou agregada, permitindo, metaforicamente falando, obter uma visão da "floresta", enquanto a abordagem baseada em tipos e níveis

de capacidade tecnológica *nas* empresas fornece uma perspectiva de "árvores" específicas ou de um grupo ou espécies de uma floresta. São abordagens complementares e importantes para o desenho e implementação de estratégias empresariais e governamentais de inovação industrial, assim como para decisões de investimentos em inovação.

Por outro lado, uma perspectiva sobre o *processo* de acumulação de capacidades tecnológicas em empresas específicas de determinadas indústrias, como feito com a abordagem baseada em tipos e níveis de capacidade tecnológica em empresas, possibilita a identificação de nuanças e pormenores altamente importantes para obter uma visão com adequado nível de detalhe e profundidade. Possibilita, também, captar a dinâmica de acumulação de capacidades para funções tecnológicas específicas de produção e inovação.

Uma abordagem dessa natureza, pouco explorada em larga escala no Brasil até recentemente, permite a captação de nuanças, especificidades empresariais, setoriais e regionais do processo de acumulação de capacidades tecnológicas, tornando-se de crucial importância como clarificadora, iluminadora e apoiadora do processo de desenho, redesenho, implementação e ajuste de estratégias de desenvolvimento de capacidades tecnológicas em empresas na indústria. Serve, portanto, como uma perspectiva complementar à abordagem em nível agregado. Por sua simplicidade, associada ao seu nível de detalhe e rigor analítico e de aplicação, também pode ser empregada pela própria empresa, por meio de iniciativas de seus gerentes, como um exercício de autoavaliação de sua capacidade tecnológica.

B: mecanismos de aprendizagem tecnológica (intra e interorganizacionais). Referem-se aos vários mecanismos pelos quais as empresas formam e acumulam suas capacidades inovadoras. Em outras palavras, a "aprendizagem" é analisada como *dados para formação da capacidade de inovação das empresas*. Portanto, se as empresas buscam aprofundar suas capacidades inovadoras rapidamente para cruzar as descontinuidades tecnológicas de forma efetiva e para inovar na fronteira, precisam envidar esforços na aprendizagem intensiva para adquirir e criar os recursos necessários. Neste projeto de pesquisa, tomou-se como base a afirmação de que a aprendizagem no sentido de formação e aprofundamento das capacidades para inovar é consciente, deliberada e não automática e passiva.

Coletaram-se evidências, ou seja, *esforços de aprendizagem* dentro de empresas individuais foram examinados e medidos, com relação aos mecanismos de aprendizagem e atividades de dois tipos: aqueles *internos à empresa* e aqueles em que a empresa adquire elementos de capacidade por meio de *vínculos externos* com outras organizações. Esses dois tipos de mecanismo de aprendizagem envolvem, por exemplo, aquisições de conhecimento via contratação de profissionais, vários tipos de treinamento para adquirir conhecimento para inovação, assim como mecanismos de aprendizagem para assimilar ou absorver os vários tipos de conhecimento obtidos externamente para a realização de atividades inovadoras.

C: "impactos" da acumulação de capacidades tecnológicas. Os "impactos" de capacidades inovadoras e de aprendizagem foram examinados conforme seu efeito sobre o desempenho das empresas e da indústria. A forma como as empresas acumulam suas capacidades tecnológi-

cas é algo que impacta sua *performance* competitiva. Especificamente, o alcance de *performance* distintiva está associado aos tipos e níveis de capacidade tecnológica que as firmas acumulam, os quais permitem a elas implementar atividades de produção e, principalmente, de inovação. Como a inovação agrega valor a produtos e serviços, possui impacto direto no crescimento da indústria e da economia.

Por meio da inovação, podem-se ampliar mercados, criar demandas novas, antecipar-se a demandas do mercado e, consequentemente, conquistar e assegurar mercados internos e internacionais. Desse modo, a acumulação de capacidades tecnológicas, especialmente as inovadoras, impacta o alcance, sustentação e ampliação da competitividade industrial. Portanto, quanto às empresas e indústrias, constitui insumo fundamental para o crescimento industrial e econômico. Entre os indicadores de desempenho, foram examinados: (i) produtividade do trabalho e do capital; (ii) capacidade para exportar; e (iii) implementação de atividades derivadas da capacidade inovadora e da aprendizagem.

D: influências indiretas, em nível da indústria e da economia, na acumulação de capacidades tecnológicas de empresas. É óbvio o papel exercido pelas estruturas institucionais no processo de desenvolvimento tecnológico e industrial de uma nação. Muito embora o processo de inovação ocorra em empresas, as universidades e institutos de pesquisa apoiam-no de várias formas, como, por exemplo, fornecendo capital humano qualificado, complementando atividades de pesquisa demandadas pela indústria e gerando ciência, que pode ser utilizada pela indústria (embora não haja linearidade, ou seja, a produção de ciência nas universidades e institutos públicos de pesquisa não significa, necessariamente, a geração de inovação industrial e, em vários casos, esta não depende da ciência produzida em universidades).

Trata-se aqui das políticas em âmbito federal, estadual e local, desenvolvidas intencionalmente, isto é, regulamentos, leis, normas, regras do jogo, instruções de política e programas com objetivos implícitos e explícitos de influenciar o desenvolvimento da Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I). As regularidades do comportamento incluídas nas orientações de política, normas, regras, leis e rotinas podem criar incentivos positivos ou negativos que estimulam ou inibem o progresso tecnológico nas empresas selecionadas e o progresso industrial nas empresas e indústrias selecionadas.

Especificamente, é útil classificar as políticas públicas em duas dimensões: quanto ao seu tipo – provisão de bens públicos ou intervenções no mercado – e quanto à sua transversalidade – vertical (limitada a algumas poucas indústrias) ou horizontal (de alcance industrial mais amplo). Prover educação de qualidade, investir em infraestrutura, garantir direitos de propriedade e reduzir a burocracia nos negócios são exemplos de políticas horizontais na provisão de bens públicos. Criar universidades de engenharia, por exemplo, implica a provisão de bens públicos, mas de natureza vertical, pois atende a determinadas indústrias (eletrônicos, por exemplo), mas não a outras. Por sua vez, existem políticas que distorcem os preços relativos de indústrias específicas (subsídios e proteção comercial para determinadas indústrias).

Finalmente, há intervenções de mercado que buscam atingir atividades específicas (subsídios para P&D, para treinamento de mão de obra e para investimento em capital, por exemplo) e não determinadas indústrias.

3 Desenho e Método da Pesquisa

Esta seção descreve o desenho e o método utilizados nesta pesquisa, dividindo-se em: (i) apresentação da estratégia de pesquisa; (ii) procedimentos e critérios para escolha da indústria e suas organizações; e (iii) procedimentos e critérios para coleta de evidências.

3.1 Estratégia de pesquisa

A partir das questões investigadas e da base analítica da pesquisa, a implementação da metodologia envolveu um exame intra e intersetorial e em empresas, com cobertura ao longo do período de 2003 a 2014. Essa cobertura permitiu captar nuanças e mudanças ao longo do tempo nas questões investigadas, ou seja, a dinâmica do processo de acumulação de capacidades tecnológicas e seu impacto na competitividade industrial.

A estratégia de pesquisa seguiu o modelo analítico das três etapas destacadas na Figura 2.2. Primeiramente, identificaram-se, ao longo do tempo, níveis e padrões de acumulação de capacidades tecnológicas de empresas das indústrias selecionadas. Na sequência, analisou-se o que influenciou os níveis e padrões de acumulação de capacidades tecnológicas por meio da incidência de diferentes mecanismos de aprendizagem implementados pelas empresas. Finalmente, testaram-se os resultados gerados pela acumulação de capacidades tecnológicas por meio de impactos no desempenho competitivo das empresas (produtividade e inserção internacional). Essas três etapas buscaram obter resultados a partir da junção dos dados obtidos com as empresas das diferentes indústrias relacionadas a recursos naturais selecionadas (sucroenergética, siderurgia, celulose e papel, mineração e petróleo e gás).

A pesquisa foi baseada em evidências empíricas primárias, colhidas diretamente das empresas das indústrias selecionadas por meio da aplicação de questionários, combinados com trabalhos de campo. Essas evidências foram complementadas por evidências secundárias de fontes oficiais industriais e governamentais e por evidências empíricas obtidas, *a priori*, de uma base de dados e conceitual existente, construída por trabalhos desenvolvidos no âmbito do Programa de Pesquisa em Aprendizagem Tecnológica e Inovação Industrial no Brasil, da EBAPE/FGV.

No intuito de aumentar o potencial de impacto a ser gerado pela pesquisa na sociedade e sua aplicabilidade, uma de suas características marcantes foi a forte conexão e interação com tomadores de decisão (indústria e governo), que foram integrados ao processo da pesquisa desde a etapa inicial. Para tanto, foi realizado um total de cinco *workshops* (um para cada indústria) com gestores empresariais, tanto de empresas produtoras quanto fornecedores das indústrias pes-

quisadas, gestores governamentais, dirigentes de associações industriais e agências reguladoras e pesquisadores de universidades e institutos de pesquisa. Todos esses atores discutiram as principais questões prementes e as necessidades em nível empresarial, de indústria e governamental concernentes à inovação e à competitividade industrial. Assim, o projeto baseou-se numa forte interação com empresas e outras instituições vinculadas às respectivas indústrias, sendo esse outro grande diferencial em relação às pesquisas mais convencionais sobre inovação.

3.2 Procedimentos e critérios para escolha da indústria e suas organizações

O Quadro 3.1 apresenta uma visão geral do progresso da pesquisa de campo realizada para a construção deste trabalho. Ressalta-se que a abordagem metodológica utilizada foi implementada em três estágios distintos, quais sejam: exploratório, piloto e principal. Ao fim do estágio principal, foi feita ainda uma etapa de pós-pesquisa, com o objetivo de operacionalizar completamente os constructos e validar os dados encontrados nos questionários. Deve-se ressaltar que cada uma dessas etapas obedeceu ao cronograma estabelecido por indústria. As informações para as cinco indústrias estudadas foram coletadas num total de 15 meses, entre setembro de 2015 e dezembro de 2016.

Quadro 3.1. Visão geral do progresso da pesquisa de campo

Elemento da pesquisa	Estágio da pesquisa			
	Exploratório	**Piloto**	**Principal**	**Pós-pesquisa**
Foco e propósito	• Estudo de viabilidade da pesquisa. • Estudo industrial prévio (principais empresas, instituições e fornecedores, cadeia produtiva, políticas públicas).	• Seleção da amostra de empresas. • Teste para validação dos questionários.	• Coleta definitiva de dados quantitativos e qualitativos para a pesquisa. • Implementação da análise de dados.	• Operacionalização completa dos constructos e validação dos dados.
Fonte de dados	• Especialistas da indústria. • Literatura sobre a indústria.	• Profissionais das empresas da indústria. • Documentos públicos das empresas selecionadas.	• Profissionais das empresas da indústria. • Especialistas da indústria. • Eventos e atividade dos agentes.	• Profissionais-alvo das empresas selecionadas.

Elemento da pesquisa	Estágio da pesquisa			
	Exploratório	**Piloto**	**Principal**	**Pós-pesquisa**
Técnicas de coleta de dados	• Realização de *workshop* com principais agentes da indústria. • Pesquisa documental. • Entrevistas informais.	• Envio de questionário para um representante de cada tipo de agente (produtor, instituição e fornecedor). • Envio de carta-convite para agentes participantes da etapa principal.	• Seis entrevistas formais. • Envio de questionário para todas as organizações selecionadas. • Cobrança de resposta dos questionários por telefone e *e-mail*.	• *Follow-up* dos questionários respondidos. • Dupla validação das informações obtidas nos questionários.
Análise dos dados	• Descrição simples das informações encontradas na forma de texto.	• Identificação das atividades tecnológicas realizadas pelas empresas da indústria. • Validação dos questionários-piloto respondidos.	• Análise estatística descritiva das informações obtidas. • Uso de ferramentas estatísticas e econométricas para entender causalidades e correlação dos dados.	• Descrição dos resultados encontrados e confrontação com as informações obtidas anteriormente.

Fonte: Os autores (2017).

3.3 Procedimentos e critérios para coleta de evidências

A existência prévia de bases de dados distintas ajudou o processo de coleta de dados, permitindo dar um primeiro olhar para os movimentos recentes das indústrias selecionadas. As informações desejadas pela pesquisa e que não estavam presentes na literatura foram então buscadas por meio de três tipos de evidência primária: *workshops*, entrevistas e aplicação de questionários.

3.3.1 *Workshops*

A primeira iniciativa na busca de respostas para as perguntas da pesquisa foi a realização de *workshops*, que contaram com a presença de um total de 113 representantes das indústrias selecionadas, tais como: empresas produtoras, fornecedores, institutos de pesquisa e representantes do governo. Foram realizados cinco encontros, cada um focado em uma das diferentes indústrias selecionadas pela pesquisa, a saber: sucroenergética, celulose e papel, siderurgia, mineração e petróleo e gás. Os *workshops* ocorreram no período de uma tarde, nas dependências da FGV, no bairro da Candelária, com duas etapas distintas: (i) formação de grupos de debate com uma amostra dos representantes, em que se discutiram tópicos específicos voltados para aquele pú-

blico, sempre acompanhados de um pesquisador e em duas rodadas distintas; e (ii) debates em plenária com a presença de todos os participantes, em que foram apresentados e discutidos os resultados encontrados nos grupos de trabalho. Os *workshops* foram filmados e gravados, tendo suas discussões transcritas pelos pesquisadores. Essas transcrições foram utilizadas para compor o roteiro de entrevistas da etapa posterior, bem como para fundamentar qualitativamente os resultados encontrados na análise quantitativa.

3.3.2 Entrevistas

Foram realizadas entrevistas com 33 representantes de empresas produtoras das indústrias selecionadas de diferentes portes e portfólio produtivo, seguindo um roteiro elaborado pelo grupo de pesquisa, que cobriu as diferentes áreas designadas para as indústrias, sendo semiestruturado e com caráter aberto, para que o entrevistado tivesse liberdade de tratar temas que não estavam presentes *a priori*. Todas as entrevistas foram gravadas e transcritas.

3.3.3 Questionários

A elaboração dos questionários buscou levantar evidências das três etapas do modelo analítico da pesquisa, representadas na Figura 2.2, quais sejam: (i) acumulação de capacidades tecnológicas; (ii) impactos da acumulação de capacidades tecnológicas (desempenho competitivo); e (iii) mecanismos de aprendizagem intra e interorganizacionais. Esses questionários foram respondidos por 63 empresas selecionadas, para quatro triênios distintos de tempo: 2003-2005, 2006-2008, 2009-2011 e 2012-2014, divisão importante para averiguar sua trajetória de acumulação de capacidades tecnológicas ao longo do tempo. O Quadro 3.2 sintetiza os tipos de questionário aplicados e as variáveis coletadas.

Quadro 3.2. Tipos de questionário aplicados, agentes respondentes e variáveis coletadas

Nº	Tipo de questionário	Variáveis coletadas no questionário
1	Atividades tecnológicas nas áreas de processo e organização da produção e atividades centradas em produto executadas pelas empresas.	Níveis de capacidade tecnológica nas áreas de processo e organização da produção e atividades centradas em produto das empresas.
2	Caracterização da organização e desempenho competitivo.	Características gerais da empresa e variáveis de desempenho competitivo (produtividade do trabalho e inserção internacional).
3	Mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais.	Tipos de mecanismo de aprendizagem intraorganizacional utilizados e resultados do seu uso para as empresas.
4	Mecanismos de aprendizagem interorganizacionais.	Tipos de mecanismo de aprendizagem interorganizacional utilizados, parceiros envolvidos e resultados do uso desses mecanismos para as empresas.

Fonte: Os autores (2017).

O questionário 1, de atividades tecnológicas nas áreas de processo e organização da produção e atividades centradas em produto executadas pelas empresas, buscou mensurar sua acumulação de níveis de capacidade tecnológica, ou seja, a etapa A do modelo de pesquisa. Esse questionário seguiu a escala de níveis de capacidade tecnológica apresentada na Figura 2.3, cuja abordagem envolve a aquisição direta de informações descritivas sobre as atividades tecnológicas implementadas pelas empresas. A metodologia empregada baseou-se em uma série de estudos que mediram as capacidades inovadoras de empresas *latecomers* em períodos e indústrias distintos.[26] O Quadro 3.3 apresenta a escala de níveis de capacidade tecnológica genérica para todas as indústrias, tendo sido incluídas, para cada uma delas, as atividades tecnológicas específicas.

Quadro 3.3. Métrica para aferir capacidades tecnológicas

Nível de capacidade tecnológica	Elementos ilustrativos que expressam os níveis de capacidade
Nível 5 – liderança mundial	Capacidade de implementar atividades inovadoras à base de P&D e engenharia avançada, realizadas internamente e/ou em colaboração com universidades e institutos de pesquisa, fornecedores e usuários, relativas à criação e desenvolvimento de tecnologias novas para o mundo e que abrem oportunidades para entrada em novos negócios.
Nível 4 – inovação avançada	Capacidade de implementar atividades inovadoras próximas àquelas realizadas pelos líderes globais, refletindo uma estratégia de *fast follower*, à base de P&D aplicados e engenharia, realizadas internamente e/ou em colaboração com universidades e institutos de pesquisa.
Nível 3 – inovação intermediária	Capacidade de implementar modificações relativamente complexas em tecnologias de processos e organização da produção, baseadas em engenharia e experimentações e realizadas internamente ou em parceria.
Nível 2 – inovação básica	Capacidade de implementar pequenas adaptações e melhorias em tecnologias de processos e organização da produção, realizadas internamente ou em parceria.
Nível 1 – produção	Capacidade de implementar atividades de produção com base no uso de tecnologias e sistemas de produção existentes.

Fonte: Adaptado de Bell e Figueiredo (2012) e Figueiredo (2015).

O questionário 2, de caracterização da organização e desempenho competitivo das empresas, buscou coletar informações gerais para a mensuração de variáveis de desempenho competitivo, ou seja, a etapa C do modelo de pesquisa. O desempenho competitivo foi medido nesta pesquisa por meio das variáveis de produtividade do trabalho (receita bruta de vendas dividida pelo número de empregados) e inserção internacional (proporção das receitas obtidas com exportação). Esses dados financeiros e comerciais foram coletados para os últimos anos de cada um dos quatro triênios pesquisados, quais sejam: 2005, 2008, 2011 e 2014. O Quadro 3.4 sintetiza as variáveis de desempenho competitivo selecionadas.

[26] Ver, por exemplo, Bell e Pavitt (1995), Dantas e Bell (2009), Figueiredo (2010) e Lall (1992).

Quadro 3.4. Variáveis de desempenho competitivo

Tipo de variável	Variável averiguada
Produtividade do trabalho	Receita bruta de vendas (em R$) por número de empregados.
Inserção internacional	Proporção das receitas obtidas com exportação.

Fonte: Os autores (2017).

Por fim, os questionários 3 e 4, de mecanismos de aprendizagem intra e interorganizacionais, buscaram mensurar os tipos de mecanismo utilizados pelas empresas, tipos de parceria e tipos distintos de resultado que pudessem influenciar a acumulação de níveis de capacidade tecnológica, ou seja, a etapa B do modelo de pesquisa.

Os mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais são caracterizados pela geração interna de saber tecnológico, por meio de criação, compartilhamento, integração e codificação interna de conhecimento. Em teoria, tornam as empresas capazes de absorver os recursos trazidos de fora, isto é, possibilitam a integração das aprendizagens interna e externa, internalizando-as em suas próprias capacidades de processo e de produto.[27] O Quadro 3.5 apresenta os tipos de mecanismo interno utilizados na pesquisa.

Quadro 3.5. Mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais

Tipo de mecanismo de aprendizagem intraorganizacional	Exemplos
Criação interna de conhecimento	Treinamento para geração de novos materiais, processos e equipamentos; experimentação e testes em laboratórios e plantas; solução de problemas por profissionais individuais.
Compartilhamento de conhecimento	Times multidisciplinares para troca de conhecimento interno; disseminação de especialistas dentro da empresa; troca de conhecimento por redes internas; soluções compartilhadas de problemas entre áreas funcionais.
Integração interna de conhecimento	Arranjos internos para integração de conhecimento desenvolvido em diferentes áreas da organização; uso de comitês e projetos de longo alcance para compartilhar e integrar conhecimento inovativo; uso de profissionais especializados em compartilhamento de integração de experiência dentro de diferentes áreas da empresa; arranjos interfuncionais (por exemplo, engenharia, produção, *marketing*, P&D) para solução de problemas específicos e/ou projetos de desenvolvimento.
Codificação de conhecimento e arranjos organizacionais relacionados	Documentação de atividades realizadas no processo produtivo; padronização das práticas de engenharia; documentação de procedimentos administrativos; criação de normas e regulamentos internos.

Fonte: Os autores (2017).

[27] Ver Bell e Figueiredo (2012), Figueiredo (2015) e Figueiredo, Cohen e Gomes (2013).

Já os mecanismos de aprendizagem interorganizacionais são caracterizados pelos fluxos e ligações de saber tecnológico entre empresas e demais organizações, como universidades, institutos de pesquisa, consultores, competidores ou outras empresas ao longo da cadeia produtiva (fornecedores e clientes). Seus fluxos de ligação podem apresentar diversos tipos de interação, desde uma contratação ou treinamento de mão de obra até arranjos mais complexos de parcerias em projetos de P&D. A aquisição de conhecimento tecnológico externo é um dos principais meios pelos quais as empresas de economias em desenvolvimento podem avançar em níveis de capacidade tecnológica para inovação.[28] O Quadro 3.6 apresenta os tipos de mecanismo externo e de parceiro utilizados na pesquisa.

Quadro 3.6. Mecanismos de aprendizagem interorganizacionais e parceiros

Tipo de mecanismo de aprendizagem interorganizacional	**Exemplos**	
Contratação de profissionais	Contratação de profissionais com competências específicas para determinado processo produtivo.	
Treinamentos técnicos/ gerenciais específicos	Treinamentos realizados dentro da firma em parceria com outras organizações.	
Diferentes formas de ensino	Programas de graduação e pós-graduação; participação em congressos etc.	
Assistência técnica	Interações com consultores e especialistas para o desenvolvimento de um projeto.	
Aquisição de conhecimento codificado	Busca de documentação de patentes; compra de algoritmos de *design*; acesso a conhecimento científico diverso; compra de padrões técnicos, patentes e especificações de produto.	
Aprendizado com usuários líderes	Troca de experiências para resolução de problemas; desenho e desenvolvimento produtivo conjunto; criação de novas formas de distribuição.	
P&D	Interações em projetos de inovação avançada.	
Parceiros		
Universidades e institutos de pesquisas locais	Fornecedores	Consultorias
Universidades e institutos de pesquisas internacionais	Firmas competidoras	Clientes

Fonte: Os autores (2017).

Para cada tipo de mecanismo de aprendizagem intra e interorganizacional, procurou-se também entender os resultados gerados, concebidos a partir da visão mais ampla de inovação, de etapas mais básicas a etapas mais complexas (ver Figura 2.1), quais sejam: (i) informações técnicas sobre processos e produtos existentes; (ii) melhorias e adaptações em processos e produtos existentes; (iii) criação de novos processos e produtos; (iv) criação de novos conhecimentos científicos; e (v) patentes.

