

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

Breve Análise Empírica da Indústria de Celulose e Papel

Paulo N. Figueiredo

Mauricio Canêdo Pinheiro

Felipe Queiroz

Rubia Wegner

Bernardo Cabral

Fernanda Perin

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

Breve Análise Empírica da Indústria de Celulose e Papel*

Paulo N. Figueiredo

Professor Titular EBAPE/FGV

Mauricio Canêdo Pinheiro

Pesquisador IBRE/FGV e Professor Adjunto FCE/UERJ

Felipe Queiroz

Assistente de Pesquisa EBAPE/FGV

Rubia Wegner

Assistente de Pesquisa EBAPE/FGV

Bernardo Cabral

Assistente de Pesquisa EBAPE/FGV

Fernanda Perin

Assistente de Pesquisa EBAPE/FGV

* Trata-se de pesquisa financiada pela Rede de Pesquisa e Conhecimento Aplicado (RPCAP) da Fundação Getúlio 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). 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 assistentes de pesquisa Bernardo Cabral, Felipe Queiroz, Fernanda Perin e Rubia Wegner. Colaboraram na elaboração deste *working paper*: Leticia Klotz, Marcela Cohen e Shirley Tavares.



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 Getúlio 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).

Resumo Executivo

Este documento refere-se aos resultados da análise empírica da indústria de celulose e papel no Brasil, que integra um dos setores industriais 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", cujo objetivo é examinar como a acumulação de capacidades tecnológicas inovadoras, em nível de empresas e setores industriais, pode contribuir para fortalecer a competitividade industrial do país.

A escolha da indústria de celulose e papel justifica-se pela sua importância comercial e tecnológica na indústria brasileira. Do ponto de vista comercial, o Brasil é atualmente um dos maiores produtores de celulose e papel e o maior exportador de celulose do mundo. Do ponto de vista tecnológico, a mesma indústria tem apresentado novas oportunidades de inovação e diversificação, como, por exemplo, em energia renovável, biotecnologia e nanotecnologia.

A pesquisa contou com evidências primárias obtidas por meio de entrevistas e aplicação de questionários a diretores e gestores de empresas produtoras de celulose e papel e da realização de um *workshop* com vários agentes da indústria (empresários, fornecedores, consultores, pesquisadores de institutos de pesquisa e universidades e representantes de órgãos governamentais). Foram analisadas evidências qualitativas e quantitativas mediante testes estatísticos, ao longo de 2003 a 2014. A pesquisa contou com a adesão de 15 empresas de celulose e papel, que representaram, aproximadamente, 76% da produção de celulose e 50% da produção de papel no Brasil em 2014.

Foram identificadas pela pesquisa significativas diferenças entre as empresas dessa indústria no Brasil. Mais especificamente, foram encontradas diferenças não só entre as empresas, mas também dentro delas (em relação às suas áreas tecnológicas florestal e industrial). Ainda, as empresas brasileiras do ramo apresentaram níveis e padrões altos de capacidade tecnológica na área florestal, traduzido, principalmente, pelo seu avanço em tecnologias florestais de melhoramento genético e produtividade do eucalipto. No entanto, tal fato ainda não influenciou, de forma mais contundente, uma busca por novas oportunidades tecnológicas industriais e de diversificação para além da venda da *commodity* celulose e de novos tipos de papel.

Os resultados da pesquisa também sugerem que as diferenças entre as empresas pesquisadas em termos de acumulação de capacidades tecnológicas fizeram-se valer a partir de diversas fontes de mecanismos de aprendizagem intra e interorganizacionais. Por exemplo, empresas pertencentes a um padrão mais elevado de capacidades tecnológicas apresentaram mais do que o dobro da incidência de parcerias com universidades e institutos de pesquisa, fornecedores e consultores do que empresas de padrão menos elevado de capacidades tecnológicas. Essas parcerias envolveram interações não apenas de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), como também de menor complexidade tecnológica, como assistência técnica e treinamento técnico com parceiros.

Por fim, as evidências revelam que empresas pertencentes a padrões mais elevados de capacidades tecnológicas apresentaram medidas maiores de desempenho competitivo, como produtividade do trabalho e inserção internacional. Esses resultados contribuem para a análise da relação entre inovação e crescimento econômico e inspiram recomendações práticas para os agentes da indústria de celulose e papel e para formulação de políticas públicas destinadas ao fortalecimento da competitividade no Brasil. Destaca-se, sobretudo, a necessidade de formação e fortalecimento de uma perspectiva sistêmica e colaborativa de inovação que apoie a indústria de celulose e papel, em que as empresas estabeleçam vínculos contínuos com os demais agentes do sistema. Esta é uma fonte fundamental para a evolução e sustentação de capacidades tecnológicas e seu consequente desempenho competitivo.