[28] Ver Figueiredo (2015) e Figueiredo, Cohen e Gomes (2013).

Os procedimentos adotados decorreram tanto de análises qualitativas quanto estatísticas. A análise qualitativa foi realizada por meio da interpretação das discussões entre especialistas e agentes das indústrias selecionadas nos *workshops* e nas entrevistas individuais com diretores e gestores de algumas das principais empresas produtoras. Já a análise estatística foi realizada mediante a utilização de inferências estatísticas na busca de correlações e possíveis causalidades entre as variáveis das três etapas de análise (acumulação de capacidades tecnológicas, mecanismos de aprendizagem e desempenho competitivo).[29] Visou-se, em todas as etapas, à confrontação entre resultados quantitativos e informações qualitativas, ou seja, os resultados estatísticos foram validados, na medida do possível, por exemplos e evidências práticas observadas nas empresas pesquisadas.

[29] Os procedimentos estatísticos e a mensuração de algumas variáveis são apresentados no decorrer de sua utilização, na seção 5, ao apresentar os resultados da pesquisa.

4 A Indústria Relacionada a Recursos Naturais

4.1 Delimitação e natureza da indústria relacionada a recursos naturais

O objetivo desta subseção é esclarecer o termo "recursos naturais", relacionando-o à indústria e seu emprego nesta pesquisa, para, dessa forma, melhorar a compreensão da natureza das indústrias analisadas.

Para a Organização Mundial do Comércio (OMC), "recursos naturais são reservas de materiais que existem em ambiente natural que são escassas e economicamente úteis na produção ou consumo, tanto em estado bruto ou depois de uma quantidade mínima de processamento"[30], sendo bens primários, *commodities* e *staples* os termos genéricos[31]. O primeiro abarca um grande espectro de indústrias, uma vez que a Classificação Internacional Normalizada Industrial de Todas as Atividades Econômicas (ISIC) contempla os setores de 1 a 5 (agricultura, pecuária, produtos florestais, caça e pesca), além dos setores de 10 a 14 (mineração e extração). Nesta pesquisa, vale dizer, o termo "recursos naturais" é utilizado de acordo com essa classificação. *Commodities* são produtos indiferenciados, com baixo processamento industrial e elevado conteúdo de recursos naturais[32]. Por fim, *staples* são matérias-primas ou *commodities* intensivas em recursos naturais que ocupam uma posição dominante nas exportações de um país. Em relação à definição da OMC, os recursos naturais envolvem atividades intensivas em tecnologia e podem ser descobertos (caso do pré-sal, por exemplo), caso em que também dependem de tecnologia adequada para serem extraídos ou explorados.

Portanto, as diferentes interpretações das indústrias relacionadas a recursos naturais originam pelo menos duas visões: de um lado, elas são tratadas como um ativo tangível isolado e, de outro, como um ativo de complexas relações tangíveis e intangíveis. A perspectiva do fluxo linear pauta a primeira interpretação (visão do ativo tangível isolado). Nesse contexto, o sistema de produção mineral é entendido como estático e a atividade econômica resulta da mera aplicação do estado da arte existente. Assim, a indústria extrativa atua retirando os elementos necessários para uma dada atividade econômica, realizada em uma etapa posterior da cadeia produtiva. Não há geração de conhecimento, tampouco criação de conexões com outras atividades produtivas. É um enclave, nada mais[33].

Por sua vez, a segunda interpretação é pautada pelo fluxo iterativo. Trata-se de um sistema de produção dinâmico, com a atividade econômica originando-se de avanços ocorridos em di-

[30] Ver Reis (2012).

[31] Ver Cicantell e Smith (2005).

[32] Ver Carneiro (2012).

[33] Ver Furtado e Urias (2013).

ferentes áreas do conhecimento técnico e científico[34]. Dessa forma, a indústria passa a articular o fluxo de conhecimento de diferentes campos científicos, sendo facilitada a criação de elos capazes de oportunizar a geração e o fluxo de conhecimento entre as atividades econômicas e entre essas atividades e as diferentes organizações de ensino e pesquisa[35].

Em ambos os casos, a tecnologia é considerada o deflagrador do processo de criação de recursos, de modo que a riqueza (encadeamentos geráveis) do recurso natural não se esgota nela, mas nos recursos produtivos que devem ser mobilizados para sua criação[36]. Ademais, as indústrias de recursos naturais apresentam quatro categorias de efeitos de encadeamento de produção em relação ao restante da economia, quais sejam: (i) produtiva para frente (insumos); (ii) produtiva para trás (demanda de insumos); (iii) fiscal; e (iv) demanda final – o efeito exportador[37]. Assim, o potencial de crescimento e desenvolvimento tecnológico e econômico a partir de recursos naturais está relacionado à capacidade de gerar conhecimentos científicos e tecnológicos, que facilitam a exploração desses recursos e permeiam outras atividades do sistema econômico[38].

O superciclo das *commodities* na década de 2000 induziu a retomada do debate sobre o lugar das indústrias baseadas em recursos naturais no desenvolvimento econômico dos países cuja dotação de fatores é de recursos naturais. Entre os debates teóricos suscitados, mais recentemente pesquisas vêm instigando os caminhos pelos quais os países em desenvolvimento baseados em recursos naturais podem obter benefícios dessa indústria em termos de superar restrições de crescimento, dada uma dependência dos recursos naturais. A indústria de recursos naturais teria, assim, vantagens a oferecer, tais como: formação de recursos humanos, desenvolvimento de fornecedores intensivos em tecnologia, incremento de *backward linkages* e construção de capacidades inovadoras[39]. Há pesquisas que também mostram oportunidades de diversificação, as quais contribuiriam com um padrão de industrialização baseado em *commodities*.

As indústrias estudadas nesta pesquisa têm passado por processos que preenchem essa interpretação. Por exemplo, a indústria sucroenergética açambarcou mudanças contemporâneas relevantes, como a introdução da matriz energética limpa. Nesse sentido, na matriz energética primária mundial, a bioenergia responde por 13%, dos quais apenas 9% são agrícolas; o restante representa a biomassa a partir da madeira[40]. A indústria mundial de celulose e papel também tem apresentado novas oportunidades de inovação e diversificação. Além do tradicional uso da celulose de madeira para a fabricação de papéis, a celulose é usada em outras indústrias, como cosméticos, medicina e farmacêutica, alimentação veterinária, fraldas descartáveis, sedas, ésteres, lentes de contato, náilon e explosivos[41]. Outras oportunidades tecnológicas relacionadas

[34] Ver Furtado e Urias (2013).

[35] Ver Scott-Kemmis (2013).

[36] Ver Furtado e Urias (op. cit.).

[37] Ver Cicantell e Smith (2005).

[38] Ver Piana (2016).

[39] Ver Figueiredo e Piana (2016).

[40] Ver IEA.

[41] Ver Ibá (2015b).

ao processo de exploração ou potencialmente exploráveis envolvem a geração de energia por biomassa, biocombustíveis, bioplásticos, fibras de carbono a partir de lignina, químicos de alto valor, fitoterápicos, fitocosméticos e celulose nanocristalina ou nanocelulose[42]. Os nanocristais, por exemplo, são cristais de celulose que podem ser utilizados como matérias-primas renováveis para fabricação de bioplásticos, substituindo fibras como os nanotubos de carbono e outros materiais de origem fóssil; os nanocristais podem ser usados para fabricação de equipamentos de segurança na indústria de defesa (coletes de segurança, capacetes, óculos), assim como podem ser aplicados na indústria automobilística (painéis, para-lamas) e aeroespacial (nanocompósitos)[43].

Por sua vez, a indústria de mineração, a julgar pelo caso de países como África do Sul e Chile, a partir da década de 1990, passou por significativa reestruturação, com a desverticalização de suas atividades, incrementando *outsourcing* de várias atividades, como engenharia, serviços especializados e até mesmo P&D, com envolvimento de diferentes parceiros[44]. Sua renovação tecnológica em nível global expôs a possibilidade de um maior dinamismo em termos de produtividade e competitividade nos distintos elos da cadeia. Melhorias e inovação tecnológica em pesquisa e prospecção, lavra e processamento mineral têm induzido ao desenvolvimento dessa indústria, podendo ser citados como exemplos: desenvolvimento e uso de métodos de imagem via satélite, de sistemas de informação e de adequação geológica, bem como da engenharia mecânica, química e biotecnologia. Tornou-se factível, em termos de inovação e tecnologia de exploração, que as mineradoras se instalassem em regiões mais remotas. A Tecnologia da Informação (TI) tem possibilitado a integração entre as operações da mineração, facilitando P&D e o estabelecimento de uma rede global de pesquisa e inovação. Assim, a indústria passou de *low--innovating* para P&D para inovação intensiva[45].

Já a indústria siderúrgica pode ser descrita a partir de pelo menos dois grupos de atividades tecnológicas: uma área de processo e organização da produção e outra de atividades centradas em produto[46]. Em muitas empresas, como é o caso de algumas das estudadas nesta pesquisa, existem departamentos distintos dedicados para cada um desses grupos de atividades, ainda que o diálogo entre eles seja constante. Enquanto a área de processo e organização da produção está dedicada a atividades referentes ao processo produtivo do aço, a área de atividades centradas em produto está estritamente relacionada à fabricação do aço. Na maioria dos casos, a demanda de clientes por novos tipos de aço acaba por forçar as empresas a desenvolver novos processos produtivos, havendo também casos em que o desenvolvimento de novos processos permite às firmas a criação de novas especificações de aço, à frente até do que é exigido *a priori* pelo mercado.

Por fim, o Brasil tem alcançado uma posição de liderança tecnológica na indústria mundial de petróleo e gás, por meio da tecnologia de exploração em águas ultraprofundas. Pesquisas anteriores indicaram que essa posição de destaque vem sendo alcançada pelo desenvolvimento de

[42] Ver Hurmekoski e Hetemaki (2013), Martin (2013), Pätäri, Kyläheiko e Sandström (2011) e Schwarzbauer e Stern (2010).

[43] Ver Figueiredo, Cohen e Gomes (2013).

[44] Ver Scott-Kemmis (2013) e Urzúa (2013).

[45] Ver Urzúa (2013).

[46] Ver Castro e Figueiredo (2005) e Figueiredo (2015).

trajetórias de acumulação de capacidades tecnológicas em nível de empresas, sendo a Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobras) a principal indutora das inovações. Por exemplo, estudam demonstram a existência de relações acumulativas e retroalimentares entre as capacidades da operadora Petrobras e a rede de conhecimento[47], enquanto outros analisam o surgimento e o desenvolvimento das redes de conhecimento dentro do sistema de inovação e de aprendizagem da indústria de petróleo e gás[48], como também o processo de inovação comandado pela Petrobras na indústria brasileira de petróleo e gás, em que a companhia alcançou a fronteira tecnológica por meio do desenvolvimento de capacidades que lhe permitiram tomar riscos tecnológicos[49]. O *cluster* industrial de petróleo e gás brasileiro também é estudado quanto aos determinantes e inovações, evidenciando que estas foram implementadas de modo colaborativo, com papel central assumido pela Petrobras, sendo as interações entre as empresas fortemente fundamentadas na sua base de conhecimento e acumulação de capacidades tecnológicas[50].

4.2 Breve panorama da organização industrial da indústria relacionada a recursos naturais na perspectiva das indústrias selecionadas

4.2.1 Áreas tecnológicas das indústrias selecionadas

As áreas tecnológicas são uma diferenciação setorial agrupada em níveis de acordo com interações distintas esperadas para a elaboração do produto final. As cinco indústrias selecionadas foram analisadas conforme suas áreas tecnológicas.

A indústria sucroenergética é dividida em três áreas tecnológicas: *feedstock*, processos agrícolas e industriais. A área de *feedstock* compreende o melhoramento genético da cana-de-açúcar, com o objetivo de obter novas variedades mais produtivas, com maior tolerância ao estresse hídrico, maior resistência às pragas e doenças e melhor adaptação a diferentes ambientes de produção e/ou tipo de colheita empregado (manual ou mecânica)[51]. Existem duas rotas tecnológicas nessa área: a convencional e a transgenia[52]. A área de processos agrícolas constitui o plantio, o cultivo e a colheita da cana-de-açúcar. Por sua vez, as etapas dos processos industriais compreendem a extração, fermentação, destilação, retificação e desidratação do etanol hidratado (etanol anidro). O açúcar e o bioetanol são os produtos tradicionais da indústria, sendo este um combustível não fóssil obtido pela fermentação de açúcares, cujos provenientes da cana-de-açúcar são os mais viáveis economicamente.

A indústria de celulose e papel é composta pelas áreas tecnológicas florestal e industrial. A primeira é responsável por fornecer a celulose para a produção de papel. Estima-se que 72,5% do

[47] Ver Dantas e Bell (2011).

[48] Ver Dantas e Bell (2009, 2011).

[49] Ver Oliveira e Rubiano (2011).

[50] Ver Silvestre e Dalcol (2010).

[51] Ver Rossetto (2015).

[52] Ver Gonzalez (2016).

plantio de eucalipto e 53,5% do plantio de *Pinus* destinem-se para essa indústria no Brasil, sendo 100% proveniente de florestas plantadas[53]. Contudo, a madeira pode ser utilizada por várias outras indústrias. As etapas do plantio de árvores e da produção de madeira compreendem o preparo do solo, melhoramento/modificação genético, preparação de mudas, plantio e manutenção, colheita e transporte. A partir da madeira, a área industrial compreende os fluxos produtivos da celulose e do papel. Ademais, a indústria de celulose e papel pode ter sua origem a partir de dois tipos de fibra da madeira: longas e curtas. No Brasil, a produção de celulose é centrada na fibra curta à base de eucalipto, sendo o país seu maior produtor mundial, além de apresentar maior competitividade mundial.

A indústria siderúrgica é, normalmente, dividida em dois grupos de atividades tecnológicas: uma área de processo e organização da produção e outra de atividades centradas em produto[54], sendo o aço seu principal produto. A área de processo e organização da produção está associada, principalmente, com atividades relacionadas a aumento de produtividade, redução de custos e melhor rendimento dos equipamentos, que podem ser alcançados conforme a estrutura produtiva das empresas (integradas ao coque, integradas à redução direta ou semi-integradas). No Brasil, as usinas integradas ao coque são as mais comuns. Esse tipo de usina parte do minério de ferro, coque e materiais fundentes para produzir o ferro-gusa, que é transformado em aço. Nas atividades centradas em produto, encontram-se firmas dedicadas estritamente ao aço em suas várias formas, que pode ser classificado como semiacabado (placas, blocos e tarugos) ou acabado (laminados planos ao carbono, laminados planos especiais/ligados, laminados longos ao carbono e laminados especiais/ligados)[55].

No que diz respeito à indústria de mineração, devido à sua grande abrangência, esta pesquisa delimitou-se aos minerais metálicos, o que corresponde aos minérios de ferro, zinco, níquel e cobre. No Brasil, a maior parte da produção e exportação dessa indústria é de minério de ferro. As áreas tecnológicas consideradas foram as atividades de pesquisa e prospecção, lavra e processamento mineral.

Para a indústria de petróleo e gás, foram consideradas três áreas tecnológicas (serviços de perfuração e equipamentos associados, revestimentos e completação de poços e produção e manutenção de poços) da parte de produção e exploração da cadeia produtiva. As empresas atuantes dessas áreas são fornecedoras diretas de serviços e equipamentos às empresas operadoras. A área de serviços de perfuração e equipamentos associados envolve as atividades de suporte à perfuração, medida e registro e, com revestimento e completação de poços, tem o propósito de entregar novos poços prontos para as operadoras. Revestimento e completação de poços é a atividade sequencial à perfuração do poço, responsável por fornecer serviços que garantam a resistência estrutural do poço em operação e as atividades de completação. Após a perfuração, o tratamento do poço e a instalação da infraestrutura para a produção, as operadoras

[53] Ver ABRAF (2013).

[54] Ver Castro e Figueiredo (2005) e Figueiredo (2015).

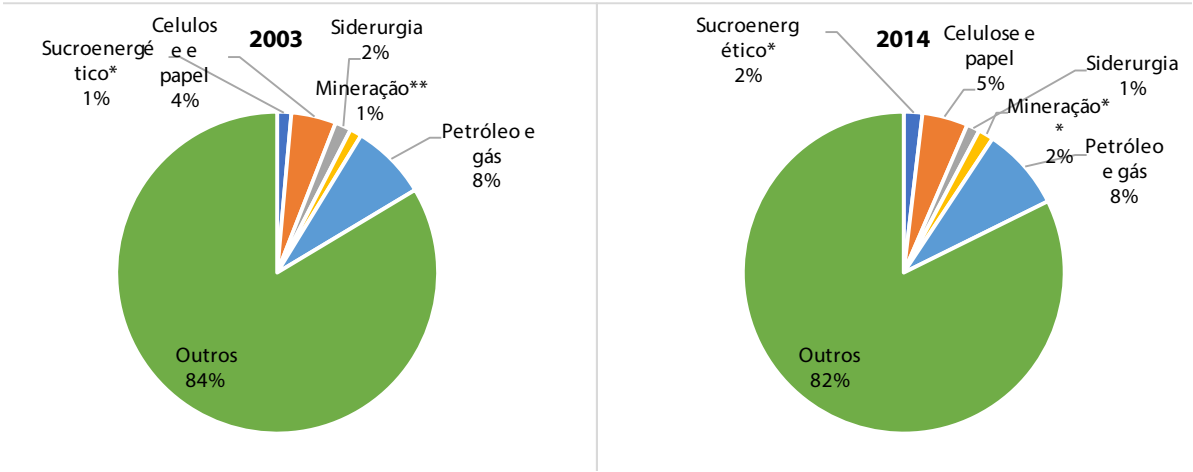
[55] Ver De Paula (2012).

contam com o fornecimento de equipamentos e serviços vinculados à operação e suporte da infraestrutura de produção.

4.2.2 Aspectos econômicos das indústrias selecionadas

As cinco indústrias selecionadas para a pesquisa compreenderam 18% do valor adicionado total da indústria brasileira, em 2014. A Figura 4.1 mostra que essa participação não teve grande alteração em relação ao ano de 2003, em que as indústrias selecionadas correspondiam a 16% do valor adicionado total da indústria brasileira. A indústria de petróleo e gás[56] foi a mais representativa e manteve sua participação em 8% ao longo dos anos observados, seguida da indústria de celulose e papel, que também sustentou 5% de participação. As indústrias sucroenergética e de mineração somaram, cada uma, 1% do valor adicionado da indústria em 2003 e passaram para 2% cada em 2014. A siderurgia foi a única indústria a diminuir sua participação, passando de 2% em 2003 para 1% em 2014.

Figura 4.1. Participação das indústrias selecionadas no valor adicionado total da indústria – 2003 e 2014



Fonte: Adaptado de IBGE (2016).

Notas: * Compreende apenas a produção de etanol. ** Compreende apenas a produção de minério de ferro.

O valor adicionado da indústria sucroenergética passou de R$ 2,6 bilhões em 2003 para R$ 4,4 bilhões em 2014, representando um crescimento médio de 5% ao ano. A partir da década de 2000, a área destinada à produção de cana aumentou consideravelmente no Brasil. A expansão das empresas produtoras ocorreu devido ao investimento no então promissor cenário do bioetanol, baseada no aumento da exigência de mistura de bioetanol anidro na gasolina e na institucionalização dos carros *flex fuel*.

O valor adicionado da indústria de celulose e papel cresceu a uma taxa média de 2% entre os anos de 2003 e 2014, sendo esse crescimento conduzido, principalmente, pela expansão da

[56] Embora a pesquisa compreenda apenas o segmento de fornecimento de equipamentos e serviços da indústria de petróleo e gás, utilizaram-se dados referentes ao produto dessa indústria, isto é, petróleo e gás propriamente dito, para compatibilizar com as outras indústrias selecionadas.

produção de celulose – em média, 6,4% no período de 2001 a 2014. O grande aumento da produção de celulose no Brasil ao longo do tempo proveio da celulose de fibra curta à base de eucalipto.

A produção siderúrgica no país é realizada por um total de 11 grupos empresariais, produtores de aços planos, longos e semiacabados, nessa ordem de importância. A diminuição na produção de aços longos a partir de 2010 foi responsável pelo fraco crescimento no valor adicionado entre os anos de 2003 e 2014 – em média, 0,3% ao ano.

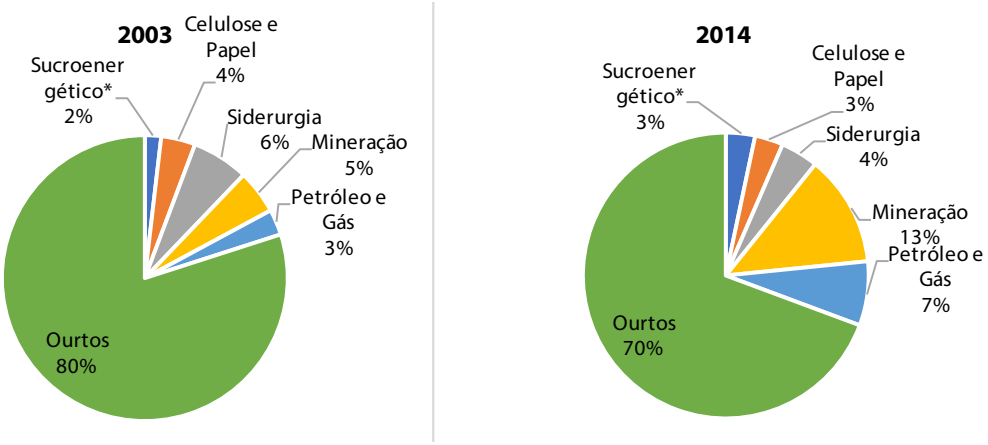
O valor adicionado da indústria de mineração aumentou a uma taxa média de 5% ao ano entre 2003 e 2014. O crescimento significativo na produção a partir da década de 2000 deu-se pelo *boom* da indústria global de mineração, caracterizado pelo aumento da demanda e dos preços. Por sua vez, o valor adicionado da indústria de petróleo e gás expandiu em média 3% no mesmo período. A produção de petróleo *offshore* brasileira cresceu com a entrada em operação das plataformas na Bacia de Campos, devido à descoberta dos campos de pré-sal.

As Figuras 4.2 e 4.3 exibem a participação no comércio exterior das indústrias selecionadas no total brasileiro. Do lado das exportações, a indústria de mineração destacou-se, enquanto, nas importações, a maior participação foi de petróleo e gás. Ao longo do período observado, todos as indústrias apresentaram saldo comercial positivo, exceto petróleo e gás, que se tornou superavitária apenas em 2009.

O Brasil é o principal produtor mundial de cana-de-açúcar, o que explica a competitividade das exportações de açúcar, que representam 3% do total das exportações brasileiras em 2014 (Figura 4.2), sendo o condutor da indústria sucroalcooleira, porém o etanol trouxe uma nova perspectiva: fornecê-lo para o mercado interno em expansão e para o mercado externo, dada a busca por fontes renováveis de energia. Mesmo a cana-de-açúcar sendo produzida em mais de cem países, praticamente 80% da sua produção está concentrada em apenas oito países, entre eles, o Brasil, a Tailândia e a Indonésia, ao passo que o crescimento da produção do etanol depende de estímulos diretos ao seu consumo nos diferentes países, especialmente pelo apelo da energia renovável.

Aproximadamente todo o consumo interno de celulose e papel provém da produção doméstica; logo, há pouca importação (1% do total importado pelo Brasil em 2003 e 2014) e, por outro lado, grande parte é exportada (3% do total exportado pelo Brasil em 2014) (Figuras 4.2 e 4.3). Contudo, há duas exceções, no caso da celulose de fibra longa e do papel de imprensa, os quais são importados para suprir a demanda interna. Em 2014, o Brasil foi o maior exportador de celulose do mundo, ultrapassando economias tradicionais dessa indústria, como o Canadá e os Estados Unidos.

Figura 4.2. Participação das indústrias selecionadas no total exportado pelo Brasil – 2003 e 2014

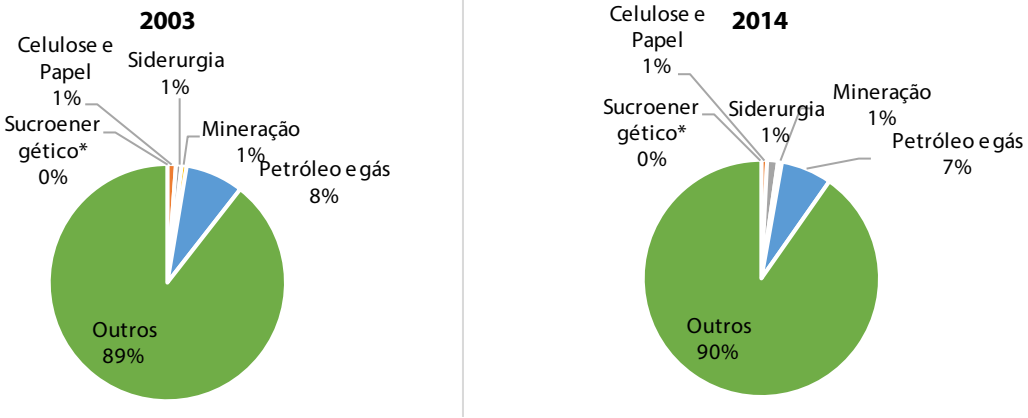


Fonte: Adaptado de Brasil (2016).

Nota: * Compreende apenas a exportação de açúcar.

Em relação à indústria siderúrgica, o maior destino da produção nacional de aço foi o mercado interno, por isso ocorreu uma queda na participação nas exportações de 6% em 2003 para 4% em 2014 (Figura 4.2). Ainda assim, o Brasil é um dos maiores produtores de aço (oitava posição em 2015). O aço exportado destina-se a países como Estados Unidos, Turquia, Alemanha, Argentina e Indonésia. Entre estes, Turquia e Alemanha também são alguns dos países de onde o Brasil mais importa produtos de aço. Por sua vez, a participação nas importações brasileiras de produtos siderúrgicos não ultrapassou 1% nos anos observados (Figura 4.3).

Figura 4.3. Participação das indústrias selecionadas no total importado pelo Brasil – 2003 e 2014



Fonte: Adaptado de Brasil (2016).

Nota: * Compreende apenas a importação de açúcar.

Ademais, o Brasil é um dos maiores exportadores de minério de ferro do mundo, representando 5% do total exportado em 2003 e 13% em 2014. Quanto ao petróleo, ocupa a 13ª posição entre os países produtores, sendo responsável por 2,7% do petróleo mundial. As vendas externas de petróleo e seus derivados têm grande importância para a pauta exportadora brasileira – 3%

do total exportado em 2003 e 7% em 2014 (Figura 4.2). O país passou a obter saldo positivo na balança de petróleo a partir de 2009, sendo possível ver uma diminuição da participação nas importações brasileiras de 8% em 2003 para 7% em 2014 (Figura 4.3).

1

5 Resultados da Pesquisa

As diferenças entre as empresas da indústria relacionada a recursos naturais no Brasil no que diz respeito à sua acumulação de capacidades tecnológicas entre 2003 e 2014 são o foco de análise desta seção, que obedece ao desenho de pesquisa apresentado na seção 2. Dessa maneira, busca-se delimitar níveis e padrões de acumulação de capacidades tecnológicas, a influência dos mecanismos de aprendizagem que geram esses padrões e a relação entre a capacidade tecnológica e o desempenho competitivo da indústria brasileira relacionada a recursos naturais no período mais recente. Essas análises visam, na medida do possível, a identificar e quantificar essas relações por padrões de acumulação de capacidades tecnológicas e por área tecnológica. Ressalta-se que fazem parte da indústria relacionada a recursos naturais as indústrias de celulose e papel, sucroenergética, de mineração, siderúrgica e de petróleo e gás.

A seção encontra-se organizada em três subseções: a subseção 5.1 apresenta uma descrição e análise dos níveis de acumulação de capacidades tecnológicas encontrados para as empresas de indústria relacionada a recursos naturais no Brasil, de 2003 a 2014; a subseção 5.2 mostra a influência dos mecanismos de aprendizagem na acumulação de capacidades tecnológicas; por fim, na subseção 5.3, revelam-se os impactos da acumulação de capacidades tecnológicas no desempenho competitivo das empresas de indústria relacionada a recursos naturais no país.

5.1 Acumulação de capacidades tecnológicas das empresas relacionadas a recursos naturais no Brasil (2003-2014)

Com base na capacidade tecnológica acumulada, as empresas tornam-se capazes de realizar atividades de produção e inovação. A identificação do nível de capacidade tecnológica por empresa da amostra está descrita com mais detalhes na seção 3. De forma resumida, na abordagem desta pesquisa, os níveis de acumulação de capacidades tecnológicas são assim definidos: (i) capacidade de produção; (ii) capacidade de inovação básica; (iii) capacidade de inovação intermediária; (iv) capacidade de inovação avançada; e (v) capacidade de inovação de liderança mundial. Destaca-se que a indústria relacionada a recursos naturais é aqui representada por 63 empresas.

5.1.1 Acumulação de níveis de capacidade tecnológica em indústrias relacionadas a recursos naturais no Brasil (2003-2014)

A Tabela 5.1 revela a evolução das empresas produtoras da amostra em termos de nível de capacidade de produção e de inovação para os quatro triênios considerados nesta pesquisa. Todas apresentaram capacidade de produção ao longo de 2003 a 2014. Mais especificamente, em 2003-2005, 56 empresas (89%) evoluíram para capacidade inovadora básica, proporção que no triênio seguinte (2006-2008) caiu para 55 empresas (87%) e aumentou nos dois últimos triênios: 57 empresas (90%) e 60 empresas (95%), em 2009-2011 e 2012-2014, respectivamente. Em 2003-2005, 32 empresas (51%) evoluíram para capacidade inovadora intermediária, proporção aumentou ao longo dos triênios seguintes: em 2006-2008, 36 empresas (57%) evoluíram para capacidade inovadora intermediária; em 2009-2011, 43 empresas (68%) atingiram capacidade inovadora intermediária; e, em 2012-2014, 44 empresas (70%). Uma proporção razoavelmente menor de empresas evoluiu até capacidade inovadora avançada – nos dois primeiros triênios (2003-2005 e 2006-2008), foram 18 empresas (29%) e, nos dois últimos (2009-2011 e 2012-2014), 20 empresas (32%). Ainda, em 2003-2005, apenas três empresas (5%) atingiram capacidade inovadora de liderança mundial; nos dois triênios seguintes (2006-2008 e 2009-2011), quatro empresas (6%) alcançaram-na e, no último triênio (2012-2014), cinco empresas (8%).

Tabela 5.1. Evolução do número e da proporção de empresas que acumularam níveis específicos de capacidade tecnológica na indústria relacionada a recursos naturais (2003-2014)

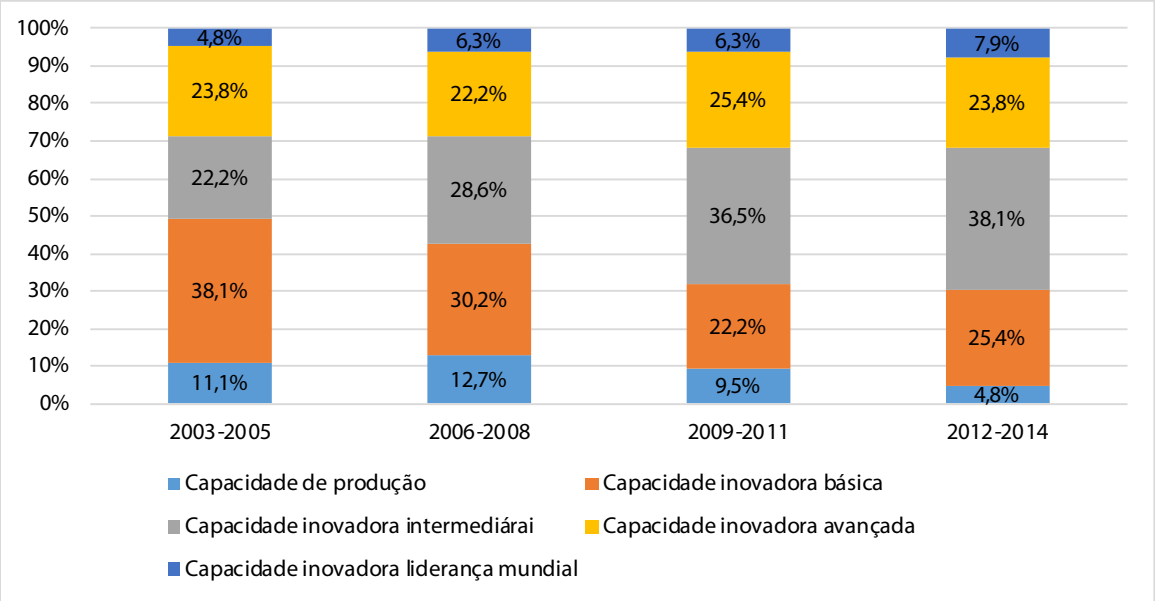
	2003-2005	2006-2008	2009-2011	2012-2014
Inovação de liderança mundial Nível 5	3 (5%)	4 (6%)	4 (6%)	5 (8%)
Inovação avançada Nível 4,0-4,9	18 (29%)	18 (29%)	20 (32%)	20 (32%)
Inovação intermediária Nível 3,0-3,9	32 (51%)	36 (57%)	43 (68%)	44 (70%)
Inovação básica Nível 2,0-2,9	56 (89%)	55 (87%)	57 (90%)	60 (95%)
Produção Nível 1,0-1,9	63 (100%)	63 (100%)	63 (100%)	63 (100%)
Nível médio	2,9	3,0	3,2	3,3

Fonte: Os autores (2017).

Uma forma alternativa para visualizar os níveis de inovação atingidos e seu respectivo número de empresas é evidenciada pela Figura 5.1, em que se pode observar a distribuição das empresas por nível de capacidade tecnológica, em todos os quatro triênios analisados (2003-2014). A proporção de empresas em capacidade de produção reduziu ao longo de 2003 a 2014, bem como a de empresas em capacidade inovadora básica. Ao mesmo tempo, a proporção de empresas em capacidade inovadora intermediária aumentou: em 2003-2005, 22,2% das empresas da amostra; em 2012-2014, a proporção aumentou para 38,1%. Aumentou também a proporção

de empresas que atingiram capacidade inovadora de liderança mundial: de 4,8%, em 2003-2005, para 7,9%, em 2012-2014. As empresas produtoras da amostra da pesquisa, de 2003 a 2014, iniciaram e consolidaram o movimento de evolução na acumulação de capacidades tecnológicas.

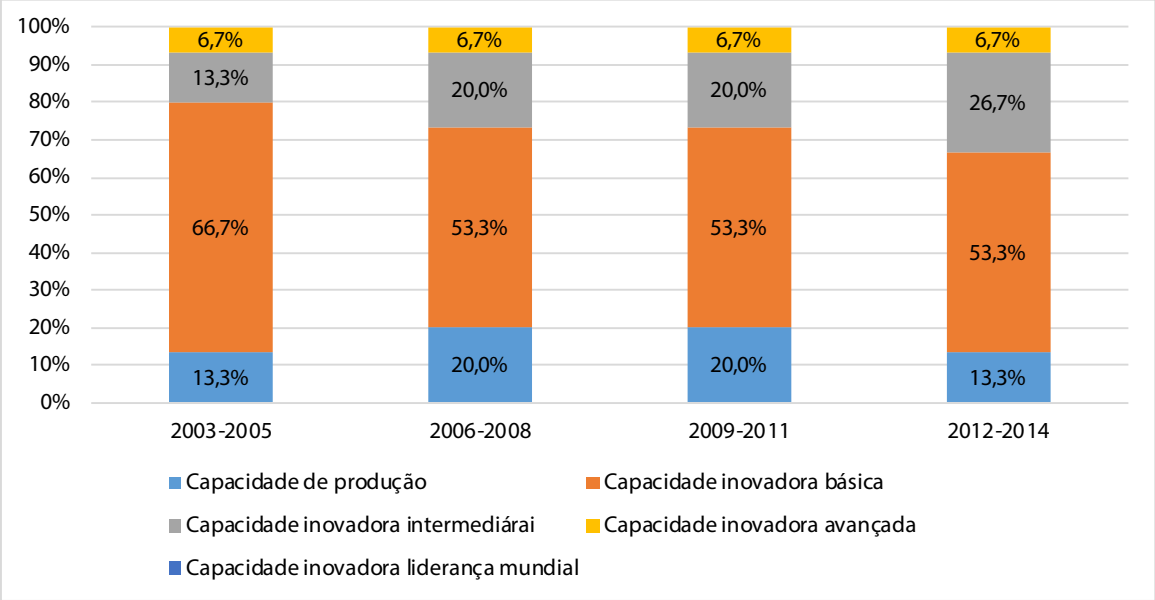
Figura 5.1. Número de empresas por nível de capacidade tecnológica na indústria relacionada a recursos naturais (2003-2014)



Fonte: Os autores (2017).

Essa proporção também pode ser visualizada para cada indústria analisada. Nesse sentido, a Figura 5.2 sugere que, na indústria sucroenergética, ao longo de 2003 a 2014, mais de 50% das empresas produtoras acumularam capacidades tecnológicas até capacidade inovadora básica. Esse patamar foi superior ao da indústria relacionada a recursos naturais como um todo (Figura 5.1), isto é, na indústria sucroenergética, a maior parte das empresas produtoras não evoluiu para além de capacidade inovadora básica. No período de análise, as empresas produtoras passaram a realizar atividades como descoberta de novas variedades na rota tecnológica de transgenia, bem como desenvolvimento de máquinas agrícolas as mais específicas possíveis para a colheita de cana-de-açúcar, passando por desenvolvimentos ou melhorias/modificações nos sistemas de cultivo, até a implementação (imitativa) de tecnologias já desenvolvidas nos processos para obtenção de açúcar e bioetanol (com duas rotas tecnológicas principais: primeira e segunda geração), atendendo aos padrões de qualidade. A manutenção de jardins clonais continuou a ser realizada. No Quadro 5.1, são descritas as atividades específicas de cada área tecnológica – *feedstock*, processos agrícolas e processos industriais – e os níveis de acumulação de capacidades tecnológicas da indústria sucroenergética correspondentes.

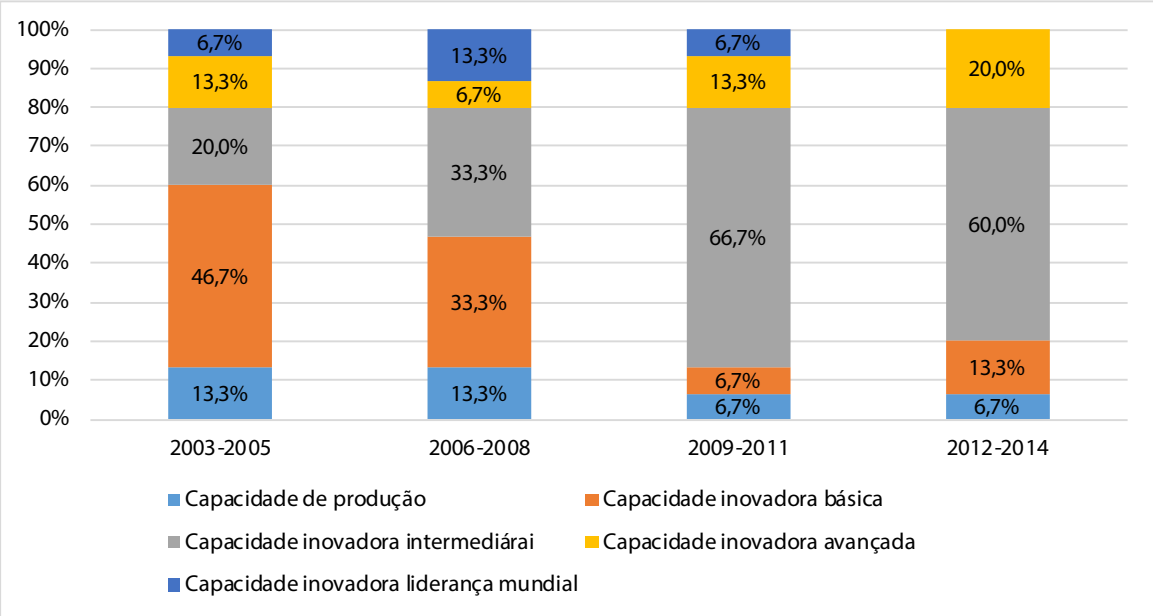
Figura 5.2. Número de empresas por nível de capacidade tecnológica na indústria sucroenergética (2003-2014)



Fonte: Os autores (2017).

A Figura 5.3 revela que, na indústria de celulose e papel, a distribuição das empresas produtoras, em proporção, concentrou-se em capacidade inovadora intermediária, especialmente nos dois últimos triênios. Em 2009-2011, 66,7% das empresas evoluíram até capacidade inovadora intermediária e, em 2012-2014, essa proporção caiu para 60,0%. Essa evolução originou-se das empresas que estavam, em 2003-2005 e 2006-2008, em capacidade inovadora básica. No último triênio, houve uma involução, isto é, todas as empresas que em 2009-2011 (6,7%) haviam atingido capacidade inovadora de liderança mundial, em 2012-2014, passaram para capacidade inovadora avançada. Ao longo do período estudado, as empresas de celulose e papel passaram a realizar atividades como: avaliação de variedades e clones, seleção e melhoramento na produção de mudas ou sementes, melhoramento genético para a produção florestal em nível comercial e/ou experimental e integração efetiva de *data mining* em bioinformática para aplicações operacionais de pesquisa genética. Além disso, houve o desenvolvimento de documentação de processos e atualização de sistemas quando da introdução de mudanças nesses processos, além de melhorias nas características dos produtos, padronizações como resultado de automação de forma não contínua e contínua e diferenciação de produto por valor adicionado. Continuaram a ser desenvolvidas atividades como padronização de solução de problemas de processo de produção, viveiros e processos de reprodução seminal de mudas, infraestrutura para prevenção e monitoramento de incêndios, entre outras. No Quadro 5.1, são descritas atividades específicas de cada área tecnológica – florestal e industrial – e os níveis de acumulação de capacidades tecnológicas da indústria de celulose e papel correspondentes.

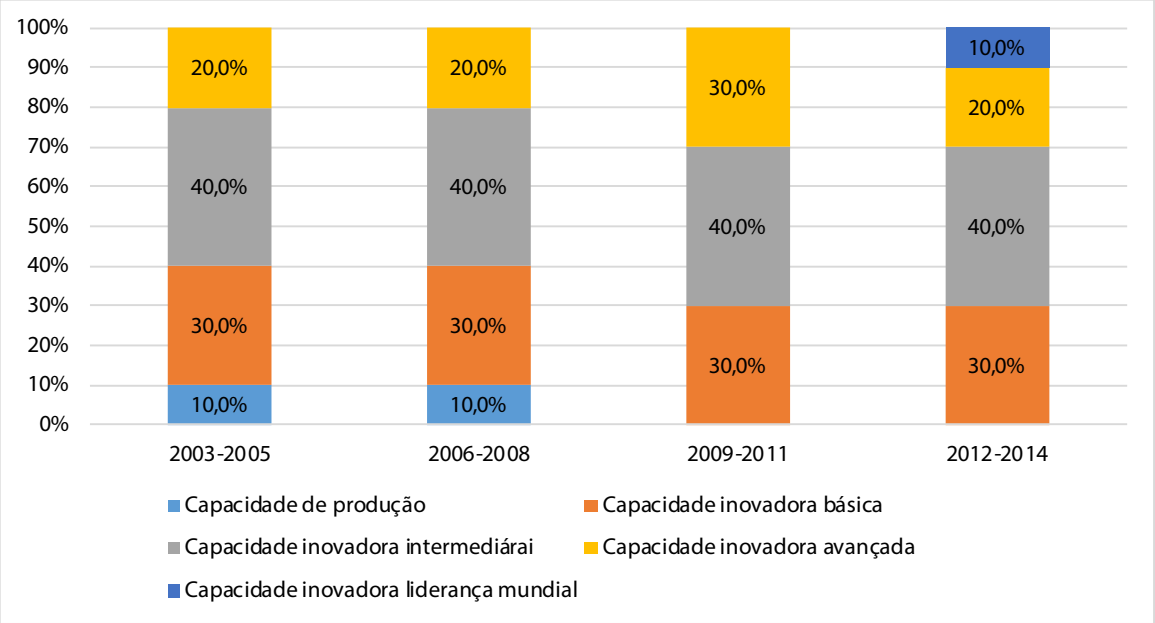
Figura 5.3. Número de empresas por nível de capacidade tecnológica na indústria de celulose e papel (2003-2014)



Fonte: Os autores (2017).

A Figura 5.4 mostra que, entre as indústrias relacionadas a recursos naturais, a de mineração foi aquela com maior proporção de empresas que acumularam capacidades tecnológicas entre inovadora avançada e liderança mundial ao longo de 2003 a 2014. No último triênio (2012-2014), 10% das empresas atingiram capacidade inovadora de liderança mundial, em seu sentido estrito. De 2003 a 2008, apenas 10% delas acumularam capacidade de produção e, a partir de 2009-2011, todas passaram a ser inovadoras, distribuindo-se em capacidade inovadora básica (30% nesses triênios), intermediária (40% em ambos os triênios), avançada (30% em 2009-2011 e 20% em 2012-2014) e de liderança mundial (10% em 2012-2014). Ao longo do período, as empresas dessa indústria passaram a realizar atividades como P&D aplicados para geração de modelos prospectivos, P&D aplicados em metodologias de exploração mineral, pesquisa básica relacionada a sistemas de interpretação geológica, bem como pesquisa básica para novos sistemas de perfuração de rochas e P&D básicos em nanotecnologia. Continuaram a ser realizadas atividades como condução da pesquisa mineral a partir da caracterização de ambiente metalogenético, tendo como base o contexto geológico, geotectônico, geoquímico e/ou geofísico de uma área; processamento mineral com controle da qualidade do minério; atendimento das especificações dos clientes; e atividades de lavra, atendendo às normas ambientais e de qualidade estabelecidas por certificação, bem como houve incrementos e melhorias. No Quadro 5.1, são descritas atividades específicas de cada área tecnológica – pesquisa e prospecção, lavra e processamento mineral – e os níveis de acumulação de capacidades tecnológicas da indústria de mineração correspondentes.