Apresentação

Este documento refere-se aos resultados da análise empírica da indústria de celulose e papel no Brasil, que integra um dos setores industriais 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”, cujo objetivo é examinar como a acumulação de capacidades tecnológicas inovadoras, em nível de empresas e setores industriais, pode contribuir para fortalecer a competitividade industrial do país. Trata-se de pesquisa financiada pela Rede de Pesquisa e Conhecimento Aplicado (RPCAP) da Fundação Getúlio 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. Criado em 1999, seu propósito é contribuir para a compreensão do processo de desenvolvimento tecnológico e de inovação na indústria brasileira. Esse programa de pesquisa reconhece que a acumulação de capacidades tecnológicas, especialmente para inovação, em nível de empresas e indústrias, representa insumo fundamental para o crescimento econômico e o desenvolvimento do país. Ademais, caracteriza-se pela elaboração de estudos que, por um lado, contribuem para avanços significativos na fronteira internacional do conhecimento nesse campo e, por outro, têm uma orientação para a aplicação prática, ou seja, conectam-se com problemas objetivos e questões prementes da indústria brasileira.

É importante ressaltar que a noção de inovação usada nesse projeto (e no programa de pesquisa mais amplo) transcende as perspectivas convencionais sobre inovação que a associam somente a atividades altamente complexas derivadas de esforço científico em sofisticados laboratórios de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). O projeto apoia-se em uma ampla ideia de inovação, que abrange mudanças em produtos e serviços, processos e sistemas organizacionais e gerenciais. As atividades incluem da imitação duplicativa e criativa até as mais sofisticadas ações de desenho e desenvolvimento à base de engenharia, P&D e patentes. Essas atividades podem ter graus de novidade que variam de novas para a empresa, novas para a economia, até novas com relação ao mercado internacional.

Nesse sentido, o principal objetivo do projeto de pesquisa é justamente examinar como a acumulação de capacidades tecnológicas inovadoras, em nível de empresas e setores industriais, pode contribuir para fortalecer a competitividade industrial do Brasil. Busca-se, também, compreender que fatores – internos e externos às empresas – influenciam a acumulação dessas capacidades e quais seus efeitos sobre o desempenho das empresas e dos setores. Além disso, atenção especial é dada para a forma como a dinâmica desse processo de acumulação ocorre entre empresas e setores.

Para tanto, as pesquisas são desenvolvidas a partir de extensivos trabalhos de campo e pelo uso de metodologias inovadoras para coleta, análise e interpretação dos dados. Há, ainda, constantes interações com tomadores de decisão em nível de indústria e governos, no intuito de captar problemas, demandas e questões práticas que mereçam a atenção de pesquisa.

Sumário

Lista de Figuras	9
Lista de Quadros	12
Lista de Tabelas	12
1 Introdução	14
1.1 Por que o desenvolvimento industrial é importante para o crescimento econômico?	14
1.2 A indústria de celulose e papel no Brasil: alguns estudos anteriores	15
1.3 Por que os estudos e abordagens existentes não são suficientes?	16
1.4 Questões e foco da pesquisa	18
2 Base Conceitual	19
2.1 A perspectiva sobre inovação nesta pesquisa	19
2.2 Apresentação da base analítica da pesquisa	21
3 Desenho e Método de Pesquisa	28
3.1 Estratégia da pesquisa	28
3.2 Procedimentos e critérios para escolha da indústria e suas organizações	29
3.3 Procedimentos e critérios para coleta de evidências	32
3.3.1 <i>Workshop</i>	32
3.3.2 Entrevistas	33
3.3.3 Questionários	33
4 Características da Indústria de Celulose e Papel	39
4.1 Características e aspectos tecnológicos da indústria de celulose e papel	39
4.1.1 Indústria florestal	40
4.1.2 Indústria de celulose e papel	42
4.2 Organização da indústria de celulose e papel no Brasil	45
4.2.1 Produção de celulose e papel no Brasil	46
4.2.2 Inserção internacional e <i>players</i> mundiais da indústria de celulose e papel	48
4.3 <i>Background</i> da indústria de celulose e papel no Brasil	56
5 Resultados da Pesquisa	62
5.1 Acumulação de capacidades tecnológicas da indústria de celulose e papel no Brasil (2003-2014)	62
5.1.1 Acumulação de níveis de capacidade tecnológica da indústria de celulose e papel no Brasil (2003-2014)	63
5.1.2 Padrões de acumulação de capacidades tecnológicas da indústria de celulose e papel no Brasil (2003-2014)	76
5.2 Influência dos mecanismos de aprendizagem na acumulação de capacidades tecnológicas na indústria de celulose e papel no Brasil (2003-2014)	100

5.2.1	Evolução dos mecanismos de aprendizagem utilizados pela indústria de celulose e papel no Brasil (2003-2014).....	101
5.2.2	Influência dos mecanismos de aprendizagem sobre os padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área florestal da indústria de celulose e papel no Brasil (2003-2014).....	120
5.2.3	Influência dos mecanismos de aprendizagem sobre os padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área industrial da indústria de celulose e papel no Brasil (2003-2014).....	137
5.2.4	Síntese da influência dos mecanismos de aprendizagem sobre os padrões de acumulação de capacidades tecnológicas da indústria de celulose e papel no Brasil (2003-2014).....	151
5.3	Impactos da acumulação de capacidades tecnológicas no desempenho da indústria de celulose e papel no Brasil (2003-2014).....	155
5.3.1	Impactos da acumulação de capacidades tecnológicas na área florestal no desempenho da indústria de celulose e papel no Brasil (2003-2014).....	155
5.3.2	Impactos da acumulação de capacidades tecnológicas na área industrial no desempenho da indústria de celulose e papel no Brasil (2003-2014).....	158
5.3.3	Impactos da acumulação de capacidades tecnológicas nas áreas florestal e industrial no desempenho da indústria de celulose e papel no Brasil (2003-2014).....	162
6	Discussão e Recomendações.....	167
6.1	Discussão dos resultados.....	167
6.1.1	Acumulação de capacidades tecnológicas	168
6.1.2	Influência dos mecanismos de aprendizagem na acumulação de capacidades tecnológicas.....	171
6.1.3	Impactos da acumulação de capacidades tecnológicas no desempenho competitivo	173
6.2	Implicações para estratégias empresariais e políticas públicas	174
6.3	Limitações e recomendações para próximas pesquisas	183
	Referências	184