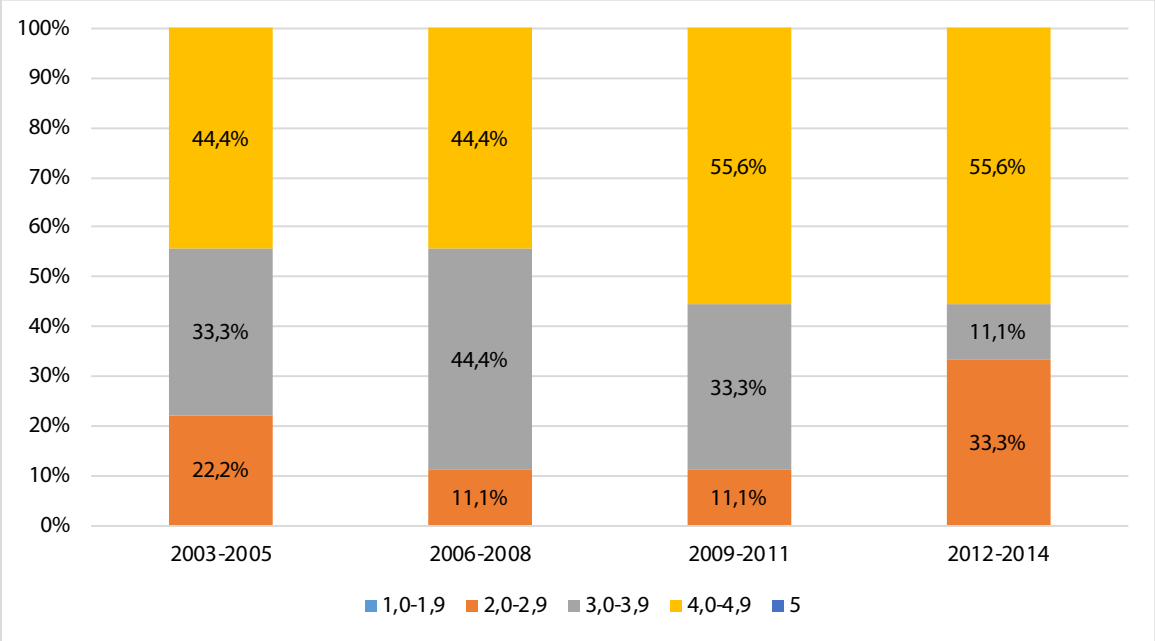
Figura 5.4. Número de empresas por nível de capacidade tecnológica na indústria de mineração (2003-2014)



Fonte: Os autores (2017).

A Figura 5.5 sugere que, na indústria siderúrgica, as empresas produtoras mantiveram alguma estagnação na acumulação de capacidades tecnológicas. Embora tenham sido inovadoras, isto é, não havia empresas em capacidade de produção, a maior parte atingiu capacidade inovadora avançada. No período em tela, as empresas produtoras de siderurgia passaram a realizar atividades como P&D aplicados no desenvolvimento de processos de produção não originais nas áreas de redução, aciaria e lingotamento relacionados a aços que combinam características de maior resistência elevada e menor peso, P&D aplicados em *design* e desenvolvimento de aços não originais (para o mercado mundial). No Quadro 5.1, são descritas atividades específicas de cada área tecnológica – processo e organização da produção e produto – e os níveis de acumulação de capacidades tecnológicas da indústria de siderurgia correspondentes.

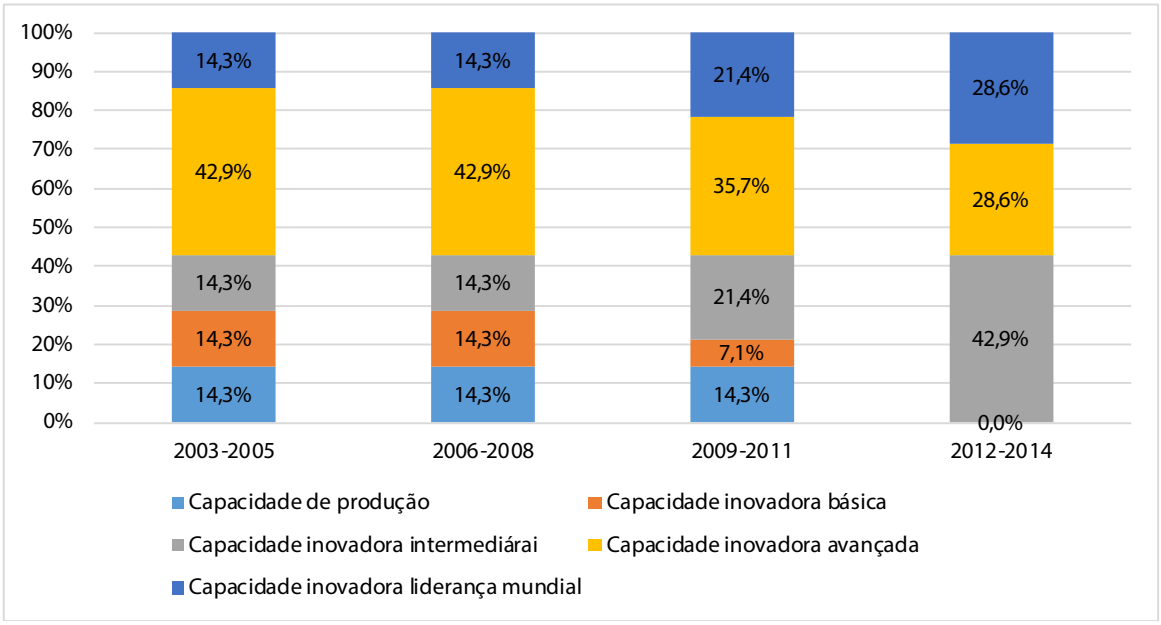
Figura 5.5. Número de empresas por nível de capacidade tecnológica na indústria de siderurgia (2003-2014)



Fonte: Os autores (2017).

A Figura 5.6 expõe que, em petróleo e gás, sobretudo em 2012-2014, as empresas foram inovadoras, distribuindo-se em capacidade inovadora intermediária (42,9%), avançada (28,6%) e de liderança mundial (28,6%). No Quadro 5.1, são descritas atividades específicas de cada área tecnológica – serviços de perfuração e equipamentos associados, revestimento e completação de poços e produção e manutenção de poços – e os níveis de acumulação de capacidades tecnológicas da indústria de petróleo e gás correspondentes.

Figura 5.6. Número de empresas por nível de capacidade tecnológica na indústria de petróleo e gás (2003-2014)



Fonte: Os autores (2017).

A acumulação de capacidades tecnológicas compreende, em cada nível, a realização de atividades específicas. Por exemplo, em capacidade de produção, as empresas produtoras foram capazes de executar atividades operacionais ancoradas em tecnologias dominantes, seguindo níveis globais de eficiência e qualidade. Em capacidade inovadora, foram inicialmente capazes de realizar atividades de melhoria e modificação em tecnologias existentes, podendo chegar a desenvolver atividades inovadoras e/ou criar novas tecnologias. As empresas que, por sua vez, passaram à capacidade inovadora intermediária tornaram-se capazes de proceder a modificações complexas e/ou criar novas tecnologias, realizando atividades de desenvolvimento baseado em engenharia e experimentações dentro da empresa ou em parceria. As empresas com capacidade inovadora avançada passaram a realizar modificações complexas e/ou criar novas tecnologias à base de P&D aplicados, internamente ou em parceria. Aquelas que alcançaram capacidade inovadora de liderança mundial foram capazes de realizar atividades inovadoras e/ou criar novas tecnologias em prospecção e pesquisa mineral à base de P&D básicos e aplicados, internamente ou em parceria, com grau de novidade mundial e que provocaram impacto disruptivo no modelo de negócio e ambiente competitivo ou abriram oportunidades para entrada em novos negócios.

A partir da catalogação dessas atividades, as empresas foram classificadas em um dado nível correspondente. No Quadro 5.1, apresentam-se alguns exemplos de atividades características a cada nível de acumulação de capacidades tecnológicas, lembrando que, ao longo do tempo, as empresas poderiam variar as atividades e, consequentemente, seu nível de capacidade tecnológica.

Quadro 5.1. Indústria relacionada a recursos naturais: classificação das atividades, por área tecnológica, em níveis de acumulação de capacidades tecnológicas

Indústria	Área tecnológica	Nível				
		Capacidade de produção	**Capacidade inovadora básica**	**Capacidade inovadora intermediária**	**Capacidade inovadora avançada**	**Capacidade inovadora de liderança mundial**
Sucroenergética	*Feedstock*	• Manutenção de trocas com institutos de pesquisa. • Execução de viveiros primários e secundários.	• Melhoria do controle de qualidade da cana (sacarose). • Projetos para experimentações em gerenciamento varietal.	• Desenvolvimento de projetos de identificação de variação genética significativa. • Desenvolvimento de novas gerações de leveduras.	• Desenvolvimento de novos germoplasmas. • Desenvolvimento de projetos de melhoramento para aumentar a eficiência do etanol.	• Projetos de P&D em mapeamento de *Quantitative Trait Locus* (QTL). • Projeto de P&D em novos micro-organismos para quebrar a parede celular.
	Processos agrícolas	• Controle de limpeza da cana para aproveitamento da palha. • Controle de tráfego.	• Uso de sistemas informatizados e gestão de produção agrícola. • Execução de novos espaçamentos no plantio.	• Desenho de novos sistemas de colheita e de plantio. • Desenho de controle químico de pragas.	• Desenvolvimento da agricultura de precisão. • Desenvolvimento de *software* para automatizar a colheita e o plantio.	• Projetos de P&D em colheita de baixo impacto e alto rendimento. • Projetos de P&D em novos equipamentos de colheita (para declividades, por exemplo) e de plantio.
	Processos industriais	• Padronização de processos de fabricação de açúcar e bioetanol. • Produção de bioetanol e açúcar.	• Implementação ou operação de sistemas automatizados de produção. • Implementação ou operação de procedimentos de análise e testes de qualidade.	• Pequenas adaptações e melhorias em equipamentos e processos na destilação. • Pequenas adaptações e melhorias em equipamentos e processos na fermentação.	• Adaptação da planta industrial para tornar a fermentação mais eficiente no uso da vinhaça. • Desenho de processos para protocolos padrões para operação de plantas e equipamentos.	• Desenvolvimento de biocombustíveis avançados (bioquerosene). • Projetos de P&D em processos de bioetanol de segunda e terceira geração.

Indústria	Área tecnológica	Nível				
		Capacidade de produção	**Capacidade inovadora básica**	**Capacidade inovadora intermediária**	**Capacidade inovadora avançada**	**Capacidade inovadora de liderança mundial**
Celulose e papel	Florestal	• Implementação de viveiros e execução de processos de reprodução seminal de mudas. • Implantação de infraestrutura e operação para prevenção e monitoramento de incêndio.	• Testes de qualidade e avaliação de características para sementes e produção de mudas. • Criação de procedimentos de rastreamento e registro de operação para dados florestais (por exemplo, Forestry Stewardship Council – FSC, Imaflora, ISO 14000).	• Desenho e construção de estrutura para viveiros e reprodução clonal de mudas. • Desenho de processos de plantio e recursos para controle de pestes e doenças.	• Desenvolvimento de novos processos de maturação de plantas pelo uso de insumos químicos e orgânicos. • Desenvolvimento de processos para proteção de diversidade biológica relacionada aos ecossistemas das áreas de plantio.	• P&D em aplicações de tecnologia transgênica para produção florestal. • Integração efetiva de *data mining* em bioinformática em aplicações operacionais para pesquisa genética.
	Industrial	• Padronização de solução de problemas e processo de produção. • Certificação ISO 9001.	• Avaliação e implantação de processos de depuração e desgargalamento da linha de produção de forma autônoma. • Seleção, aquisição, instalação e assimilação de novidades em tecnologias de processo.	• Esforços de engenharia para adaptar produtos, reduzir a variabilidade de suas características e, incrementalmente, melhorar as especificações. • Melhorias nas características dos produtos e padronização como resultado da automação de forma não contínua e contínua.	• P&D para introdução de novos produtos e para mudança na especificação de produtos, de acordo com a demanda de clientes-chave.	• P&D para introdução de novos tipos de celulose e papel de ponta, empurrando a fronteira tecnológica. • P&D para introdução de novos produtos baseados em fibras não usuais.

Indústria	Área tecnológica	Nível				
		Capacidade de produção	**Capacidade inovadora básica**	**Capacidade inovadora intermediária**	**Capacidade inovadora avançada**	**Capacidade inovadora de liderança mundial**
Mineração	Pesquisa e prospecção	• Construção de bancos de dados para avaliação de potencialidade de terrenos, a partir de indícios geológicos, tipo de associação litológica ou ocorrências existentes nas proximidades de uma jazida ou mina.	• Pequenas adaptações e melhorias na análise interpretativa de métodos de pesquisa e prospecção mineral. • Pequenas adaptações e melhorias no conteúdo programático de métodos de pesquisa e prospecção mineral.	• Modificações relativamente complexas no gerenciamento de projetos minerais. • Modificações relativamente complexas em *softwares* de avaliação de depósitos minerais.	• P&D aplicados em métodos de análise de testemunhos. • P&D aplicados para solucionar desafios específicos da prospecção mineral.	• P&D básicos em processamento digital de imagens para prospecção mineral. • P&D básicos em processamento e interpretação de dados geofísicos terrestres e/ou aéreos.
	Lavra	• Uso de equipamentos e processos adequados à escala de lavra estabelecida. • Implementação de atividades de perfuração e desmonte de maneira padronizada.	• Pequenas adaptações/melhorias em processos associados às novas características da mina. • Solução de problemas para eliminação de gargalos no processo de lavra.	• Modificações relativamente complexas em análise de dados obtidos por *software* de mineração. • Modificações relativamente complexas em engenharia de equipamentos da mina.	• P&D aplicados para planejamento (lavra e fechamento) de minas e melhor aproveitamento de recursos. • P&D aplicados em desenvolvimento de equipamentos de automação.	• P&D básicos em novos sistemas de perfuração de rochas. • P&D básicos em sistema a *laser* para perfuração de rochas.
	Processamento mineral	• Implementação de atividades de processamento mineral, de acordo com as especificações dos clientes. • Uso de equipamentos com elevado nível de eficiência para processamento mineral.	• Pequenas adaptações e melhorias nas atividades de processamento mineral. • Pequenas adaptações e melhorias para reduzir a variabilidade das características do produto (concentrados) e melhorar suas especificações.	• Modificações e melhorias baseadas em engenharia em equipamentos de processamento mineral. • Modificações e melhorias nas rotas de processamento mineral (por exemplo, melhorias nos sistemas para reuso de água no processamento mineral).	• P&D aplicados para adaptações no dimensionamento de usinas. • P&D aplicados para desenvolvimento de produtos customizados aos clientes.	• P&D básicos em nanotecnologia. • P&D básicos para desenvolvimento de novas rotas de processamento mineral (por exemplo, biolixiviação, lixiviação *in situ*).

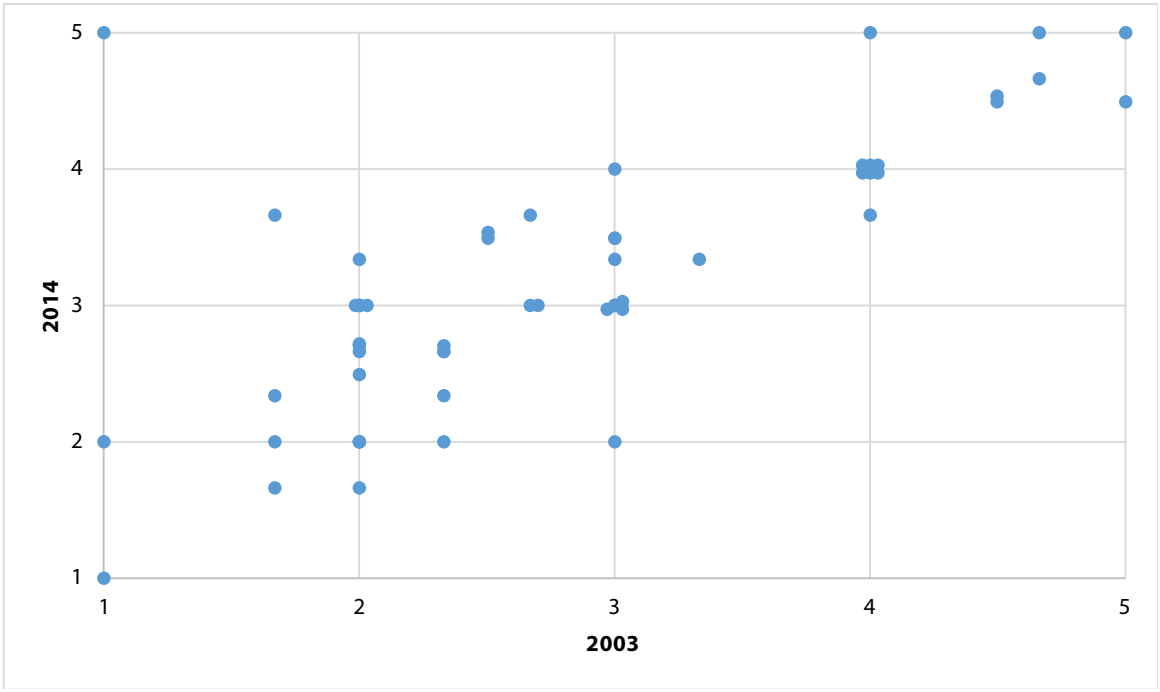
Indústria	Área tecnológica	Nível				
		Capacidade de produção	**Capacidade inovadora básica**	**Capacidade inovadora intermediária**	**Capacidade inovadora avançada**	**Capacidade inovadora de liderança mundial**
Siderúrgica	Processo e organização da produção	• Produção de aços à base de processos sofisticados de produção e automação. • Implementação de atividades de produção com uso das mais avançadas técnicas de organização da produção e com base em certificações internacionais de processos e ambientais.	• Pequenas adaptações e melhorias no uso de aquecimento químico. • Pequenas adaptações e melhorias na realização de aproveitamento energético do gás de topo (cogeração).	• Modificações relativamente complexas em automação de processos e equipamentos para atender a especificidades de produtos e clientes. • Aprimoramento e otimização de matérias-primas e etapas específicas dos processos de produção.	• P&D aplicados para desenvolvimento de processos alternativos de produção de ferro primário que não alto forno. • P&D aplicados e engenharia para o desenvolvimento de processos de produção não originais nas áreas de redução, aciaria e lingotamento relacionados a aços que combinem características de maior resistência elevada e menor peso.	• P&D básicos para desenvolvimento de novos materiais e tecnologias que reduzam significativamente os impactos ambientais dos processos de produção. • P&D básicos, com fornecedores e/ou universidades e institutos de pesquisa, para desenvolvimento de novos insumos para produção de aço.
	Produto	• Implementação de atividades de controle de qualidade para inspeção dos clientes. • Implementação de atividades de produção de aços que atendam a normas internacionais (Japanese Industrial Standards – JIS, Deutsches Institut für Normung – DIN, American Society for Testing and Materials – ASTM).	• Pequenas adaptações e melhorias na produção de produtos isentos de elementos contaminantes. • Pequenas adaptações e melhorias na realização de pequenas modificações em produtos com especificações copiadas.	• Modificações relativamente complexas em produtos, de acordo com as especificações de clientes. • Aprimoramento e otimização da *performance* de produtos diretamente nos processos de produção dos clientes.	• Pesquisa e/ou desenvolvimento e engenharia voltados à exploração de novas aplicações de aço no mercado (particularmente nacional). • P&D e engenharia colaborativos com usuários para desenvolvimento de novos produtos e aplicações.	• P&D básicos para suporte ao *design* e desenvolvimento de novos materiais e aços para novas aplicações na indústria de transformação e no mercado.

Indústria	Área tecnológica	Nível				
		Capacidade de produção	**Capacidade inovadora básica**	**Capacidade inovadora intermediária**	**Capacidade inovadora avançada**	**Capacidade inovadora de liderança mundial**
Petróleo e gás	Serviços de perfuração e equipamentos associados	• Implementação de atividades de produção com uso das mais avançadas técnicas de organização da produção e com base em certificações internacionais de processos e ambientais.	• Introdução de novas técnicas de gestão da produção para aumento de produtividade e melhoria da confiabilidade, segurança e qualidade dos processos e sistemas de produção.	• Modificações relativamente complexas no uso de processos de bomba embutida (*rod lift*), *Progressing-Cavity Pumps* (PCP), elevação a êmbolo (*plunger*) ou bombeio hidráulico (*hydraulic lift*).	• Criação de arranjos organizacionais envolvendo interações entre P&D, engenharia, produção, *marketing*, fornecedores, clientes e/ou universidades e institutos de pesquisa para suporte às atividades de inovação em processos de produção.	• P&D básicos colaborativos (com fornecedores e/ou universidades e institutos de pesquisa) para desenvolvimento de novos equipamentos e sistemas de produção para manutenção de poços.
	Revestimento e completação de poços	• Uso das práticas mais avançadas e internacionalmente reconhecidas em gestão de energia, integrando a eficiência energética às práticas de gestão da produção, assim como a cadeia de fornecedores (certificação ISO 50001 ou Selo Ecológico do Instituto Falcão Bauer de Qualidade – IFBQ).	• Introdução de novas técnicas de gestão da produção para aumento de produtividade e melhoria da confiabilidade, segurança e qualidade dos processos e sistemas de produção.	• Aprimoramento e otimização de matérias-primas e de etapas específicas dos processos de produção.	• P&D aplicados para desenvolvimento de brocas de perfuração, lamas de perfuração ou controle de sólidos.	• P&D básicos colaborativos (com fornecedores e/ou universidades e institutos de pesquisa) para desenvolvimento de novos materiais e tecnologias que reduzam significativamente os impactos ambientais dos processos de produção e manutenção.
	Produção e manutenção de poços	• Produção de produtos e/ou serviços nas áreas de equipamentos de completação, revestimento e instalação de tubulação de produção.	• Introdução de novas técnicas de gestão da produção para aumento da produtividade e melhoria da confiabilidade, segurança e qualidade dos processos e sistemas de produção.	• Modificações relativamente complexas em serviços de revestimento e instalação de tubulação de produção.	• Criação de arranjos organizacionais envolvendo interações entre P&D, engenharia, produção, *marketing*, fornecedores, clientes e/ou universidades e institutos de pesquisa para suporte às atividades de inovação em processos de produção.	• P&D básicos colaborativos (com fornecedores e/ou universidades e institutos de pesquisa) para desenvolvimento de novos materiais e tecnologias que reduzam significativamente os impactos ambientais dos processos de produção e manutenção.

Fonte: Os autores (2017).

A evolução de 2003 a 2014 na acumulação de capacidades tecnológicas para cada uma das 63 empresas produtoras pode ser visualizada na Figura 5.7. Em 2014, um maior número de empresas da indústria relacionada a recursos naturais atingiu os níveis de capacidade inovadora avançada (4) e de liderança mundial (5). Tomando o período como um todo, um número maior de empresas produtoras dessa indústria acumulou capacidades tecnológicas até capacidade inovadora intermediária (3). Por outro lado, o número de empresas em capacidade de produção (1) diminuiu entre 2003 e 2014. Nessa perspectiva empresa a empresa, é possível observar que, no período em tela, algumas empresas experimentaram mudanças robustas em seus níveis de acumulação de capacidades tecnológicas, isto é, partiram do nível de capacidade de produção (1) e atingiram o nível de capacidade inovadora de liderança mundial (5).

Figura 5.7. Indústria relacionada a recursos naturais: evolução do nível de capacidade das empresas produtoras (2003-2014)



Fonte: Os autores (2017).

5.2 Influência dos mecanismos de aprendizagem na acumulação de capacidades tecnológicas das empresas relacionadas a recursos naturais (2003-2014)

O objetivo desta subseção é examinar alguns dos principais mecanismos de aprendizagem utilizados pelas indústrias estudadas ao longo de 2003 a 2014 e relacioná-los, por meio de inferências estatísticas e dados qualitativos, com os padrões de acumulação de capacidades tecnológicas. Como apresentado na seção 3, esta pesquisa identifica dois tipos de mecanismo de aprendizagem: (i) *intraorganizacionais*, ou seja, geração interna de saber tecnológico, mediante criação, compartilhamento, integração e codificação internos de conhecimento; e (ii) *interorgani-*

zacionais, ou seja, fluxos e ligações de saber tecnológico entre empresas e demais organizações do sistema de inovação, como universidades, institutos de pesquisa, consultores, competidores e outras empresas ao longo da cadeia produtiva (fornecedores e clientes).

A descrição e a relação dos mecanismos de aprendizagem intra e interorganizacionais por padrão de acumulação de capacidades tecnológicas das empresas pesquisadas, entre 2003 e 2014, estão divididas em duas subseções: a subseção 5.2.1 apresenta a evolução de algumas estatísticas descritivas gerais da frequência com que os mecanismos de aprendizagem foram implementados pelas empresas, enquanto a subseção 5.2.2 expõe a relação dos mecanismos de aprendizagem com os níveis de acumulação de capacidades tecnológicas.

5.2.1 Evolução dos mecanismos de aprendizagem utilizados pelas empresas relacionadas a recursos naturais no Brasil (2003-2014)

5.2.1.1 Evolução dos mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais

Esta subseção apresenta a evolução do uso dos mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais pelas empresas pesquisadas, entre 2003 e 2014. Como ressaltado na seção 3, entende-se que os esforços de aprendizagem, quando realizados de forma interna, possibilitam à empresa aprofundar suas capacidades tecnológicas. Os mecanismos considerados nesta pesquisa foram detalhados na seção 3 e são representados por quatro tipos: (i) codificação de conhecimento; (ii) compartilhamento de conhecimento; (iii) integração de conhecimento; e (iv) criação de conhecimento, tendo sido sua quantificação de uso realizada por meio da aplicação de questionários.

Para cada um dos quatro mecanismos internos, até oito resultados não excludentes poderiam ser obtidos, a saber: (i) informações técnicas sobre processos existentes; (ii) informações técnicas sobre produtos existentes; (iii) melhorias e adaptações em processos existentes; (iv) melhorias e adaptações em produtos existentes; (v) criação de novos processos; (vi) criação de novos produtos; (vii) criação de novos conhecimentos científicos; e (viii) patentes.

Tipos de mecanismo de aprendizagem intraorganizacional

Supõe-se que, quanto mais resultados gerados a empresa apresentou para cada período de tempo, mais frequentemente conseguiu empregar seus mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais. Se uma empresa, por exemplo, realizou codificação de conhecimento, que gerou melhorias de produtos existentes e criação de novos conhecimentos científicos, recebeu um valor igual a 2. Logo, cada empresa poderia apresentar um valor que variou entre 0 e 8 para cada um de seus quatro mecanismos internos, em cada período de tempo. Nesse mesmo exem-

plo, a empresa possuía uma frequência de 25% (valor 2 de oito possíveis) na utilização do mecanismo de aprendizagem de codificação de conhecimento em um período de tempo específico.

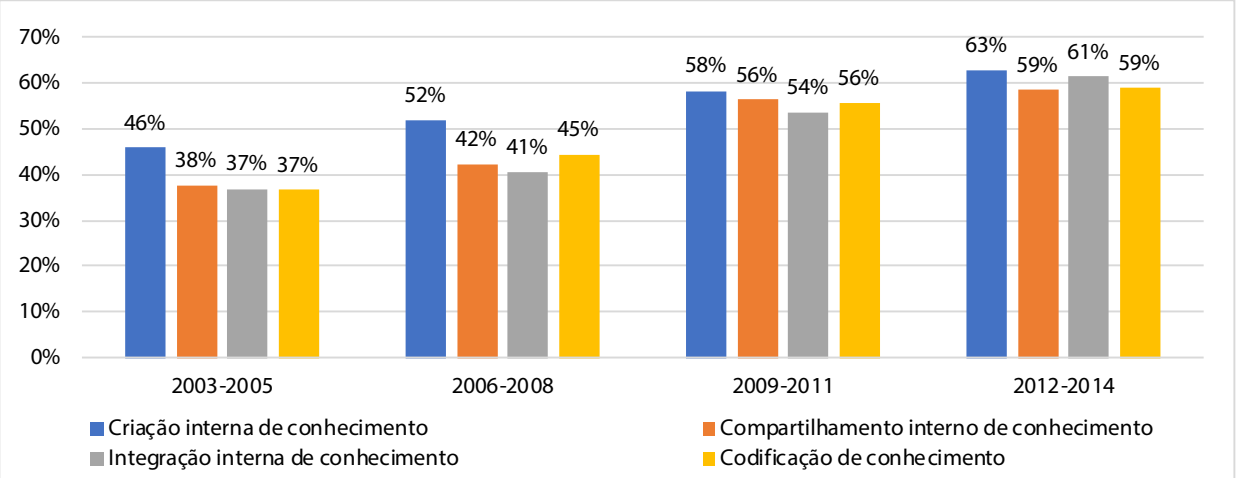
Em outras palavras, a intensidade de uso do *i*-ésimo mecanismo interno por uma empresa foi definida por:

$$y_{it} = \frac{\sum_{j=1}^{J} Y_{ijt}}{J} \qquad (1)$$

Em que: *i* indica mecanismo intraorganizacional; *j* indica resultado; *t* denota período; e *Y* é uma função indicadora, que assume valor unitário se a empresa usou o mecanismo intraorganizacional *i*, para atingir o objetivo *j*, no período *t*, e zero, caso contrário. Ademais, *J* denota o total de resultados possíveis.

A Figura 5.8 apresenta um quadro geral das empresas quanto ao uso dos quatro tipos de mecanismo de aprendizagem intraorganizacional para cada período de tempo. Os valores em porcentagem são representados pelas médias aritméticas de todas as empresas da amostra de pesquisa. Percebe-se que os mecanismos se comportaram de maneira distinta no período analisado, bem como que o uso desses mecanismos aumentou sistematicamente ao longo do tempo, com destaque para criação interna de conhecimento, que foi o mecanismo mais utilizado em todos os períodos analisados.

Figura 5.8. Evolução dos tipos de mecanismo de aprendizagem intraorganizacional, valores médios em % (2003-2014)



Fonte: Os autores (2017).

Tipos de resultado gerados pelos mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais

Considerando os oito resultados possíveis gerados pelos mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais, cada empresa poderia atingir um valor que variou entre 0 e 4, representado

em porcentagem, para cada período de tempo, equivalente à quantidade de tipos de mecanismo interno.

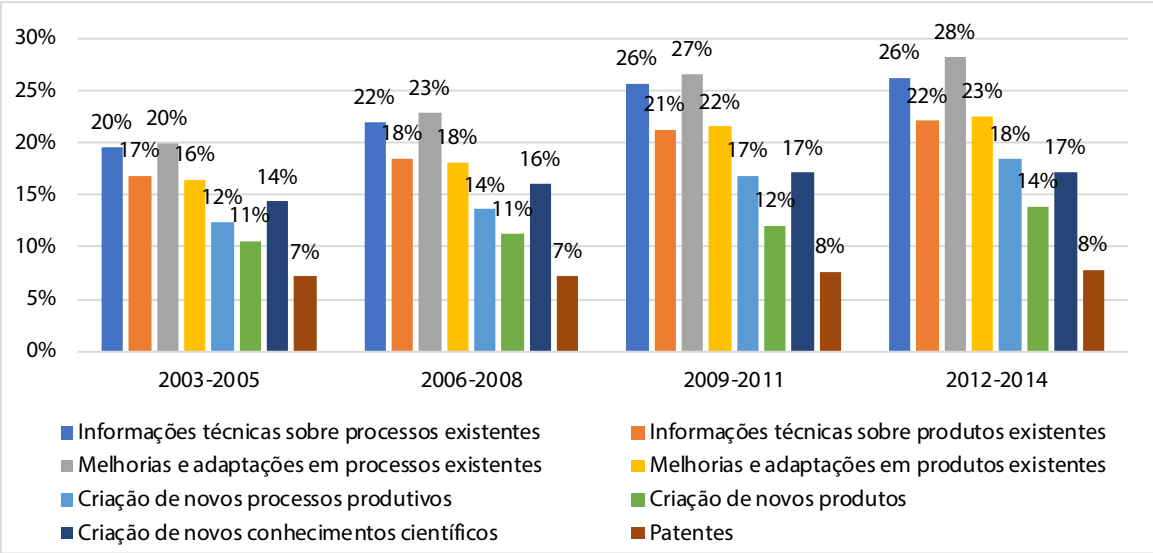
Em outras palavras, a intensidade de uso do *j*-ésimo resultado por uma empresa foi definida por:

$$y_{jt} = \frac{\sum_{i=1}^{I} Y_{ijt}}{I} \qquad \textbf{(2)}$$

Em que: *j* indica resultado; *i* indica mecanismo intraorganizacional; *t* denota período; e *Y* é uma função indicadora, que assume valor unitário se a empresa usou o mecanismo intraorganizacional *i*, para atingir o objetivo *j*, no período *t*, e zero, caso contrário. Ademais, *I* denota o total de mecanismos internos possíveis.

A Figura 5.9 apresenta as médias desses valores em porcentagem para empresas da amostra de pesquisa, em cada período de tempo. Assim como para o uso dos mecanismos, a obtenção de resultados pelo engajamento em atividades de aprendizagem internas também aumentou sistematicamente nos períodos analisados. Ainda, verifica-se que os resultados mais complexos foram aqueles de menor frequência, como patentes e criação de novos conhecimentos científicos e novos produtos.

Figura 5.9. Evolução dos tipos de resultado dos mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais, valores médios em % (2003-2014)

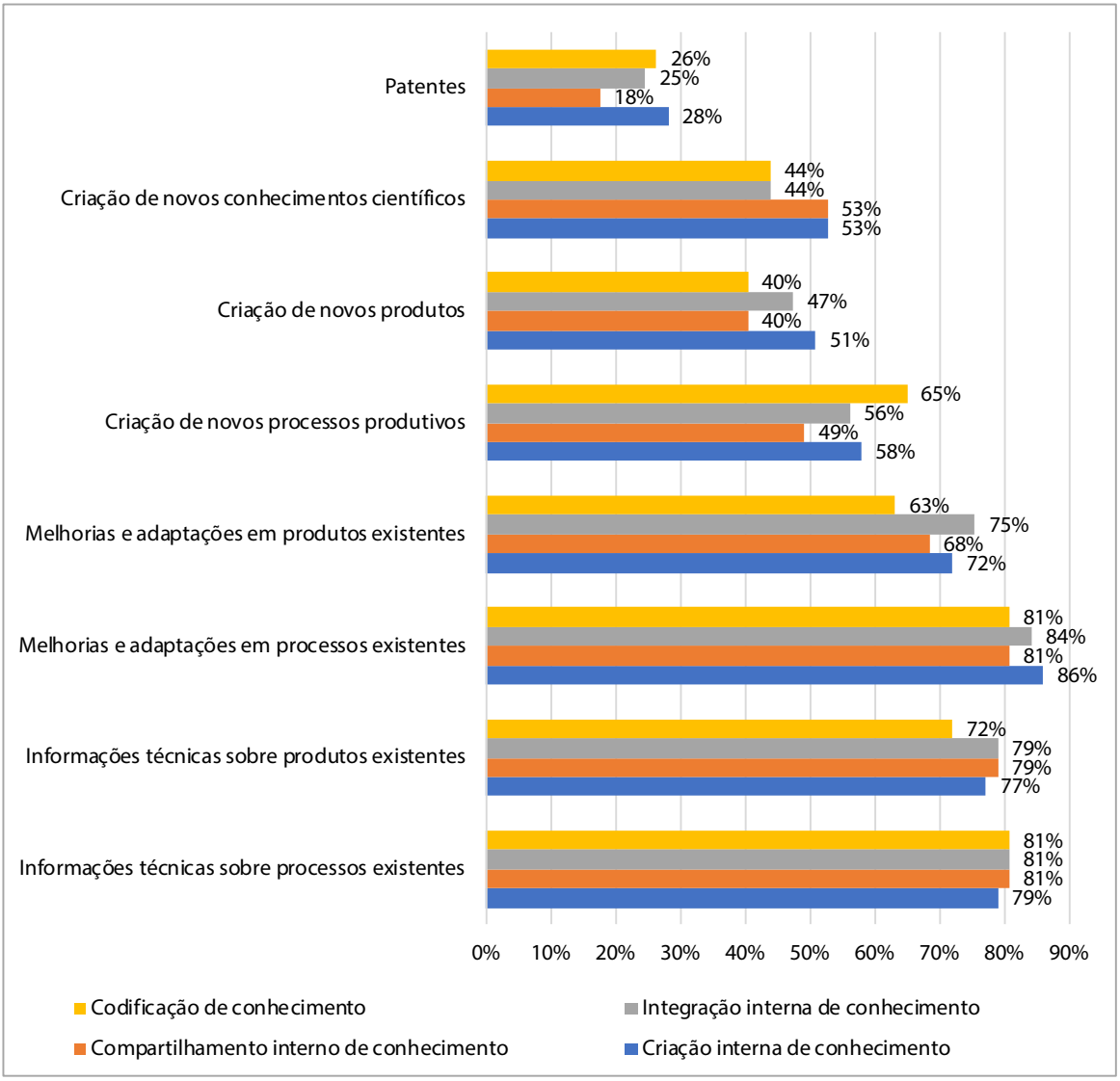


Fonte: Os autores (2017).

Relação entre os tipos de mecanismo de aprendizagem intraorganizacional e seus resultados

Por fim, a Figura 5.10 relaciona os tipos de mecanismo de aprendizagem intraorganizacional com seus resultados possíveis, utilizando valores médios em porcentagem para os quatro períodos de tempo em conjunto.

Figura 5.10. Relação entre os tipos de mecanismo de aprendizagem intraorganizacional e seus resultados, valores médios em % (2003-2014)



Fonte: Os autores (2017).

5.2.1.2 Evolução dos mecanismos de aprendizagem interorganizacionais

Esta subseção apresenta a evolução do uso dos mecanismos de aprendizagem interorganizacionais pelas empresas pesquisadas, entre 2003 e 2014. Como ressaltado na seção 3, entende-se que esses mecanismos representam os esforços de aprendizagem quando realizados de forma externa, possibilitando à empresa aprofundar suas capacidades tecnológicas. Os mecanis-

mos externos considerados nesta pesquisa foram detalhados na seção 3 e são representados por sete tipos: (i) contratação de profissionais; (ii) treinamentos técnicos e gerenciais específicos; (iii) diferentes formas de ensino; (iv) assistência técnica; (v) aquisição de conhecimento; (vi) aprendizado com usuários líderes; e (vii) P&D, tendo sido sua quantificação de uso realizada por meio da aplicação de questionários.

Para cada um dos sete tipos de mecanismo de aprendizagem interorganizacional, perguntou-se com quais parceiros foram realizados, para cada período de tempo. Os parceiros considerados nesta pesquisa foram detalhados na seção 3 e são representados por seis tipos: (i) universidades e institutos de pesquisa locais; (ii) universidades e institutos de pesquisa internacionais; (iii) fornecedores; (iv) firmas competidoras; (v) consultores; e (vi) clientes. Para cada um dos seis parceiros envolvidos em cada um dos sete mecanismos externos, até oito resultados não excludentes poderiam ser obtidos, tendo sido considerados os mesmos resultados apresentados nos mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais.

Tipos de mecanismo de aprendizagem interorganizacional

Supõe-se que, quanto mais resultados gerados a empresa apresentou para cada parceiro e período de tempo, mais frequentemente conseguiu empregar seus mecanismos de aprendizagem interorganizacionais. Se uma empresa, por exemplo, realizou P&D em parceria com universidades e institutos de pesquisas locais, fornecedores e firmas competidoras em um período específico (ou seja, três tipos de parceiro) e essas interações geraram, com cada um dos parceiros, criação de novos produtos, criação de novos conhecimentos científicos e patentes (ou seja, três resultados para cada parceiro), o mecanismo de P&D recebeu um valor igual a 6 no período especificado.

Logo, para cada mecanismo de aprendizagem interorganizacional, cada empresa poderia apresentar um valor que variou entre 0 e 48 para cada período de tempo (seis tipos de parceiro multiplicado por oito tipos de resultado interorganizacional). Nesse mesmo exemplo, a empresa possuía uma frequência de 13% (valor 6 de 48 possíveis) na incidência do mecanismo de aprendizagem de P&D, em um período de tempo específico.

Em outras palavras, a intensidade de uso do *e*-ésimo mecanismo externo por uma empresa foi definida por:

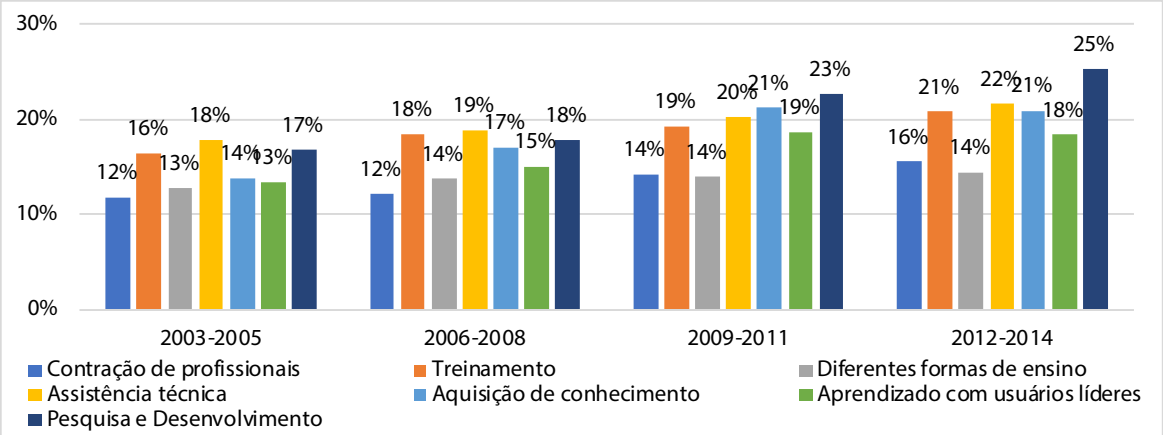
$$y_{et} = \frac{\sum_{j=1}^{J} \sum_{k=1}^{K} Y_{ejkt}}{JK} \qquad \textbf{(3)}$$

Em que: *e* indica mecanismo interorganizacional; *j* indica resultado; *k* indica parceiro; *t* denota período; e *Y* é uma função indicadora, que assume valor unitário se a empresa usou o mecanismo interorganizacional *e*, em parceria com agente do tipo *k*, para atingir o objetivo *j*,

no período *t*, e zero, caso contrário. Ademais, *J* e *K* denotam o total de resultados e de parceiros possíveis, respectivamente.

A Figura 5.11 apresenta um quadro geral das empresas estudadas quanto ao uso dos sete tipos de mecanismo externo, para cada período de tempo. Os valores da figura são representados pelas médias aritméticas em porcentagem das nove empresas da amostra de pesquisa. De maneira geral, percebe-se que a frequência de uso de mecanismos de aprendizagem interorganizacionais cresceu sistematicamente ao longo dos anos estudados. No entanto, enquanto o mecanismo de diferentes formas de ensino cresceu apenas um ponto percentual entre o primeiro e os demais triênios (13% para 14%), P&D cresceu de 17% para 23%, ao longo dos 12 anos.

Figura 5.11. Evolução dos tipos de mecanismo de aprendizagem interorganizacional, valores médios em % (2003-2014)



Fonte: Os autores (2017).

Tipos de parceiro

Considerando os seis possíveis parceiros com quem foram realizados os mecanismos de aprendizagem interorganizacionais, cada empresa poderia atingir um valor que variou entre 0 e 56, representado em porcentagem, para cada período de tempo, equivalente ao número de mecanismos externos (sete) multiplicado pelo número de resultados possíveis gerados (oito).

Em outras palavras, a intensidade de uso do *k*-ésimo parceiro por uma empresa foi definida por:

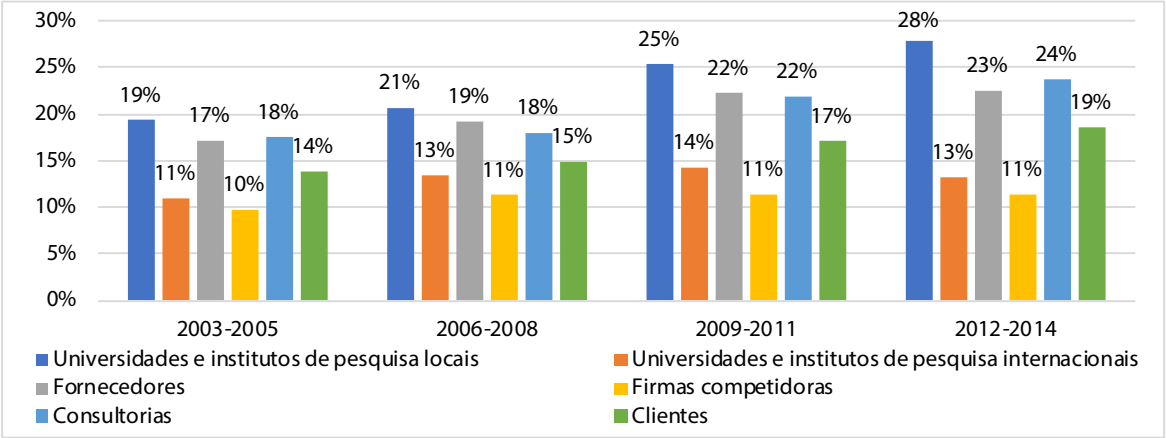
$$y_{kt} = \frac{\sum_{j=1}^{J}\sum_{e=1}^{E} Y_{ejkt}}{JE} \qquad (4)$$

Em que: *k* indica parceiro; *j* indica resultado; *e* indica mecanismo interorganizacional; *t* denota período; e *Y* é uma função indicadora, que assume valor unitário se a empresa usou o mecanismo interorganizacional *e*, em parceria com agente do tipo *k*, para atingir o objetivo *j*, no

período *t*, e zero, caso contrário. Ademais, *J* e *E* denotam o total de resultados e de mecanismos externos possíveis, respectivamente.