Lista de Figuras

Figura 2.1. Escala de tipos e graus de inovação a ser usada na pesquisa.....	20
Figura 2.2. Modelo analítico da pesquisa	21
Figura 2.3. Escala de níveis de capacidade tecnológica	24
Figura 4.1. Indústria brasileira de árvores plantadas.....	41
Figura 4.2. Cadeia produtiva da indústria de celulose e papel	43
Figura 4.3. Evolução da produção de celulose e papel no Brasil, em mil toneladas (1961-2014).....	46
Figura 4.4. Evolução da produção de celulose de economias selecionadas, em mil toneladas (1961-2014).....	49
Figura 4.5. Evolução da produção de papel de economias selecionadas, em mil toneladas (1961-2014)	50
Figura 4.6. Proporção da produção de celulose e papel no mundo, em % (2014)	51
Figura 4.7. Evolução das exportações de celulose de países selecionados, em mil toneladas (1968-2014).....	51
Figura 4.8. Evolução das exportações de papel de países selecionados, em mil toneladas (1968-2014).....	52
Figura 4.9. Evolução da balança comercial de celulose do Brasil, em mil toneladas (1997-2015)	53
Figura 4.10. Evolução da balança comercial de papel do Brasil, em mil toneladas (1997-2015).....	54
Figura 4.11. Destino das exportações de celulose do Brasil, em % (1997 e 2015)	55
Figura 4.12. Destino das exportações de papel do Brasil, em % (1997 e 2015)	56
Figura 4.13. Produtividade florestal do Brasil e alguns <i>players</i> mundiais, em m ³ /ha ao ano (2014).....	57
Figura 4.14. Evolução da trajetória tecnológica da fibra curta no Brasil	59
Figura 5.1. Número de empresas por níveis máximos de capacidade tecnológica na área florestal (2003-2014).....	66
Figura 5.2. Proporção de empresas por níveis máximos de capacidade tecnológica na área florestal (2003-2014) ...	67
Figura 5.3. Número de empresas por níveis máximos de capacidade tecnológica na área industrial (2003-2014).....	71
Figura 5.4. Número de empresas que possuem florestas por nível máximo de capacidade tecnológica na área industrial (2003-2014).....	72
Figura 5.5. Número de empresas que não possuem florestas por nível máximo de capacidade tecnológica na área industrial (2003-2014).....	72
Figura 5.6. Proporção de empresas por níveis de capacidade tecnológica na área industrial (2003-2014).....	73
Figura 5.7. Proporção de empresas que possuem florestas por níveis de capacidade tecnológica na área industrial (2003-2014).....	74
Figura 5.8. Proporção de empresas que não possuem florestas por níveis de capacidade tecnológica na área industrial (2003-2014).....	74
Figura 5.9. Relação entre nível de capacidade tecnológica máxima industrial e florestal (2003-2005).....	75

Figura 5.10. Relação entre nível de capacidade tecnológica máxima industrial e florestal (2012-2014)	75
Figura 5.11. Padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área florestal (2003-2014)	77
Figura 5.12. Padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área industrial (2003-2014)	89
Figura 5.13. Evolução dos tipos de mecanismo de aprendizagem intraorganizacional, valores médios em % (2003-2014)	103
Figura 5.14. Evolução dos tipos de mecanismo de aprendizagem intraorganizacional para as empresas que possuem florestas, valores médios em % (2003-2014)	104
Figura 5.15. Evolução dos tipos de mecanismo de aprendizagem intraorganizacional para as empresas que não possuem florestas, valores médios em % (2003-2014)	104
Figura 5.16. Evolução dos tipos de resultado dos mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais, valores médios em % (2003-2014)	105
Figura 5.17. Evolução dos tipos de resultado dos mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais para as empresas que possuem florestas, valores médios em % (2003-2014)	106
Figura 5.18. Evolução dos tipos de resultado dos mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais para as empresas que não possuem florestas, valores médios em % (2003-2014)	107
Figura 5.19. Relação entre os tipos de mecanismo de aprendizagem intraorganizacional e seus tipos de resultado, valores médios em % (2003-2014)	108
Figura 5.20. Evolução dos tipos de mecanismo de aprendizagem interorganizacional, valores médios em % (2003-2014)	110
Figura 5.21. Evolução dos tipos de mecanismo de aprendizagem interorganizacional para as empresas que possuem florestas, valores médios em % (2003-2014)	111
Figura 5.22. Evolução dos tipos de mecanismo de aprendizagem interorganizacional para as empresas que não possuem florestas, valores médios em % (2003-2014)	111
Figura 5.23. Evolução dos tipos de parceiro interorganizacional de aprendizagem, valores médios em % (2003-2014)	112
Figura 5.24. Evolução dos tipos de parceiro interorganizacional de aprendizagem para as empresas que possuem florestas, valores médios em % (2003-2014)	113
Figura 5.25. Evolução dos tipos de parceiro interorganizacional de aprendizagem para as empresas que não possuem florestas, valores médios em % (2003-2014)	114
Figura 5.26. Evolução dos tipos de resultado dos mecanismos de aprendizagem interorganizacionais, valores médios em % (2003-2014)	115
Figura 5.27. Evolução dos tipos de resultado dos mecanismos de aprendizagem interorganizacionais para as empresas que possuem florestas, valores médios em % (2003-2014)	116
Figura 5.28. Evolução dos tipos de resultado dos mecanismos de aprendizagem interorganizacionais para as empresas que não possuem florestas, valores médios em % (2003-2014)	116