A Figura 5.12 apresenta as médias desses valores em porcentagem para as empresas da amostra de pesquisa, em cada período de tempo. Percebe-se que, para todos os períodos estudados, embora o uso de parcerias tenha crescido, o parceiro mais frequente foi universidades e institutos de pesquisa locais, enquanto firmas competidoras foram os menos frequentes.

Figura 5.12. Evolução dos tipos de parceiro, valores médios em % (2003-2014)



Fonte: Os autores (2017).

Tipos de resultado gerados pelos mecanismos de aprendizagem interorganizacionais

Considerando os oito resultados possíveis gerados pelos mecanismos de aprendizagem interorganizacionais, cada empresa poderia atingir um valor que variou entre 0 e 42, representado em porcentagem, para cada período de tempo, equivalente ao número de tipos de parceiro (seis) multiplicado pelo número de tipos de mecanismo externo (sete).

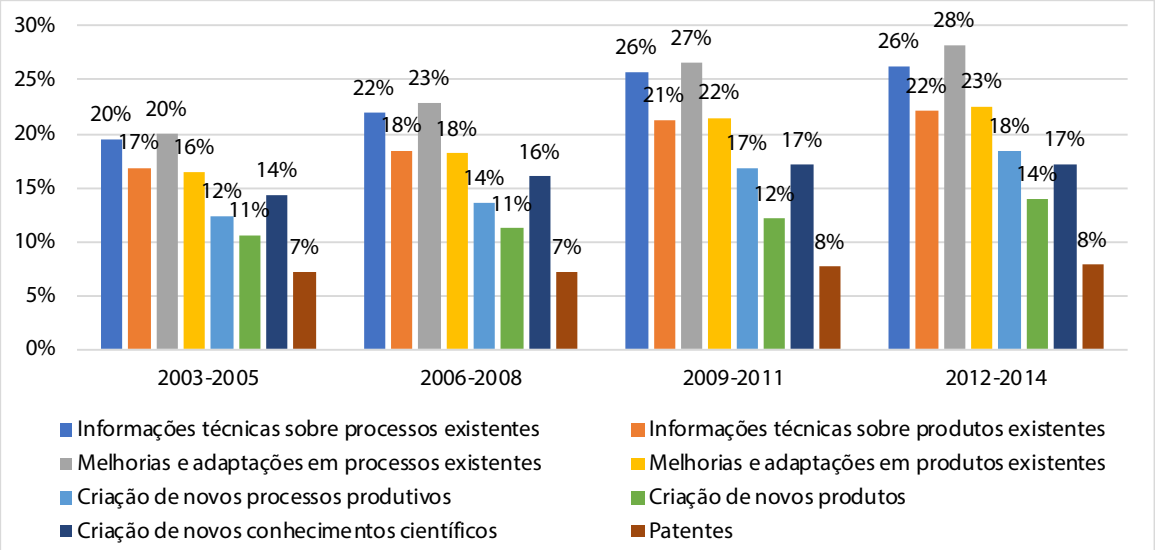
Em outras palavras, a intensidade de uso do *j*-ésimo resultado por uma empresa foi definida por:

$$y_{jt} = \frac{\sum_{k=1}^{K} \sum_{e=1}^{E} Y_{ejkt}}{KE} \qquad \textbf{(5)}$$

Em que: *j* indica resultado; *k* indica parceiro; *e* indica mecanismo interorganizacional; *t* denota período; e *Y* é uma função indicadora, que assume valor unitário se a empresa usou o mecanismo interorganizacional *e*, em parceria com agente do tipo *k*, para atingir o objetivo *j*, no período *t*, e zero, caso contrário. Ademais, *K* e *E* denotam o total de parceiros e de mecanismos interorganizacionais possíveis, respectivamente.

A Figura 5.13 apresenta as médias desses valores em porcentagem para as nove empresas da amostra de pesquisa, em cada período de tempo. Mais uma vez, nota-se que os resultados mais complexos, como patentes e criação de novos conhecimentos científicos e produtos, foram os menos frequentes.

Figura 5.13. Evolução dos tipos de resultado dos mecanismos de aprendizagem interorganizacionais, valores médios em % (2003-2014)

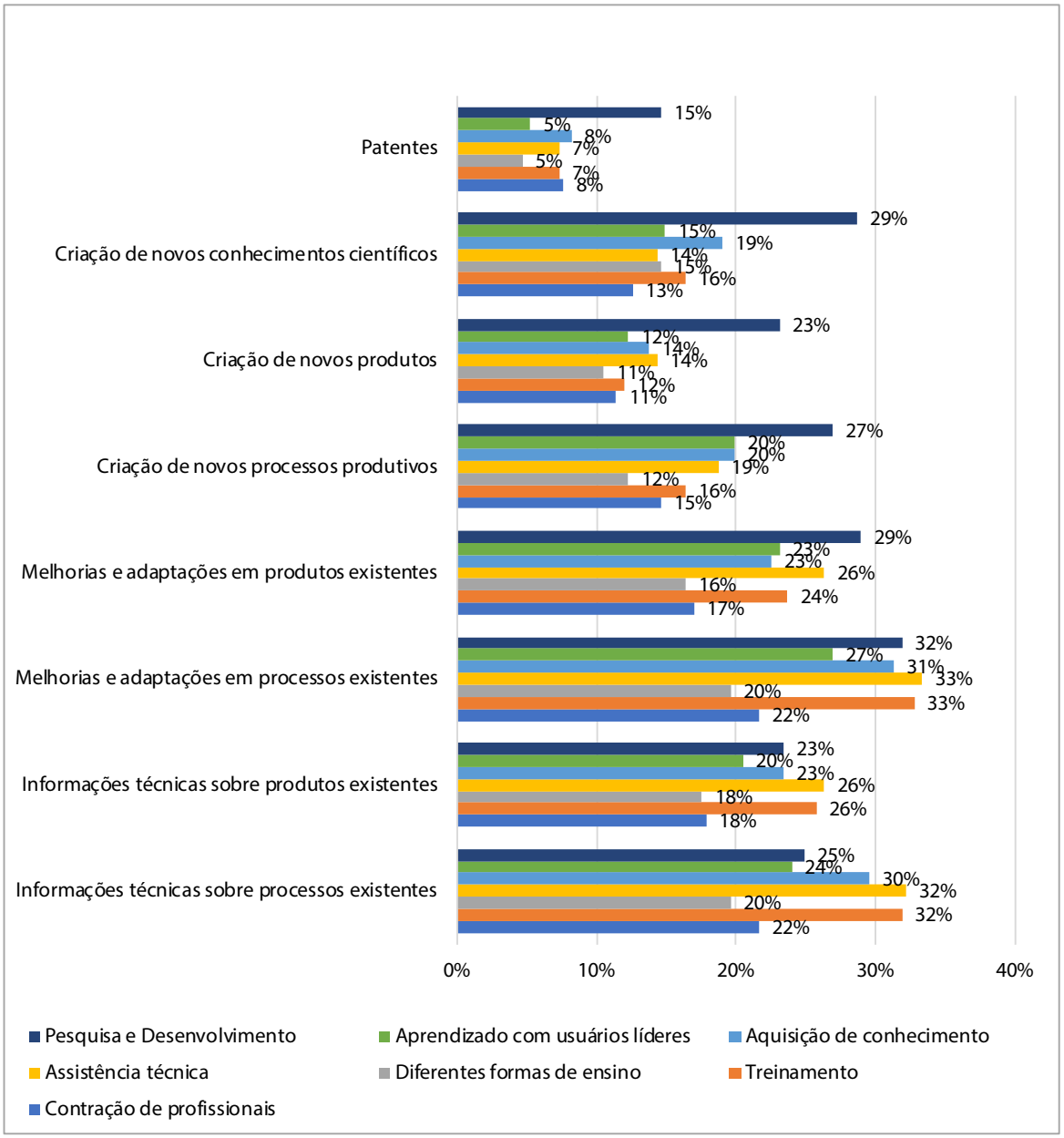


Fonte: Os autores (2017).

Relação entre os tipos de mecanismo de aprendizagem interorganizacional, de parceiro e de resultado

A Figura 5.14 relaciona os tipos de mecanismo externo com seus possíveis resultados. Nesse caso, foram utilizados os valores médios em porcentagem para os quatro períodos de tempo em conjunto. Percebe-se que, para a geração de resultados mais complexos, o mecanismo mais utilizado foi P&D, enquanto, para os menos complexos, os mais utilizados foram treinamento e assistência técnica.

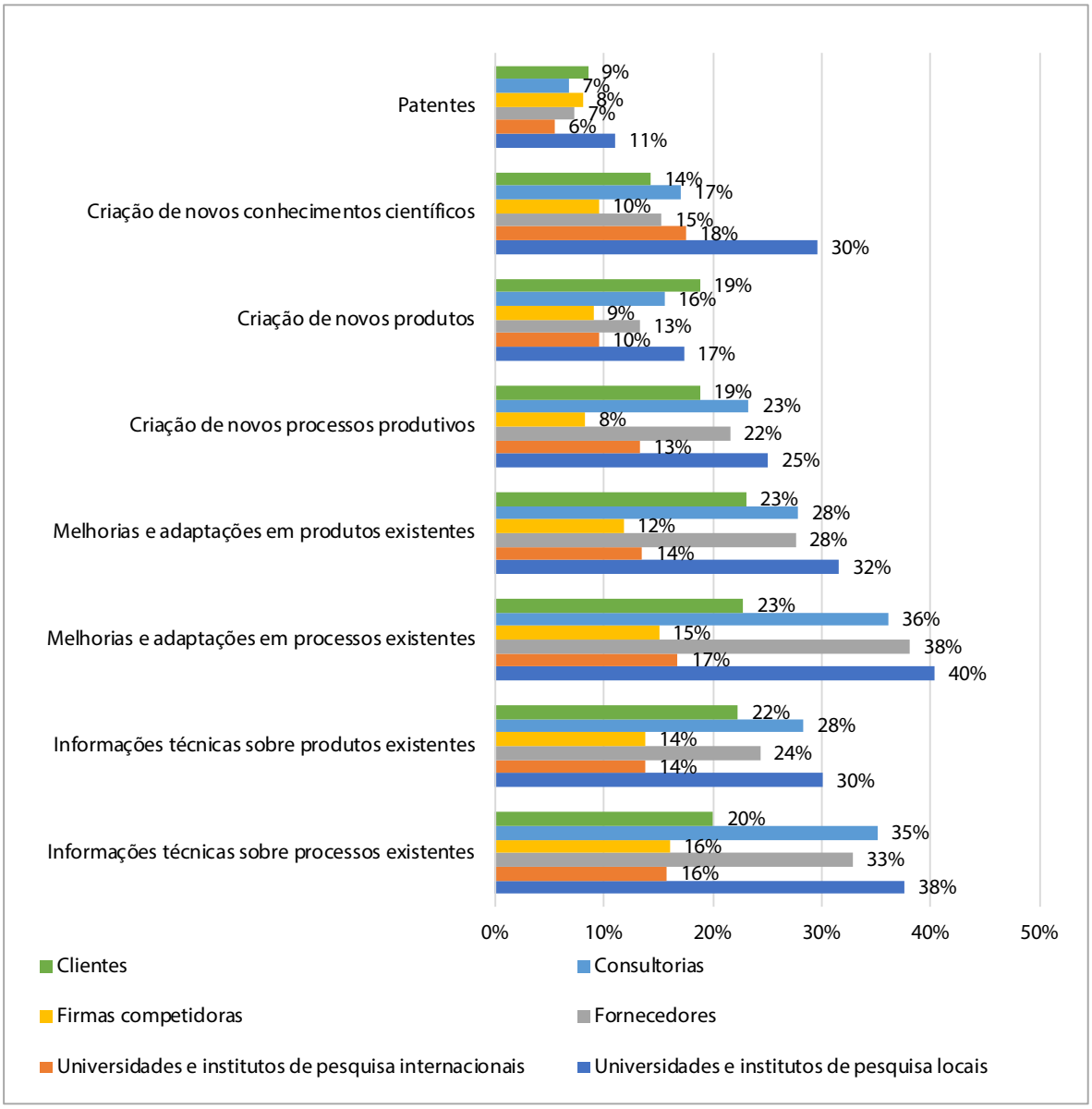
Figura 5.14. Relação entre os tipos de mecanismo de aprendizagem interorganizacional e seus resultados, valores médios em % (2003-2014)



Fonte: Os autores (2017).

A Figura 5.15 apresenta resultados diferentes, ao relacionar os resultados dos mecanismos externos com os parceiros envolvidos nessas interações. Mais uma vez, foram utilizados os valores médios em porcentagem para os quatro períodos de tempo em conjunto. Percebe-se a importância para diferentes resultados da realização de parcerias com universidades e institutos de pesquisa locais, fornecedores e consultorias.

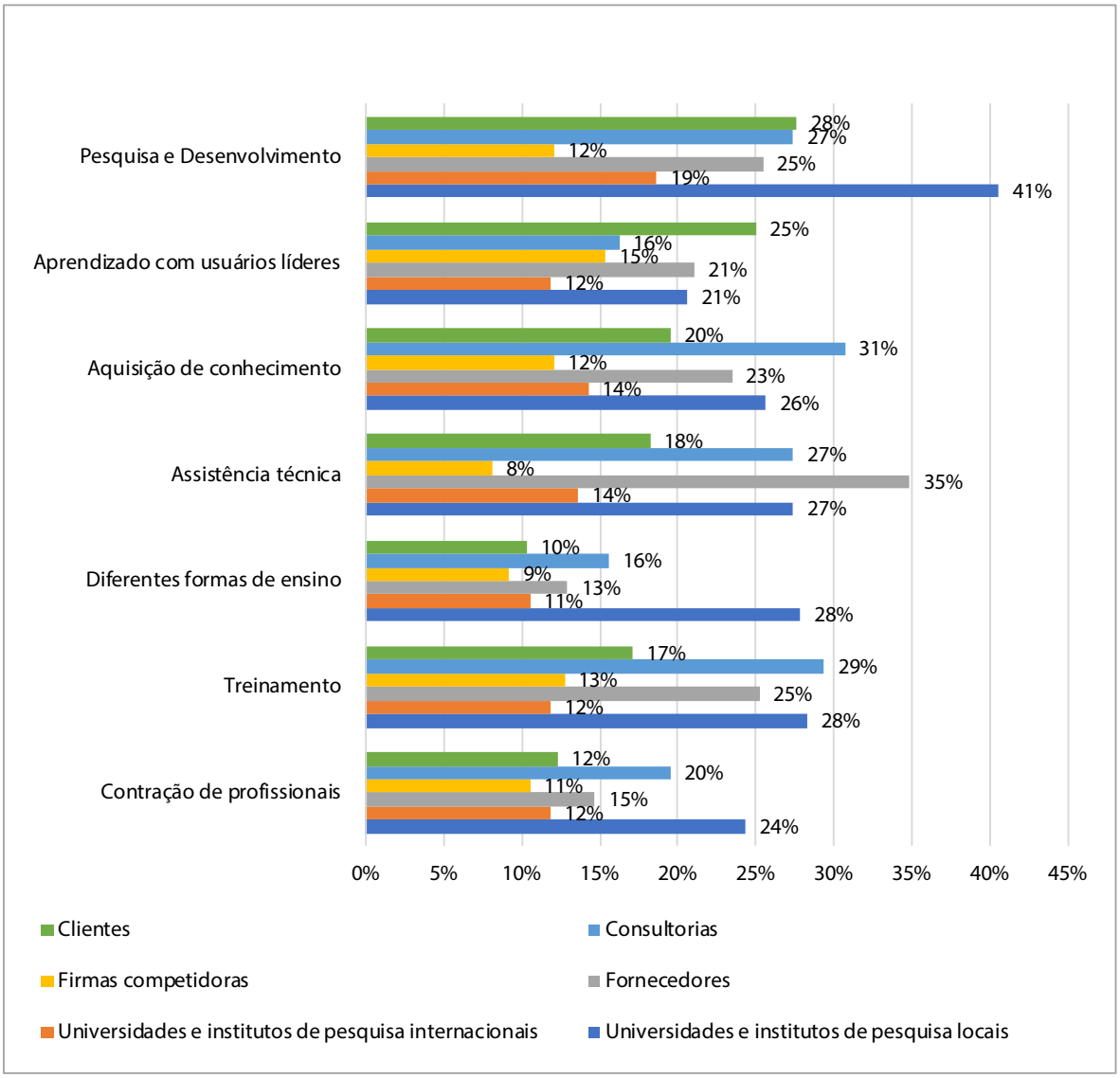
Figura 5.15. Relação entre os tipos de parceiros e os resultados dos mecanismos de aprendizagem interorganizacionais, valores médios em % (2003-2014)



Fonte: Os autores (2017).

A Figura 5.16, por sua vez, relaciona, por meio dos valores médios em porcentagem para os quatro períodos de tempo em conjunto, os tipos de mecanismo externo com os parceiros envolvidos nessas interações.

Figura 5.16. Relação entre os tipos de mecanismo de aprendizagem interorganizacional e de parceiro, valores médios em % (2003-2014)



Fonte: Os autores (2017).

5.2.2 Influência dos mecanismos de aprendizagem na acumulação de capacidades tecnológicas das empresas estudadas da indústria relacionada a recursos naturais no Brasil (2003-2014)

O objetivo desta subseção é analisar a relação dos mecanismos de aprendizagem intra e interorganizacionais com a acumulação de capacidades tecnológicas das empresas estudadas da indústria relacionada a recursos naturais. Para tanto, algumas regressões foram estimadas, aplicando como variáveis dependentes os níveis de capacidade tecnológica e como variáveis explicativas os tipos de mecanismo interno e externo e de parceiro.

Em geral, a grande maioria dos mecanismos internos e externos e dos tipos de parceiro apresentou uma relação positiva, estatisticamente significativa e com intensidades semelhantes entre si com os níveis de capacidade tecnológica, quando estimados individualmente. No

entanto, quando esses mecanismos foram estimados em conjunto, as variáveis deixaram de ser significativas em sua maioria. Devido à alta correlação entre os vários tipos de mecanismo de aprendizagem, o problema descrito pelas regressões é um indicativo de multicolinearidade, o que exige indicadores ou fatores únicos capazes de agrupar o grande número de mecanismos de aprendizagem.

O agrupamento dos mecanismos de aprendizagem interorganizacionais em fatores únicos foi útil não apenas para evitar os problemas de multicolinearidade, como também evidenciou a inter-relação dinâmica entre os mecanismos de uma empresa, visto que podem estar associados entre si. Para a construção desses fatores, foi aplicada a técnica de Análise de Componentes Principais (ACP), geralmente empregada para a redução do número de variáveis, a fim de descrever uma série de combinações lineares não correlacionadas que contêm a maioria da variância. Sua utilização é recomendada quando se tem um conjunto de dados correlacionados em que não se possa postular, com base nos dados disponíveis, uma estrutura particular dessas variáveis. Essa operação gera um novo conjunto de dados não correlacionados entre si, ao contrário do que ocorre com os dados originais[57].

Para a construção dos fatores de mecanismos de aprendizagem interorganizacionais por meio da técnica de ACP, utilizaram-se os quatro tipos de mecanismo de aprendizagem intraorganizacional e as 42 combinações possíveis entre os sete tipos de mecanismo de aprendizagem interorganizacional e os seis tipos de parceiro. O Quadro 5.2 apresenta o agrupamento dos tipos de mecanismo para cada um dos seis fatores encontrados pela ACP, possuindo o fator 1 maior variância do que o fator 2 e assim sucessivamente.

Quadro 5.2. Fatores de mecanismos de aprendizagem interorganizacionais – ACP

Fator	Tipos de mecanismo interno e externo agrupados
Fator 1	• Todos os mecanismos, exceto os destacados nos outros fatores.
Fator 2	• P&D, em parceria com consultoria.
Fator 3	• Mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais.
Fator 4	• Treinamento, diferentes formas de ensino, assistência técnica, aquisição de conhecimento e aprendizado com usuários líderes, em parceria com universidades e institutos de pesquisa locais. • Treinamento, em parceria com consultoria.
Fator 5	• P&D, em parceria com universidades e institutos de pesquisa locais.
Fator 6	• Assistência técnica, em parceria com consultoria.

Fonte: Os autores (2017).

O Quadro 5.2 mostra que a realização de assistência técnica em parceria com consultores (fator 6) foi o tipo de mecanismo de aprendizagem de menor variabilidade nas empresas estudadas, ou seja, foi a interação mais frequente observada entre 2003 e 2014. O fator 5, representado pelo mecanismo de P&D em parceria com universidades e institutos de pesquisa locais, apresen-

[57] Detalhes da técnica de ACP podem ser vistos em Jackson (1991).

tou uma variabilidade um pouco maior do que o fator 6, mas menor do que os outros fatores. Já o fator 4 reuniu um conjunto grande de mecanismos de aprendizagem, envolvendo diferentes interações com universidades e institutos de pesquisa e treinamento com consultores. Por outro lado, o fator 3 envolveu os quatro tipos de mecanismo de aprendizagem intraorganizacional, enquanto o fator 2 foi representado pelo mecanismo de P&D em parceria com consultores. Por fim, o fator 1 agregou todos os outros mecanismos não citados anteriormente.

A partir dos fatores de mecanismos de aprendizagem apresentados no Quadro 5.2, algumas estimativas foram testadas para a análise do impacto desses fatores nos níveis de acumulação de capacidades tecnológicas (variável dependente). A Tabela 5.2 apresenta essas estimativas, em que os dados dos quatro períodos de tempo foram empilhados. A coluna 1 mostra uma regressão de dados em painel estimado pelo método dos mínimos quadrados ordinários, enquanto as colunas 2 a 4 revelam regressões quantílicas nos percentis 25%, 50% e 75%. Essas regressões são úteis por produzirem estimativas aproximadas da mediana de qualquer quantil da variável dependente. Nesse caso, verificam-se as diferenças na frequência de uso dos mecanismos de aprendizagem para faixas distintas de acumulação de capacidades tecnológicas.

Tabela 5.2. Relação entre níveis de capacidade tecnológica e fatores de mecanismos de aprendizagem interorganizacionais

	(1)	(2)	(3)	(4)
	Total	**q.25**	**q.50**	**q.75**
Fator 1	0,166**	0.077	0.062	0.176**
	(0,073)	(0.081)	(0.078)	(0.0866)
Fator 2	0,124**	0.354***	0.282***	0.242**
	(0,065)	(0.109)	(0.090)	(0.102)
Fator 3	0,311***	0.210**	0.302***	0.264**
	(0,081)	(0.106)	(0.091)	(0.120)
Fator 4	0,144**	0.182**	0.099	0.026
	(0,060)	(0.0916)	(0.068)	(0.064)
Fator 5	0,292**	0.258**	0.242**	0.335***
	(0,116)	(0.113)	(0.106)	(0.092)
Fator 6	0,043	0.038	0.081	0.047
	(0,098)	(0.0924)	(0.090)	(0.074)
Nº observações	185	185	185	185

Fonte: Os autores (2017).