Figura 5.29. Relação entre os tipos de mecanismo de aprendizagem interorganizacional e seus tipos de resultado, valores médios em % (2003-2014)	118
Figura 5.30. Relação entre os tipos de parceiro e resultados dos mecanismos de aprendizagem interorganizacionais, valores médios em % (2003-2014)	119
Figura 5.31. Relação entre os tipos de mecanismo de aprendizagem interorganizacional e os tipos de parceiro, valores médios em % (2003-2014)	120
Figura 5.32. Principais relações entre os tipos de mecanismo de aprendizagem e os padrões de capacidades tecnológicas da área florestal.....	152
Figura 5.33. Principais relações entre os tipos de mecanismo de aprendizagem e os padrões de capacidades tecnológicas da área industrial.....	153

Lista de Quadros

Quadro 3.1. Empresas selecionadas	30
Quadro 3.2. Visão geral do progresso de pesquisa de campo	31
Quadro 3.3. Instituições e participantes do <i>workshop</i> de pesquisa	32
Quadro 3.4. Tipos de questionário aplicados, agentes respondentes e variáveis coletadas	34
Quadro 3.5. Escala de capacidades tecnológicas na área florestal.....	35
Quadro 3.6. Escala de capacidades tecnológicas na área industrial.....	35
Quadro 3.7. Variáveis de desempenho competitivo.....	36
Quadro 3.8. Mecanismos intraorganizacionais de aprendizagem	36
Quadro 3.9. Mecanismos interorganizacionais de aprendizagem	37

Lista de Tabelas

Tabela 4.1. Produção, oferta e consumo por tipo de celulose no Brasil, em % (2014)	47
Tabela 4.2. Produção, oferta e consumo por tipo de papel no Brasil, em % (2014)	48
Tabela 4.3. Rotação de espécies de celulose de fibra curta e longa no Brasil e em alguns <i>players</i> mundiais, em anos (2014).....	58
Tabela 5.1. Evolução do número e proporção de empresas que acumularam níveis específicos de capacidade tecnológica na área florestal (2003-2014)	64
Tabela 5.2. Evolução do número e proporção de empresas que acumularam níveis específicos de capacidade tecnológica na área industrial (2003-2014)	67
Tabela 5.3. Evolução do número e proporção de empresas que possuem florestas e acumularam níveis específicos de capacidade tecnológica na área industrial (2003-2014)	70
Tabela 5.4. Evolução do número e proporção de empresas que não possuem florestas e acumularam níveis específicos de capacidade tecnológica na área industrial (2003-2014)	70
Tabela 5.5. Área florestal: ANOVA e teste de Duncan para diferenças entre os padrões na frequência média do uso de mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais	122
Tabela 5.6. Área florestal: ANOVA e teste de Duncan para diferenças entre os padrões na frequência média dos resultados intraorganizacionais	123

Tabela 5.7. Área florestal: ANOVA e teste de Duncan para diferenças entre os padrões na frequência média do uso de mecanismos de aprendizagem interorganizacionais	126
Tabela 5.8. Área florestal: ANOVA e teste de Duncan para diferenças entre os padrões na frequência média das parcerias interorganizacionais.....	127
Tabela 5.9. Área florestal: ANOVA e teste de Duncan para diferenças entre os padrões na frequência média dos resultados interorganizacionais	128
Tabela 5.10. Área industrial: ANOVA e teste de Duncan para diferenças entre os padrões na frequência média do uso de mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais.....	138
Tabela 5.11. Área industrial: ANOVA e teste de Duncan para diferenças entre os padrões na frequência média dos resultados intraorganizacionais	139
Tabela 5.12. Área industrial: ANOVA e teste de Duncan para diferenças entre os padrões na frequência média do uso de mecanismos de aprendizagem interorganizacionais.....	141
Tabela 5.13. Área industrial: ANOVA e teste de Duncan para diferenças entre os padrões na frequência média das parcerias interorganizacionais.....	142
Tabela 5.14. Área industrial: ANOVA e teste de Duncan para diferenças entre os padrões na frequência média dos resultados interorganizacionais	143
Tabela 5.15. Área florestal: ANOVA e teste de Duncan para diferenças entre os padrões na frequência média das variáveis de desempenho	156
Tabela 5.16. Área industrial: ANOVA e teste de Duncan para diferenças entre os padrões na frequência média das variáveis de desempenho	159
Tabela 5.17. Relação entre capacidade tecnológica e produtividade do trabalho para empresas que possuem área florestal	163
Tabela 5.18. Relação entre capacidade tecnológica industrial e produtividade do trabalho	164
Tabela 5.19. Relação entre índice de capacidade tecnológica médio e produtividade do trabalho	166