Notas: Os símbolos *, ** e *** indicam *p*-valores menores do que 10%, 5% e 1%, respectivamente. Entre parênteses, estão os desvios padrões das estimativas (robustos à heterocedasticidade e autocorrelação serial). Todos os modelos incluem efeitos aleatórios por empresa. Constantes não foram reportadas. Foram inseridas as seguintes variáveis de controle: *dummies* para os quatro períodos de análise; *dummies* para as cinco indústrias selecionadas; número de funcionários; e *dummy* se a empresa possuía maioria do capital controlador nacional.

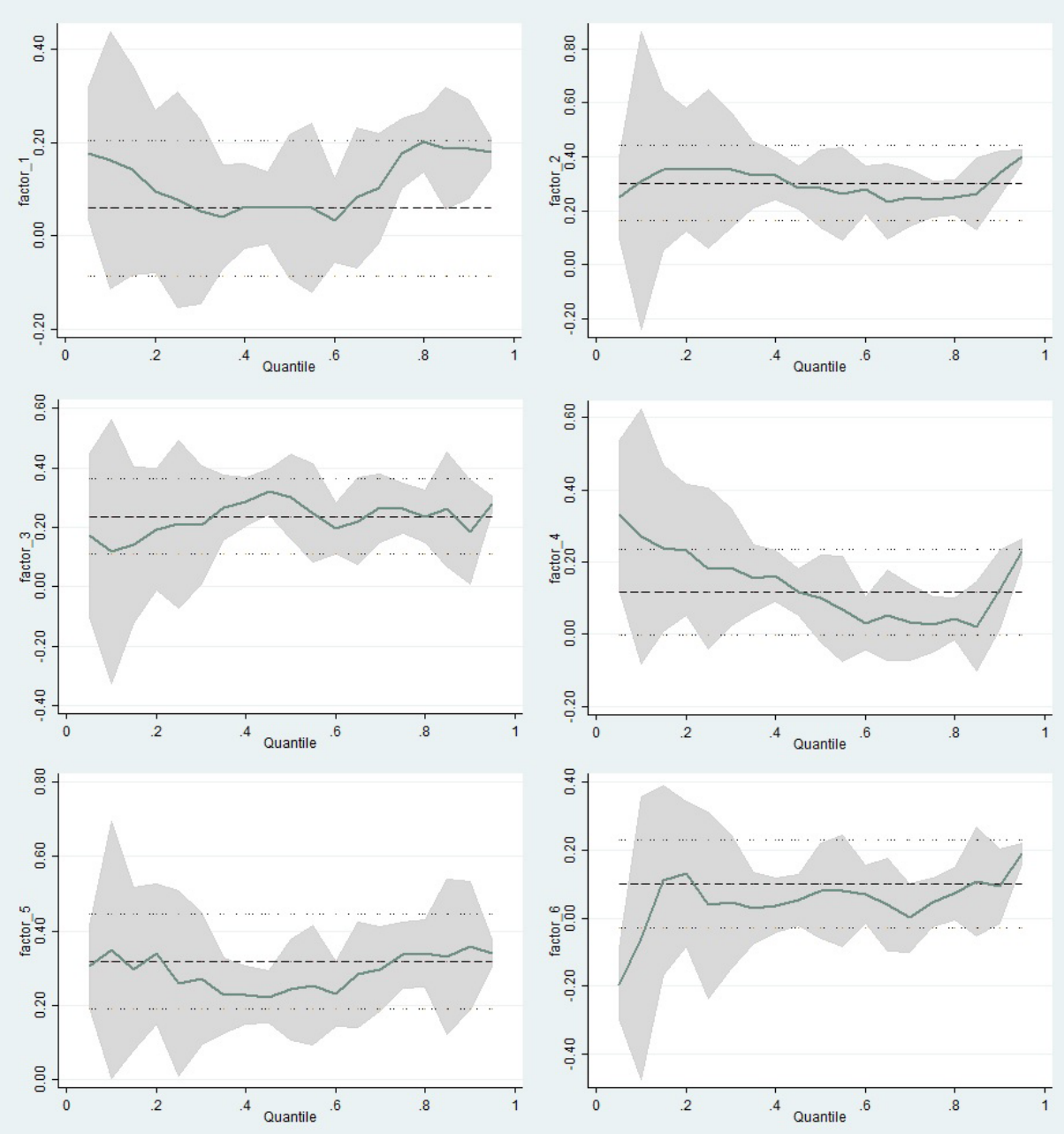
De acordo com a Tabela 5.2, a maioria dos modelos estimados apresentou uma relação positiva e estatisticamente significativa a 1% ou 5% entre os níveis de capacidade tecnológica das empresas e os fatores de mecanismos de aprendizagem. De maneira geral, houve diferenças de

intensidade entre os seis fatores de mecanismos de aprendizagem. Por exemplo, no modelo (1), que compreende a média da amostra total, pode-se dizer que, a cada aumento da intensidade de uso dos mecanismos de aprendizagem que compreendem o fator 1, a capacidade tecnológica aumentou, em média, 16%. Essa mesma relação para o mesmo modelo apresentou um aumento de 31% da capacidade tecnológica em decorrência de um aumento do fator 3 e de 29% resultante de um aumento do fator 5. Já o fator 6 não apresentou uma relação estatisticamente significativa em nenhum dos modelos. Os mecanismos que compõem os fatores 3 e 5, representados, respectivamente, pelos mecanismos internos e P&D em parceria com universidades e institutos de pesquisa locais (ver Quadro 5.2), parecem ter sido as principais fontes para a acumulação de capacidades tecnológicas das empresas estudadas.

Já a análise dos diferentes percentis de níveis de acumulação de capacidades tecnológicas (colunas 2 a 4 da Tabela 5.2) mostra que os fatores 2, 3 e 5 impactaram na acumulação de capacidades tecnológicas para todos os quantis e em proporções semelhantes. O fator 2, representado pelo mecanismo de P&D em parceria com consultores, impactou um pouco mais nas empresas com níveis menores de capacidade tecnológica (quantil de 25%), enquanto o fator 5 (P&D em parceria com universidades e institutos de pesquisa locais) influenciou um pouco mais as empresas com níveis maiores de capacidade tecnológica (quantil de 75%).

Por outro lado, o fator 1, representado por um conjunto muito amplo de mecanismos, influenciou apenas o conjunto de empresas com níveis maiores de acumulação de capacidades tecnológicas (quantil de 75%). Já o fator 4, representado principalmente por interações com universidades e institutos de pesquisa locais, exceto P&D, impactou apenas no conjunto de empresas com níveis menores. A Figura 5.17 apresenta de forma gráfica as estimativas para as regressões quantílicas da Tabela 5.2 para cada um dos seis fatores.

Figura 5.17. Regressões quantílicas: evolução dos fatores de mecanismos de aprendizagem por quantis de capacidade tecnológica



Fonte: Os autores (2017).

De maneira geral, percebem-se algumas especificidades dos tipos de mecanismo para níveis distintos de acumulação de capacidades tecnológicas. Diferentes tipos de mecanismo foram fontes importantes para empresas que apresentaram distintos níveis em termos de capacidades tecnológicas. No entanto, realizar P&D em parceria com universidades e institutos de pesquisa locais (fator 5) parece ter impactado ainda mais a capacidade tecnológica das empresas, estando o fator mais presente em 75% das empresas com níveis maiores de capacidade tecnológica. Já mecanismos com graus tecnológicos menos complexos, como P&D com consultoria (fator 2) e interações com universidades e institutos de pesquisa envolvendo aquisição de conhecimento

codificado, assistência técnica e treinamento (fator 4), estiveram mais presentes em 25% das empresas com níveis menores de capacidade tecnológica.

5.3 Impacto da acumulação de capacidades tecnológicas no desempenho competitivo das empresas da indústria relacionada a recursos naturais no Brasil (2003-2014)

Esta subseção analisa a relação entre os níveis de acumulação de capacidades tecnológicas das empresas da indústria relacionada a recursos naturais no Brasil, entre 2003 e 2014, e as variáveis de desempenho (receita de vendas e tipos de resultado dos mecanismos de aprendizagem). Para tanto, assim como na subseção anterior, foram analisadas regressões quantílicas.

A Tabela 5.3 apresenta a relação entre os níveis de capacidade tecnológica e uma variável dependente de resultados dos mecanismos de aprendizagem (coluna 1) e a receita de vendas em logaritmo (colunas 2 a 5). A variável de resultados dos mecanismos é discreta e possui valores entre 1 e 5. Nesse caso, a empresa possui valor 1 se apenas obteve resultados de informações técnicas de processos ou produtos a partir de seus mecanismos de aprendizagem; valor 2 se obteve resultados em melhorias de processos e produtos; valor 3 se obteve resultados em criação de novos processos e produtos; valor 4 se obteve resultados em criação de novos conhecimentos científicos; e valor 5 se obteve resultados em registros de patentes. Essa variável possui a lógica de complexidade do resultado tecnológico obtido, ou seja, quanto mais próximo de 5 for o valor, mais a empresa apresentou resultados complexos. Já a variável de receita de vendas foi estimada por quantis de 25%, 50% e 75%, de modo semelhante à Tabela 5.2.

Tabela 5.3. Relação entre capacidade tecnológica, resultados dos mecanismos de aprendizagem e receita de vendas

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Resultados mecanismos	**Total (ln)Receita**	**q.25 (ln)Receita**	**q.50 (ln)Receita**	**q.75 (ln)Receita**
Capacidade tecnológica	0,501***	0,343**	0,552***	0,447***	0,386***
	(0,118)	(0,141)	(0,177)	(0,163)	(0,113)
Nº observações	189	191	191	191	191

Fonte: Os autores (2017).

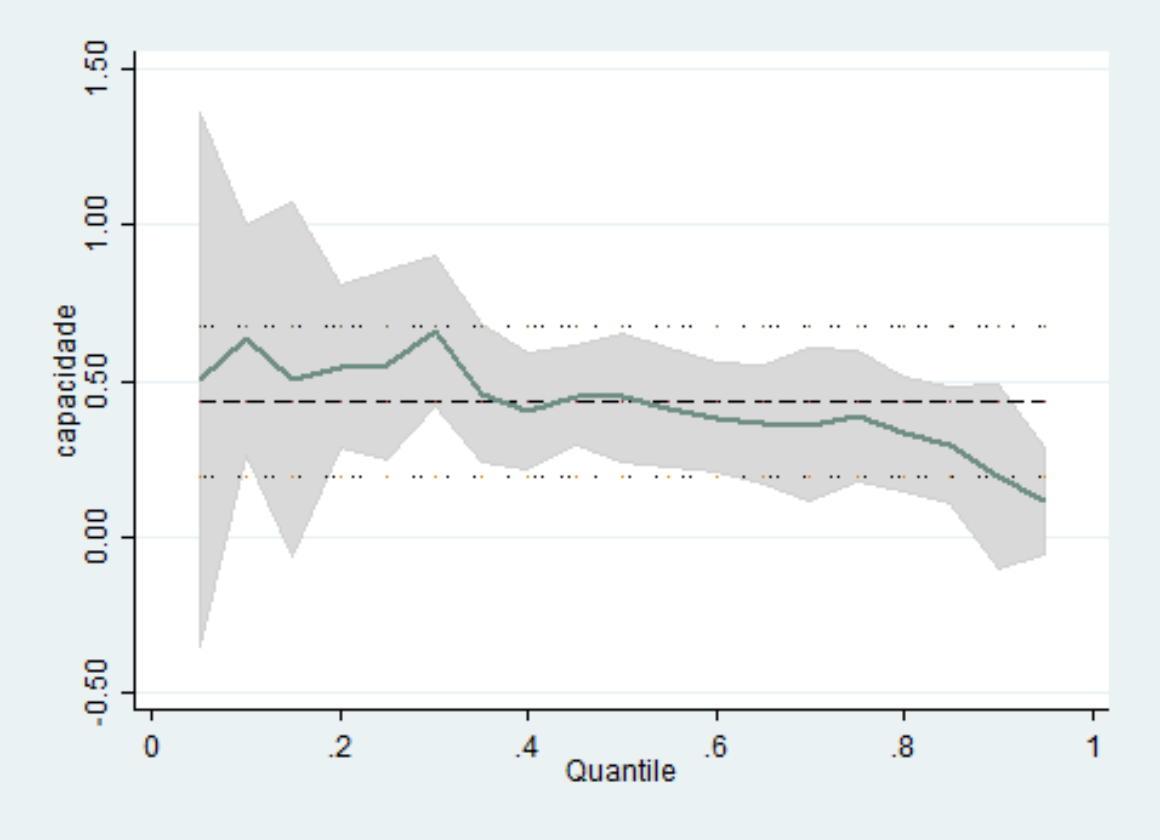
Notas: Os símbolos *, ** e *** indicam *p*-valores menores do que 10%, 5% e 1%, respectivamente. Entre parênteses, estão os desvios padrões das estimativas (robustos à heterocedasticidade e autocorrelação serial). Todos os modelos incluem efeitos aleatórios por empresa. Constantes não foram reportadas. Foram inseridas as seguintes variáveis de controle: *dummies* para os quatro períodos de análise; *dummies* para as cinco indústrias analisadas; número de funcionários; e *dummy* se a empresa possuía maioria do capital controlador nacional.

A Tabela 5.3 mostra que a relação entre capacidade tecnológica e complexidade dos resultados dos mecanismos de aprendizagem foi positiva e estatisticamente significativa a 1%, ou seja, empresas com níveis maiores de acumulação de capacidades tecnológicas possuíam, em

média, resultados tecnológicos mais complexos. Da mesma forma, a relação entre capacidade tecnológica e receita de vendas também foi positiva e estatisticamente significativa. A regressão com a amostra total (coluna 2) revela que, a cada aumento de nível de capacidade tecnológica, a receita de vendas aumentou, em média, 34%. As regressões quantílicas (colunas 3 a 5) mostram que esse efeito foi ainda maior para empresas com produtividade do trabalho menor. Por exemplo, um aumento no nível de capacidade tecnológica para 25% das empresas estudadas menos rentáveis (coluna 3) proporcionou aumento de 55% na receita de vendas, enquanto, para 75% das empresas estudadas mais rentáveis (coluna 5), acarretou um aumento menor (38%) na receita de vendas.

Esses resultados indicam que a relação entre níveis de capacidade tecnológica e receita de vendas foi positiva e estatisticamente significativa, mas ainda maior para empresas com produtividade do trabalho menor, evidenciando a importância de empresas com valores menores de receita de vendas buscarem um maior acúmulo de capacidades tecnológicas para alcançar um maior desempenho competitivo. A Figura 5.18 apresenta de forma gráfica as estimativas para as regressões quantílicas da Tabela 5.3, ou seja, a relação entre capacidade tecnológica e receita de vendas.

Figura 5.18. Regressões quantílicas: evolução da capacidade tecnológica por quantis de receita de vendas



Fonte: Os autores (2017).

Sobre esses resultados, percebe-se que, para as empresas com menores níveis de capacidade tecnológica média, um aumento nesse sentido gerou retorno em produtividade muito maior do que o encontrado para empresas com níveis mais elevados. Nesse caso, cabe destacar que, se a elevação de todas as empresas de uma indústria para o nível máximo possível é uma tarefa árdua, a simples elevação de um nível para outro maior já traz retornos que justificam sua dedicação em atividades inovadoras mais complexas.

6 Discussão e Recomendações

Esta seção apresenta uma discussão dos resultados encontrados na pesquisa e, a partir dela, algumas recomendações práticas de estratégias empresariais e políticas públicas para o conjunto de indústrias relacionadas a recursos naturais estudado. Assim, foi dividida em três subseções: na subseção 6.1, discutem-se os resultados encontrados a partir do modelo analítico e das principais questões propostas pela pesquisa; na subseção 6.2, são elaboradas algumas implicações para estratégias empresariais e políticas públicas; por fim, na seção 6.3, apresentam-se algumas limitações e recomendações para próximas pesquisas.

6.1 Discussão dos resultados

O objetivo da pesquisa foi analisar algumas questões referentes à competitividade de algumas indústrias relacionadas a recursos naturais no Brasil, entre 2003 e 2014, e o papel das capacidades tecnológicas inovadoras. Esse objetivo foi contemplado por meio de três etapas: na primeira, identificaram-se, ao longo do tempo, alguns níveis e trajetórias de acumulação de capacidades tecnológicas de empresas das indústrias selecionadas; na segunda, analisou-se o que influenciou os níveis e padrões de acumulação de capacidades tecnológicas, por meio da incidência de diferentes mecanismos de aprendizagem implementados pelas empresas; na terceira, testaram-se os resultados gerados pela acumulação de capacidades tecnológicas, por meio de impactos no desempenho competitivo das empresas (produtividade).

A pesquisa contou com evidências primárias, obtidas por meio de entrevistas e aplicação de questionários a diretores e gestores de empresas das indústrias selecionadas e da realização de cinco *workshops* com vários agentes das indústrias (empresários, fornecedores, consultores, pesquisadores de institutos de pesquisa e universidades e representantes de órgãos governamentais), tendo sido analisadas evidências qualitativas e quantitativas mediante testes estatísticos.

Ademais, justifica-se pela posição de destaque das indústrias relacionadas a recursos naturais no conjunto da indústria brasileira. Estudos mostram que os países em desenvolvimento que possuem abundância de recursos naturais têm a oportunidade de obter benefícios dessas indústrias e, assim, superar as restrições de crescimento devido à dependência dos recursos naturais. A indústria de recursos naturais oferece vantagens, tais como: formação de recursos humanos, desenvolvimento de fornecedores intensivos em tecnologia, incremento de *backward linkages* e construção de capacidades inovadoras. Os recursos naturais também possuem potencial de inovação, por meio das oportunidades para diversificação, por exemplo.

Os resultados encontrados para cada uma das três etapas do objetivo de pesquisa são ressaltados a seguir.

6.1.1 Acumulação de capacidades tecnológicas

Foram identificadas pela pesquisa significativas diferenças entre as empresas das indústrias relacionadas a recursos naturais analisadas. Mais especificamente, foram encontradas diferenças nos seus níveis e trajetórias de acumulação de capacidades tecnológicas.

A abordagem por níveis foi representada por uma escala em cinco níveis (um nível de capacidade de produção e quatro de capacidades inovadoras) de complexidade e novidade de atividades tecnológicas que a empresa poderia implementar em um dado período de tempo. Os principais resultados são destacados a seguir:

- Todas as empresas produtoras apresentaram capacidade de produção ao longo de 2003 a 2014. Dessas empresas, em 2003-2005, 56 (89%) evoluíram para capacidade inovadora básica, proporção que no triênio seguinte (2006-2008) caiu para 55 empresas (87%) e aumentou nos dois últimos triênios: 57 (90%) e 60 empresas (95%), em 2009-2011 e 2012-2014, respectivamente.
- Em 2003-2005, 32 empresas (51%) evoluíram para capacidade inovadora intermediária, proporção que aumentou ao longo dos triênios seguintes: em 2006-2008, foram 36 empresas (57%); em 2009-2011, 43 empresas (68%); e, em 2012-2014, 44 empresas (70%).
- Uma proporção razoavelmente menor de empresas evoluiu até capacidade inovadora avançada, isto é, nos dois primeiros triênios (2003-2005 e 2006-2008), 18 empresas (29%) e, nos dois últimos (2009-2011 e 2012-2014), 20 empresas (32%).
- Em 2003-2005, apenas três empresas (5%) atingiram capacidade inovadora de liderança mundial; nos dois triênios seguintes (2006-2008 e 2009-2011), foram quatro empresas (6%) e, no último triênio (2012-2014), cinco empresas (8%).

6.1.2 Influência dos mecanismos de aprendizagem na acumulação de capacidades tecnológicas

As diferenças entre as empresas analisadas em termos de níveis e trajetórias de acumulação de capacidades tecnológicas destacadas na subseção anterior fizeram-se valer por diversas fontes distintas de mecanismos de aprendizagem intra e interorganizacionais. Os principais resultados são ressaltados a seguir:

- As regressões realizadas permitiram verificar que a grande maioria dos mecanismos internos e externos e dos tipos de parceiro apresentou uma relação positiva, estatisticamente significativa e com intensidades semelhantes entre si com os níveis de capacidade tecnológica, quando estimados individualmente.

- Contudo, quando esses mecanismos foram estimados em conjunto, as variáveis deixaram de ser significativas em sua maioria. Devido à alta correlação entre os vários tipos de mecanismo de aprendizagem, o problema descrito pelas regressões é um indicativo de multicolinearidade, o que exige indicadores ou fatores únicos capazes de agrupar o grande número de mecanismos de aprendizagem.
- Com a construção dos fatores de mecanismos de aprendizagem interorganizacionais por meio da técnica de ACP, percebeu-se que os mecanismos internos e de P&D em parceria com universidades e institutos de pesquisa locais foram as principais fontes para a acumulação de capacidades tecnológicas das empresas estudadas.
- O mecanismo de P&D em parceria com consultores impactou um pouco mais nas empresas com níveis menores de capacidade tecnológica, enquanto P&D em parceria com universidades e institutos de pesquisa locais influenciou um pouco mais as empresas com níveis maiores de capacidade tecnológica.
- De maneira geral, perceberam-se algumas especificidades dos tipos de mecanismo para níveis distintos de acumulação de capacidades tecnológicas. Diferentes tipos de mecanismo foram fontes importantes para empresas que apresentaram distintos níveis em termos de capacidades tecnológicas. No entanto, realizar P&D em parceria com universidades e institutos de pesquisa locais impactou ainda mais na capacidade tecnológica das empresas, estando o fator mais presente em 75% das empresas com níveis maiores de capacidade tecnológica. Já mecanismos com graus tecnológicos menos complexos, como P&D com consultorias e interações com universidades e institutos de pesquisa envolvendo aquisição de conhecimento codificado, assistência técnica e treinamento, estiveram mais presentes em 25% das empresas com níveis menores de capacidade tecnológica.

6.1.3 Influência da acumulação de capacidades tecnológicas no desempenho competitivo

As últimas conclusões deste trabalho ficam a cargo dos impactos da acumulação de capacidades tecnológicas no desempenho competitivo das indústrias relacionadas a recursos naturais analisadas. O desempenho das indústrias, medido por meio de indicadores de produtividade do trabalho, pode ser resumido nos tópicos a seguir:

- Empresas com níveis maiores de acumulação de capacidades tecnológicas possuíam, em média, resultados tecnológicos mais complexos. A cada aumento de nível de capacidade tecnológica, a receita de vendas aumentou, em média, 34%.
- No entanto, quanto menor o nível de capacidade tecnológica da empresa, maiores foram as chances de ganho, em termos de produtividade, em caso de aumento da capacidade tecnológica.

- Embora pareça, em um primeiro momento, que o objetivo das empresas deve ser chegar sempre ao nível máximo de capacidade tecnológica, sabe-se que isso é efetivamente desafiador. No entanto, a distância para o maior nível de capacidade tecnológica possível não deve ser vista com pessimismo, mas, sim, como uma oportunidade para elevar a competitividade pela sua elevação, ainda que seja na base da escala inovativa.