1 Introdução

A análise empírica da indústria de celulose e papel no Brasil integra um dos setores industriais explorados no 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”, que tem o objetivo de examinar como a acumulação de capacidades tecnológicas inovadoras, em nível de empresas e setores industriais, pode contribuir para fortalecer a competitividade industrial do país.

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 O Brasil é um país de renda *per capita* média e há o risco de estagnação de 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 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 da indústria podem se

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

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

Nesse projeto, adotou-se uma perspectiva abrangente para a indústria, que, indo além do setor manufatureiro, envolve várias atividades relacionadas a recursos naturais. Isso porque, a partir de 2000, se intensificou amplo debate internacional sobre o papel das indústrias intensivas em recursos naturais (por exemplo, florestas e celulose, mineração, petróleo e gás) 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 Um exemplo é a indústria de celulose e papel no Brasil.

1.2 A indústria de celulose e papel no Brasil: alguns estudos anteriores

Apesar de ser uma economia com industrialização tardia, o Brasil tem alcançado uma posição de liderança comercial e tecnológica na indústria mundial de celulose e papel por meio da tecnologia de fibra curta à base de eucalipto.⁴ Pesquisas anteriores indicam que essa posição de destaque vem sendo alcançada pelo desenvolvimento de trajetórias de acumulação de capacidades tecnológicas em nível de empresas. Por exemplo, o estudo pioneiro de Scott-Kemmis⁵ examinou o desenvolvimento das capacidades tecnológicas de algumas empresas da indústria de celulose e papel no Brasil entre as décadas de 1940 e 1970 e capturou algumas

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 Evans e Turnbull (2004), Ibá (2015a) e Vidal e Hora (2012).

⁵ Ver Scott-Kemmis (1988).

atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) embrionárias que formaram as bases iniciais para a mudança em uma trajetória fundamentada na fibra de eucalipto para a produção de celulose. Já Dalcomuni⁶ evidenciou que cinco grandes empresas brasileiras exportadoras de celulose alcançaram um desempenho ambiental internacionalmente reconhecido, que envolveu pesquisas em tecnologias de branqueamento para a produção de celulose e pesquisas ligadas às atividades florestais.

Mais recentemente, Figueiredo⁷ estudou algumas empresas de celulose e papel no Brasil entre 1950 e 2007 e constatou que os caminhos seguidos por elas em sua acumulação de capacidades tecnológicas envolveram um afastamento da trajetória tecnológica de fibra longa estabelecida pelas empresas líderes dos países da América do Norte e Escandinávia, para um desenvolvimento da trajetória de fibra curta. Essa trajetória foi caracterizada, no entanto, por diferentes níveis e velocidades de acumulação de capacidades tecnológicas entre as empresas. Alguns outros estudos ressaltam, ainda, a importância não só da acumulação das capacidades tecnológicas das empresas de celulose e papel, como também de um longo histórico de parcerias com universidades e institutos de pesquisa e de políticas públicas nacionais de suporte à pesquisa, financiamento e comércio exterior⁸.

Entretanto, há poucos estudos empíricos em nível de empresas, com alta representatividade da indústria de celulose e papel no país, que examinam detalhadamente as capacidades tecnológicas. Mais ainda, são escassos os trabalhos que ressaltam os fatores que influenciam a acumulação de capacidades tecnológicas e suas consequências.

1.3 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

⁶ Ver Dalcomuni (1997).

⁷ Ver Figueiredo (2010).

⁸ Ver Figueiredo (2016), Toivanen e Toivanen (2009) e Toivanen (2012).

base de dados derivados de *surveys* de inovação. Apesar dos méritos dessa abordagem, perde-se a oportunidade de captar detalhes e nuances importantes sobre o processo de desenvolvimento tecnológico e suas implicações para a competitividade em nível de setores industriais e suas empresas. Há, no Brasil, justamente uma escassez de dados primários e análises em nível de 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; (iii) limitação em termos do estudo sobre o processo, causas e consequências da acumulação de capacidades tecnológicas em nível de empresas e indústrias.
- (3) Há, também, o uso de *proxies* ou medidas inadequadas para examinar atividades inovadoras, como é o caso de indicadores de gastos em 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; (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, condições 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 nuances 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.

1.4 Questões e foco da pesquisa

Com esse pano de fundo, a pesquisa mencionada foi desenhada para examinar duas questões. A primeira refere-se a *até que ponto e como* empresas da indústria de celulose e papel 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.

A investigação abrange não apenas a acumulação de capacidades tecnológicas em si, mas também seus fatores internos (dentro de setores industriais) 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 refere-se não apenas à situação preocupante na qual esta se encontra, mas também às limitações dos estudos e abordagens existentes.

Incluindo esta introdução, este documento possui seis seções. A seção 2 trata da base conceitual da pesquisa. A seção 3 apresenta o desenho e método de pesquisa. A seção 4 apresenta algumas características da indústria de celulose e papel no Brasil e no mundo. A seção 5 analisa os resultados da pesquisa. Por fim, a seção 6 contém as discussões dos resultados da pesquisa e algumas implicações para estratégias empresariais e de políticas públicas.

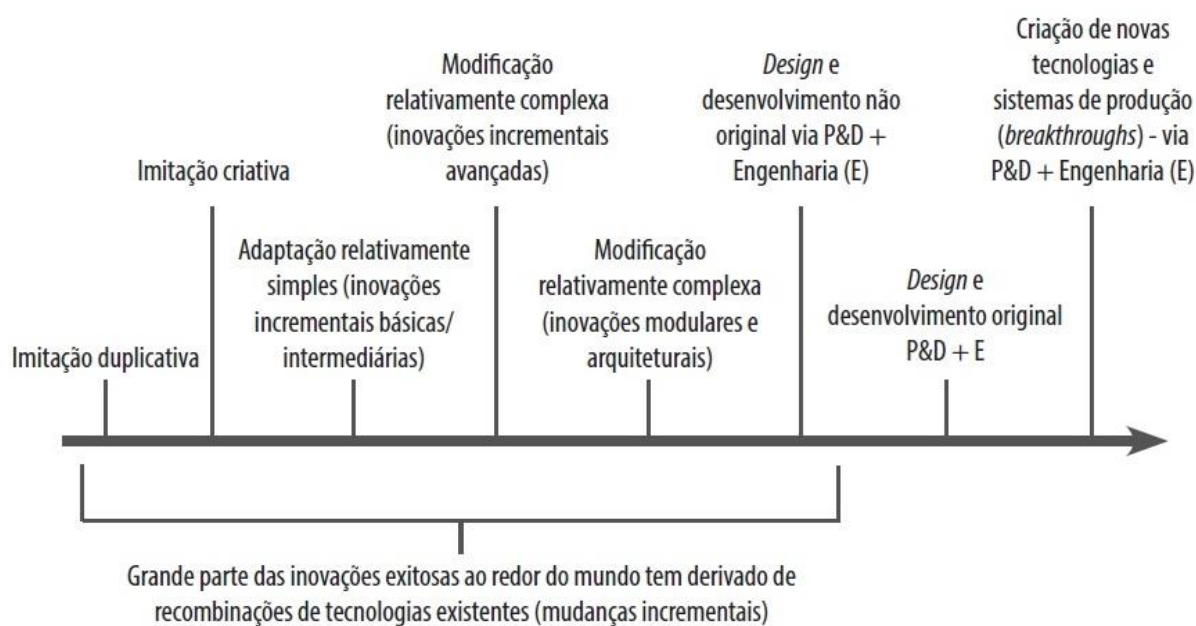
2 Base Conceitual

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 a 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".