6.2 Implicações para estratégias empresariais e políticas públicas

Verifica-se que algumas ações de políticas públicas ou empresariais não geram os efeitos desejados por incorporarem conceitos estreitos ou limitados de tecnologia e inovação. Sendo assim, torna-se necessário levar em consideração os seguintes pontos.

Esclarecimentos sobre a perspectiva ampla de tecnologia e inovação

- A tecnologia não é somente maquinaria ou equipamentos, tampouco apenas instalações físicas e laboratórios. Embora essa associação seja comum, sabe-se que, em muitos casos, a mera aquisição de equipamentos mais modernos não implica necessariamente avanços. A compra de equipamentos tecnologicamente avançados exige conhecimentos de capital humano qualificado e especializado para serem operados, além de um sistema organizacional capaz de integrar as diversas especialidades profissionais e as instalações físicas, em um uso eficiente da tecnologia e sua posterior adaptação e aprimoramento.
- Assim como a tecnologia, a inovação deve ser compreendida de maneira abrangente, ou seja, muito além do tradicional *high-end* à base de P&D. Inovação também envolve um contínuo de atividades que variam desde a imitação duplicativa em vários níveis de modificação à base de engenharia (como é típico das indústrias alemãs de máquinas, líderes globais em vários segmentos) até os mais avançados níveis de P&D. Sua visão limitada, incorporada a diferentes estratégias empresariais e de políticas governamentais, ignora o papel das atividades inovadoras básicas, que são, em muitos casos, precondições para o engajamento em atividades inovadoras mais sofisticadas.
- Essa perspectiva abrangente é de fundamental importância para compreender a dinâmica do processo de inovação, particularmente no contexto de economias em desenvolvimento, como a do Brasil, cuja maioria das empresas ainda se encontra no processo de evoluir de níveis de capacidade de produção para níveis progressivos de capacidades tecnológicas inovadoras, especialmente de níveis básicos para níveis superiores.

Financiamento público para inovação

- Políticas públicas de financiamento para produção são diferentes de políticas públicas de financiamento para inovação. A oferta de linhas de crédito para investimento produtivo, principalmente do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), não constitui um problema atualmente. O que se verifica é a dificuldade de captação de recursos destinados exclusivamente à inovação. Por um lado, faltam às linhas de crédito para inovação disponíveis processos mais ágeis e menos burocráticos. Devido às exigências financeiras, esses recursos estão disponíveis apenas para empresas de grande porte e exigem detalhes técnicos que muitas vezes inibem sua procura. Por outro, faltam às empresas conhecimento e organização na captação de recursos financeiros para inovação. Nesse aspecto, parece essencial a necessidade de uma maior simplificação e divulgação do acesso ao financiamento público existente destinado à inovação.

Perspectivas sobre capacidades tecnológicas de produção e inovadoras

- A capacidade tecnológica é um conjunto ou estoque de recursos à base de conhecimento que permite às empresas realizar tanto atividades de produção quanto operacionais e de inovação. Enquanto as capacidades de produção estão relacionadas a atividades de uso/operação de tecnologias e de sistemas de produção existentes, a capacidade inovadora permite realizar modificações em tecnologias existentes ou mesmo gerar novas.
- A distinção entre os dois tipos de capacidade tecnológica é essencial para melhor entender o desempenho competitivo de uma empresa e indústria. É possível produzir milhões de toneladas de determinado produto com alta eficiência, sem, no entanto, ter capacidade para realizar mudanças no seu processo produtivo. Nesse caso, uma empresa pode ter capacidade tecnológica de produção avançada, sem ter nenhuma capacidade tecnológica de inovação.
- As capacidades tecnológicas são elementos importantes para entender o desempenho competitivo de uma empresa ou indústria. Maior capacidade tecnológica de produção pode permitir ganhos no desempenho técnico de uma empresa, enquanto maior capacidade tecnológica inovadora pode possibilitar a criação de tecnologias mais difíceis de ser copiadas ou mesmo criar oportunidades para entrada em novos segmentos de mercado. Assim, ambos os tipos devem ser nutridos em nível da empresa, embora requeiram estratégias diferenciadas para sua diferenciação.

Empresas na mesma indústria são diferentes

- As empresas das indústrias relacionadas a recursos naturais no Brasil ocupam diferentes níveis de capacidade inovadora, bem como distintos níveis de capacidade de produção. Isso sugere que recomendações de estratégias empresariais e de políticas públicas comuns para todas essas indústrias podem esconder a complexidade e a perspectiva ampla de inovação e dos diferentes estágios de acumulação de capacidades tecnológicas. Da mesma forma, gestores de empresas produtoras devem observar planos de estratégias distintas de ACT para essas áreas.
- Especificamente quanto à elaboração de políticas, é necessário que os gestores aprofundem seu conhecimento e perspectiva sobre a indústria relacionada a recursos naturais para reconhecer que ela oferece oportunidades para aprendizado e inovação.

Diversificação industrial

- A diversificação produtiva ao longo da cadeia em atividades intensivas em conhecimento representa uma das oportunidades a ser oferecidas pela indústria de recursos naturais. Ela deve ser conduzida de modo a identificar tecnologias emergentes (como biotecnologia, nanotecnologia, *big data*) que possam adicionar valor à base de recursos naturais já existentes.

Natureza colaborativa e sistêmica de aprendizagem tecnológica

- Esta pesquisa corrobora a ideia de que se foi o tempo em que as empresas eram autossuficientes em capacidades tecnológicas e realizavam atividades inovadoras de forma individual. Verificou-se que grande parte das capacidades tecnológicas inovadoras é acumulada por meio de parceria com universidades e institutos de pesquisa locais, consultores e agentes ao longo da cadeia produtiva (fornecedores e clientes). Empresas que acumularam níveis mais avançados de capacidades tecnológicas foram mais proativas no estabelecimento de vários arranjos colaborativos com esses tipos de parceiro para a realização de atividades inovadoras. Portanto, a distribuição das capacidades tecnológicas para além dos muros das empresas, assim como o envolvimento de parceiros externos no processo de inovação, é irreversível e confirma a fragmentação das atividades inovadoras.
- Isso impõe novos desafios aos gestores, que precisam diariamente criar mecanismos de interface com parceiros diversos, assim como aprimorar suas práticas de coorde-

nação e integração de conhecimentos externos vindos de parceiros distintos, para a eficácia de seu processo de inovação.

- O desenvolvimento de redes de aprendizagem e seu suporte às atividades inovadoras no âmbito da indústria relacionada a recursos naturais no Brasil guardam relação direta com as interações que ocorrem entre empresas produtoras nacionais e estrangeiras, bem como empresas fornecedoras e universidades.
- O aprendizado não ocorre de forma automática, mas requer esforços deliberados[58]. Esses esforços poderiam passar pela atuação de gestores de políticas públicas, em conjunto com empresas, desenhando políticas de apoio para implementação de redes de aprendizado mais sólidas. No Brasil, as políticas existentes (por exemplo, a Lei da Inovação) poderiam ser simplificadas quanto aos parâmetros para solicitação pelas empresas de financiamento e, ao mesmo tempo, incluir diretrizes para uma abordagem de inovação que não a associe apenas à P&D e favoreça uma participação maior de pequenas empresas[59]. Programas de desenvolvimento de fornecedores locais implementados por empresas e governo atuando em conjunto também são iniciativas consideradas promissoras.

Formação diferenciada de capital humano

- Ações para aumentar e melhorar a oferta de recursos humanos qualificados e criar massa crítica altamente qualificada são necessárias para atingir objetivos de inovação na indústria relacionada a recursos naturais. É importante que o sistema de ensino superior público e privado e o sistema de treinamento dentro das empresas forneçam conhecimentos e habilidades apropriados para se alinhar com as novas capacidades inovadoras necessárias para a diversificação industrial.
- É importante fazer distinção entre capital humano relacionado a uma tecnologia existente cujo *mindset* vem sendo preparado desde os bancos das universidades e aprofundado pelas empresas e capital humano para se engajar em atividades tecnológicas novas para a indústria, o país e, como consequência, a diversificação industrial. Por isso, é preciso que as empresas, em sintonia com as universidades, engajem-se na preparação desses diferentes tipos de capital humano.

Políticas públicas devem evitar o protecionismo exacerbado

- A busca por uma política pública de inovação que abranja a coordenação do Estado e das empresas em uma perspectiva colaborativa e sistêmica não significa um controle

[58] Ver Bell (2009).

[59] Ver Figueiredo e Piana (2016).

protecionista exacerbado. Uma política de inovação deve possuir uma coordenação estratégica do Estado e, ao mesmo tempo, fornecer um ambiente de pressão competitiva. Um ambiente econômico competitivo sistêmico é importante para o desenvolvimento de capacidades inovadoras, pois somente ele estimula o esforço contínuo por parte das empresas em inovar. Restrições às importações, por exemplo, dificultam o próprio processo de aprendizagem e acumulação de capacidades tecnológicas dentro das empresas.

Políticas públicas devem ser avaliadas

- A despeito das dificuldades de avaliar uma política industrial, a avaliação constante de políticas públicas é essencial para seu aperfeiçoamento. No Brasil, alguns estudos têm buscado a avaliação de políticas públicas, principalmente no que se refere à inovação. Essa avaliação ocorre em termos do impacto de uma dada política na produtividade das empresas e seus gastos com inovação. No país, percebe-se que, em geral, essas políticas carecem de uma elaboração baseada em evidências coletadas diretamente da indústria a que se referem, isto é, que se atenham a um diagnóstico crível das necessidades e demandas da indústria.
- Especificamente para a indústria de recursos naturais, as políticas públicas devem ser cada vez mais pensadas (por consequência, avaliadas) quanto às oportunidades que os recursos naturais de fato podem oferecer. É necessário, portanto, construir uma agenda de política que contemple aspectos como: incentivos ao fortalecimento de esforços de inovação em recursos naturais e iniciativas para adicionar a diversificação em todos os elos da cadeia produtiva, bem como dar suporte às empresas no cumprimento de direitos de propriedade intelectual.

6.3 Limitações e recomendações para próximas pesquisas

Uma das limitações desta pesquisa foi o tempo de análise das trajetórias de acumulação de capacidades tecnológicas. A pesquisa focou os últimos 12 anos, porém uma melhor observação da trajetória ou de um padrão de acumulação de capacidades tecnológicas requereria um tempo maior, uma vez que se trata de um processo longo e histórico.

Apesar de a pesquisa contar com uma alta representatividade das empresas relacionadas a recursos naturais dentro das indústrias escolhidas, outra limitação foi que os testes estatísticos utilizados seriam mais robustos com a utilização de um número maior de observações. Dessa maneira, os resultados estatísticos devem ser sempre analisados com cautela, necessitando sempre observar a correlação, e não a causalidade, das variáveis.

Por fim, as entrevistas realizadas com algumas empresas da amostra complementaram justamente as análises quantitativas e estatísticas, porém não é permitido afirmar que essas empresas foram profundamente estudadas, visto que foi feita apenas uma entrevista com alguns representantes delas.

Uma pesquisa mais robusta e completa precisaria alinhar o desenho de pesquisa aqui apresentado a uma análise mais aprofundada por empresa e, ainda, contemplar uma alta representatividade das indústrias analisadas. Uma análise em um período mais longo também seria necessária, o que requer um acompanhamento constante das empresas e das indústrias como um todo. Isso permitiria promover a gestão corporativa do processo de aprendizagem dentro das empresas e de suas relações com o sistema de inovação.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Dados estatísticos**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/wwwanp/dados-estatisticos>. Acesso em: set. 2016.

AGROSTAT BRASIL. **Estatísticas de comércio exterior do agronegócio brasileiro**. Brasília, DF, 2014. Disponível em:<http://www.agricultura.gov.br/portal/page/portal/Internet-MAPA/pagina-inicial/servicos-e-sistemas/sistemas/agrostat>. Acesso em: jun. 2014.

ANDERSEN, A. D. et al. **Natural resources, innovation and development**. Denmark: Aalborg University Press, 2015.

ANDRADE, M.; CUNHA, M. O setor siderúrgico. In: HERBER, F. (Ed.). **BNDES 50 anos**: história setorial. Rio de Janeiro: BNDES, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (ABRAF). **Anuário estatístico ABRAF 2013**: ano base 2012. Rio de Janeiro, 2013.

BELL, M.; FIGUEIREDO, P. N. Building innovative capabilities in latecomer emerging market firms: some key issues. In: CANTWELL, J.; AMANN, E. (Ed.). **Innovative firms in emerging market countries**. Oxford: Oxford University Press, 2012. p. 24-109.

BELL, M.; PAVITT, K. The development of technological capabilities. In: HAQUE, U. (Ed.). **Trade, technology and international competitiveness**. Washington, DC: The World Bank, 1995.

BP GLOBAL. **BP statistical review of world energy**. 2015. Disponível em: <http://www.bp.com/statisticalreview>. Acesso em: 18 jul. 2016.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário mineral 2014**. Brasília, DF: DNPM, 2014. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2014>. Acesso em: 2 fev. 2017.

_____. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Secretaria de Comércio Exterior**. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/comercio-exterior>. Acesso em: 15 maio 2016.

CARNEIRO, R. M. **Commodities, choques externos e crescimento**: reflexões sobre a América Latina. Santiago: Nações Unidas, 2012. (Serie Macroeconomía del desarrollo, 117).

CASTALDI, C. et al. Technological learning, policy regimes, and growth: the long-term patterns and some specificities of a globalized economy. In: CIMOLI, M.; DOSI, G.; STIGLITZ, J. (Org.). **Industrial policy and development**: the political economy of capabilities accumulation. Oxford: Oxford University Press, 2009.

CASTRO, E. C.; FIGUEIREDO, P. N. Aprendizagem tecnológica compensa? Implicações da acumulação de competências tecnológicas para o aprimoramento de performance técnico-econômica em uma unidade de aciaria no Brasil (1997-2001). **Revista de Administração Contemporânea**, Rio de Janeiro, ed. esp., p. 109-133, 2005.

CICANTELL, P.; SMITH, D. Nature, raw materials, and political economy: an introduction. In: CICANTELL, P.; SMITH, D.; SEIDMAN, G. **Nature, raw materials, and political economy**. London: Elsevier, 2005.

DANTAS, E.; BELL, M. Latecomer firms and the emergence and development of knowledge networks: the case of Petrobras in Brazil. **Research Policy**, v. 38, n. 5, p. 829-844, 2009.

_____. The co-evolution of firm-centered knowledge networks and capabilities in late industrializing countries: the case of Petrobras in the offshore oil innovation system in Brazil. **World Development**, v. 39, n. 9, p. 1570-1591, 2011.

DE PAULA, G. M. **Avaliação tecnológica da siderurgia brasileira**. 1992. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1992.

_____. **Privatização e estrutura de mercado na indústria siderúrgica mundial**. 1998. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1998.

_____. Cadeia produtiva da siderurgia. In: HIRATUKA, C.; FURTADO, J.; GARCIA, R. **Estudo da competitividade por cadeias integradas**: um esforço coordenado de criação de estratégias compartilhadas. Brasília, DF: MDIC; IE-Unicamp, 2002.

_____. **Economia de baixo carbono**: avaliação de impactos de restrições e perspectivas tecnológicas – siderurgia. Relatório final. Ribeirão Preto: EBC, 2012.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanço energético nacional**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2014_Web.pdf>. Acesso em: 2 fev. 2017.

FIGUEIREDO, P. N. **Technological learning and competitive performance**. Cheltenham: Edward Elgar, 2001.

_____. Does technological learning pay off? Interfirm differences in technological capability--accumulation paths and operational performance improvement. **Research Policy**, v. 31, n. 1, p. 73-94, 2002.

_____. Aprendizagem tecnológica e performance competitiva. Programa de pesquisa e aprendizagem tecnológica e inovação industrial. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 2, p. 323- 361, 2003.

_____. Discontinuous innovation capability accumulation in latecomer natural resource-processing firms. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 77, n. 7, p. 1090-1108, 2010.

_____. **Gestão da inovação**: conceitos, métricas e experiências de empresas no Brasil. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

FIGUEIREDO, P. N.; COHEN, M.; GOMES, S. **Firms' innovation capability-building paths and the nature of changes in learning mechanisms**: multiple case-study from an emerging economy. Maastricht: UNU-MERIT, 2013. (Working Papers, n. 2013-007).

FIGUEIREDO, P. N.; PIANA, J. When "one thing (almost) leads to another": a micro-level exploration of learning linkages in Brazil's mining industry. **Resources Policy**, n. 49, p. 405-414, 2016.

FOOD and Agricultural Organization of the United Nations (FAO). Disponível em: <http://faostat.fao.org/>. Acesso em: 26 jun. 2015.

FURTADO, A.; SCANDIFFIO, M.; CORTEZ, L. The Brazilian sugarcane innovation system. **Energy Policy**, v. 39, p. 156-166, 2011.

FURTADO, J.; URIAS, E. **Recursos naturais e desenvolvimento**: estudos sobre o potencial dinamizador da mineração na economia brasileira. São Paulo: Ed. dos Autores; IBRAM, 2013.

GONZALEZ, R. K. **Processo alternativo de catch-up em indústrias intensivas em recursos naturais**: uma análise empírica da trajetória tecnológica da indústria de bioetanol de cana-de-açúcar no Brasil. 2016. 383 f. Tese (Doutorado) – Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas, Fundação Getulio Vargas, Rio de Janeiro, 2016.

HAUSMANN, R.; RODRIK, D. Economic development as self-discovery. **Journal of Development Economics**, v. 72, n. 2, p. 603-633, 2003.

HURMEKOSKI, E.; HETEMAKI, L. Studying the future of the forest sector: review and implications for long-term outlook studies. **Forest Policy and Economics**, v. 34, p. 17-29, 2013.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). O Brasil vai dobrar sua produção de madeira plantada. E o mundo também! **Ibá**, 9 dez. 2015a. Disponível em: <http://iba.org/pt/convidados/o-brasil-vai-dobrar-sua-producao-de-madeira-plantada-e-o-mundo-tambem>. Acesso em: 7 jun. 2016.

_____. **Relatório Ibá 2015**. São Paulo, 2015b.

INSTITUTO Aço Brasil. Disponível em: <http://www.acobrasil.org.br/site2015/>. Acesso em: 5 ago. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sistema de contas nacionais**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 1 dez. 2016.

JACKSON, J. E. **A user's guide to principal components**. New York: John Wiley & Sons, 1991.

LALL, S. Technological capabilities and industrialization. **World Development**, v. 20, n. 2, p. 165-186, 1992.

MARIN, A.; PETRALIA, S.; ORTEGA, C. B. Technological opportunities in natural resources related industries in Latin America. Old presumptions, new evidence. In: CONFERENCE ON MICRO EVIDENCE ON INNOVATION IN DEVELOPING ECONOMIES, 6., 2012, Cape Town. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2012.

MARTIN, C. Biorrefinaria se aproxima do setor. **Revista O Papel**, São Paulo, p. 24-30, fev. 2013.

NEVES, M. F.; TROMBIN, V. G. **A dimensão do setor sucroenergético**: mapeamento e quantificação da safra 2013/14. Ribeirão Preto: Markestrat; Fundace; FEA-RP/USP, 2014.

OLIVEIRA, A.; RUBIANO, D. Innovation in Brazilian oil industry: from learning by using to prospective capacity to innovate in the technological frontier. In: GLOBELICS INTERNATIONAL CONFERENCE, 9., 2011, Buenos Aires. **Anals...** Buenos Aires: Globelics, 2011. Disponível em: <http://www.ungs.edu.ar/globelics/wp-content/uploads/2011/12/ID-496-Rubiano-De-Oliveira-Innovation-Policies.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2013.

ORGANIZAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO (ONIP). **Oportunidades e desafios da agenda de competitividade para construção de uma política industrial na área de petróleo**: propostas para um novo ciclo de desenvolvimento industrial. 2010. Disponível em: <http://novosite.onip.org.br/wp-content/uploads/2011/07/estudo_competitividade_offshore_relatorio.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2013.

PÄTÄRI, S.; KYLÄHEIKO, K.; SANDSTRÖM, J. Opening up new strategic options in the pulp and paper industry: case biorefineries. **Forest Policy and Economics**, v. 13, n. 6, p. 456-464, 2011.

PEREZ, C. The new context for industrializing around natural resources: an opportunity for Latin America (and other resource rich countries)? **Working Papers in Technology Governance and Economic Dynamics**, n. 62, p. 1-41, 2015.

PIANA, J. **Variações em trajetórias de acumulação de capacidades tecnológicas em nível intra-empresarial**: uma análise empírica da Vale S.A. 2016. 448 f. Tese (Doutorado em Administração) – Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas, Fundação Getulio Vargas, Rio de Janeiro, 2016.

PINHEIRO, M. C. et al. **A urgente necessidade do fortalecimento da competitividade industrial brasileira**: reflexão inicial sobre o papel da produtividade e da acumulação de capacidades tecnológicas inovadoras. Rio de Janeiro: EBAPE/FGV, 2015. (Technological Learning and Industrial Innovation Working Paper Series). Disponível em: <www.ebape.fgv.br/tlii-wps>. Acesso em: out. 2016.

PINHEIRO, M. C.; FIGUEIREDO, P. N. **Por que é tão necessário o fortalecimento da competitividade industrial do Brasil? E qual é o papel da produtividade e da capacidade tecnológica inovadora?** Rio de Janeiro: EBAPE/FGV, 2015. (Technological Learning and Industrial Innovation Working Paper Series). Disponível em: <www.ebape.fgv.br/tlii-wps>. Acesso em: out. 2016.

PREBISCH, R. Crecimiento, desequilibrio y disparidades: interpretación del proceso de desarrollo económico. In: GURRIERI, A. **La obra de Prebisch en la Cepal**. México: Fondo de Cultura Económica, 1982.

REIS, C. **Recursos naturais e desenvolvimento econômico**: da especialização à diversificação produtiva e exportadora nos SEANICs. 2012. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

ROSS, M. L. What have we learned about the resource curse? **Annual Review of Political Science**, n. 18, p. 239-259, 2015.

ROSSETTO, R. Melhoramento genético. **Ageitec**, 2015. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia. embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_ 70_711200516719.html>. Acesso em: jun. 2015.

SCHWARZBAUER, P.; STERN, T. Energy vs. material: economic impacts of a 'wood-for-energy scenario' on the forest-based sector in Austria. **Forest Policy and Economics**, v. 12, n. 1, p. 31-38, 2010.

SCOTT-KEMMIS, D. **How about those METS?** Leveraging Australia's mining equipment, technology and services sector. Sydney: Minerals Council of Australia, 2013.

SILVESTRE, B.; DALCOL, P. Innovation in natural resource-based industrial clusters: a study of the Brazilian oil and gas sector. **International Journal of Management**, v. 27, n. 3, p. 713-727, 2010.

URZÚA, O. **The emergence and development of knowledge intensive mining service suppliers in the late 20th century**. 2013. Tese (Doutorado) – University of Sussex, United Kingdom, 2013.

WORLD STEEL ASSOCIATION. **Steel statistical yearbook**. 2015. Disponível em: <https://www.worldsteel.org/dms/internetDocumentList/bookshop/2015/Steel-Statistical-Yearbook-2015/document/Steel%20Statistical%20Yearbook%202015.pdf>. Acesso em: 9 ago. 2016.