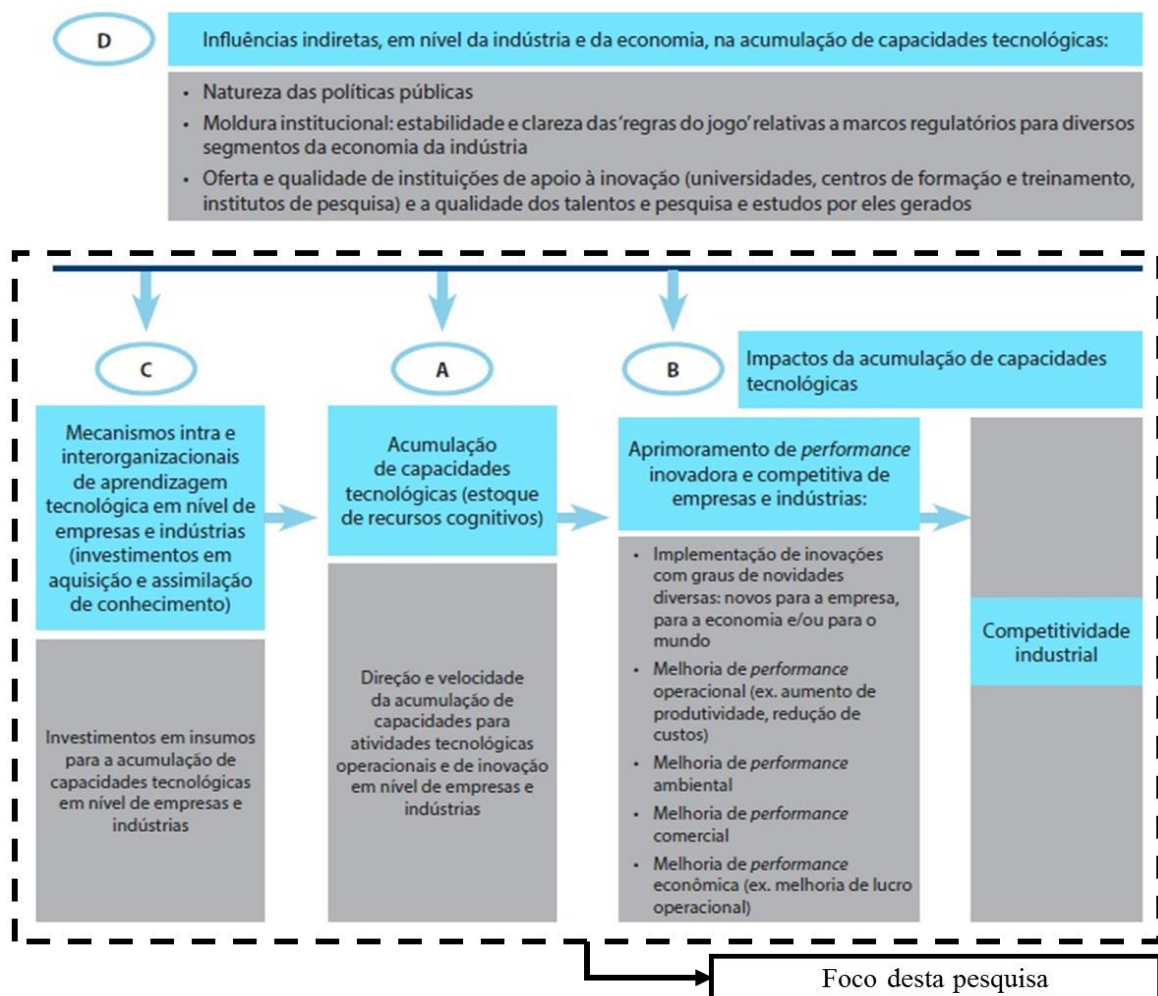
Não se pense, porém, que a ênfase nesse espectro de estágios de capacidade tecnológica e inovadora significa, de alguma forma, negligenciar as etapas superiores de P&D e os *rankings* patentários. É exatamente o contrário. O problema é que a visão, por vezes predominante, de enfatizar somente o desenvolvimento 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 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 setores industriais e suas principais empresas produtoras e fornecedores, como também 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 2.2. Destaca-se que a pesquisa dá atenção especial aos *inputs*, isto é, aos fatores que levam a inovar, e não apenas ao *output* (inovação em si). Entretanto, o foco recai sobre as relações existentes entre as etapas A, B e C. As influências indiretas em nível de indústria e 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 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. Ainda com relação a elas, será feita 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, pode 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 uma renda baixa, como a Índia, e outro que não tem a mesma capacidade, como o Brasil.

Reitera-se que é importante distinguir entre uma operação avançada tecnologicamente, como no caso de uma empresa que *opera* maquinário ou sistema de produção de última

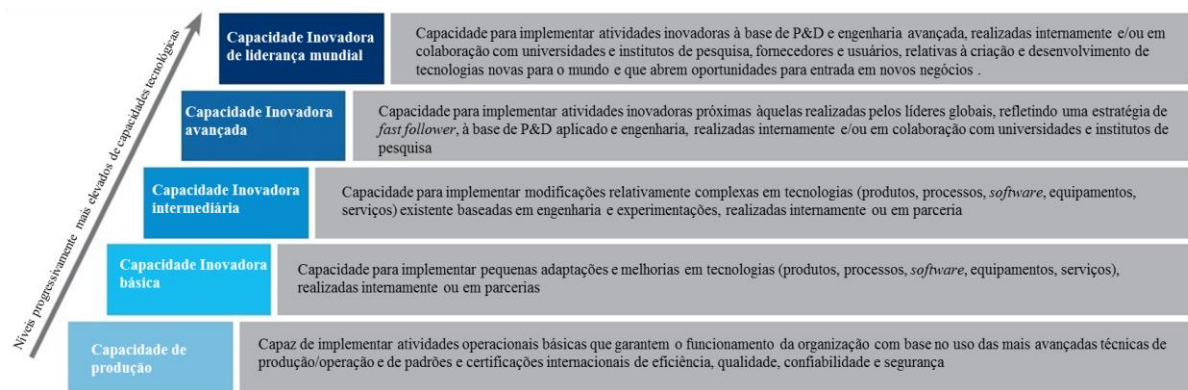
geração, e atividades que *alteram, inovam* ou *criam* novas tecnologias e sistemas de produção. A realização de cada uma dessas atividades tecnológicas implica a acumulação de **capacidades distintas** em nível de empresas e indústrias. Consequentemente, os investimentos empresariais – e as políticas 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 trabalha com uma escala de estágios de capacidade tecnológica. Isso é importante exatamente para entender até que ponto e como empresas e setores industriais 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 de que o Brasil evolua 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 emprega uma abordagem comprovada e adotada nos estudos de formação de capacidade das empresas de economias emergentes, que tem como fundamento a aquisição direta de informações descritivas sobre as atividades tecnológicas das empresas. Em outras palavras, baseia-se em evidências sobre as **atividades que as empresas são, de fato, capazes de realizar tecnologicamente, individualmente e/ou em parceria**. Com base nessas informações, diversos procedimentos subsequentes são utilizados para classificar as atividades tecnológicas das empresas em níveis sucessivos de complexidade e novidade. A partir dessa classificação, podem-se inferir os níveis de capacidade tecnológica das empresas à luz da escala da Figura 2.3, o que 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 os quatro níveis de capacidade inovadora (integrando os níveis tecnológicos e organizacionais), abrangendo das capacidades básicas inovadoras (para adaptações menores etc.) até a capacidade inovadora em nível de liderança mundial, para superação dos líderes globais. Esse modelo é utilizado para coletar evidências e analisar a natureza das trajetórias e a razão por que as empresas estudadas nesta pesquisa 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



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

A fim de evitar avaliações de natureza "subjetiva" acerca dos níveis de capacidade tecnológica alcançados pela empresa em estudo, a avaliação com base na escala da Figura 2.3 é 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 capacitem em uma sequência linear; (ii) tampouco que as capacidades sejam 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, se pode acumular um nível mais superficial; (iv) é possível uma empresa adquirir partes de certas capacidades inovadoras, sem que a acumulação de suas capacidades operacionais esteja consolidada, o que é denominado acumulação incompleta; (v) é possível ocorrer enfraquecimento (ou mesmo perda) de capacidades inovadoras já acumuladas ou reversão tecnológica.

A aplicação desse sistema de mensuração de capacidades tecnológicas teve grande ímpeto a partir de 1999, no âmbito do Programa de Pesquisa em Aprendizagem Tecnológica e Inovação Industrial da Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas da Fundação Getúlio Vargas (EBAPE/FGV). Já foram realizados mais de 20 estudos em empresas de vários setores industriais ao redor do Brasil, que já chegaram a resultados extremamente reveladores sobre capacidades tecnológicas e de inovação no país. Ademais, esse sistema de mensuração tem sido amplamente aceito pela comunidade científica internacional,

refletindo-se na aplicação dessa mensuração em vários estudos publicados em prestigiadas revistas científicas internacionais, bem como em iniciativas de desenvolvimento industrial.

Convém esclarecer que não se está sugerindo aqui qualquer tipo de superioridade dessa abordagem para exame de capacidades tecnológicas empresariais sobre a abordagem à base de *surveys* de inovação, a qual adota uma perspectiva macro ou agregada que permite, 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. Ambas são importantes para o desenho e implementação de estratégias empresariais e governamentais de inovação industrial, assim como para decisões de investimentos em inovação.

No entanto, uma perspectiva sobre o *processo* de acumulação de capacidades tecnológicas em empresas específicas de determinados setores industriais, como feito na abordagem baseada em tipos e níveis de capacidade tecnológica em empresas, possibilita a identificação de nuances e pormenores altamente importantes para obter uma visão com adequado nível de detalhe e profundidade, além de 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 nuances e 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.

C: 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 discontinuidades

tecnológicas de forma efetiva e inovar na fronteira, precisam envidar esforços na aprendizagem intensiva para adquirir e criar os recursos necessários. Neste projeto de pesquisa, toma-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.

Serão coletadas evidências, bem como examinados e medidos esses *esforços de aprendizagem*, dentro de empresas individuais, 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* a 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.

B: "impactos" da acumulação de capacidades tecnológicas. Os "impactos" de capacidades inovadoras e de aprendizagem serão examinados conforme seu efeito sobre o desempenho das empresas e da indústria. A forma como as empresas acumulam suas capacidades tecnológicas 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, permitindo 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 dela, podem-se ampliar mercados, criar demandas novas, antecipar-se a demandas do mercado e, conseqüentemente, conquistar e assegurar mercados internos e internacionais. Desse modo, a acumulação de capacidades tecnológicas, especialmente as inovadoras, impacta no alcance, sustentação e ampliação da competitividade industrial. Portanto, em nível de empresas e indústrias, constitui insumo fundamental para o crescimento industrial e econômico. Entre os indicadores de desempenho, serão examinadas: (i) a produtividade do trabalho e do capital; (ii) a capacidade para exportar; (iii) a implementação de atividades derivadas da capacidade inovadora e da aprendizagem.

D: influências indiretas, em nível de indústria e 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 nível de empresas, as universidades e institutos de pesquisa apoiam-no de várias formas: 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 nível federal, estadual e local, desenvolvidas intencionalmente, isto é, regulamentos, leis, normas, regras do jogo, instruções de política e programas que possuem objetivos implícitos e explícitos de influenciar no 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 setores industriais escolhidos.

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 alguns poucos setores) ou horizontal (de alcance setorial 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 determinados setores (eletrônicos, por exemplo), mas não a outros. Por sua vez, existem políticas que distorcem os preços relativos de setores específicos (subsídios e proteção comercial para determinados setores). Finalmente, há intervenções de mercado que buscam atingir certas atividades (subsídios para P&D, treinamento de mão de obra e investimento em capital, por exemplo), e não determinados setores.

3 Desenho e Método de Pesquisa

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

3.1 Estratégia da pesquisa

À luz das questões a ser investigadas e da base analítica da pesquisa, a implementação da metodologia envolveu um exame intra e intersetorial e em nível de empresas, com cobertura ao longo do período de 2003 a 2014. Essa cobertura permitiu captar nuances 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 segue o modelo analítico de três etapas apresentado na Figura 2.2. Primeiramente, identificaram-se, ao longo do tempo, níveis e padrões de acumulação de capacidades tecnológicas de empresas da indústria de celulose e papel. Num segundo momento, 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. Por fim, 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 analisar não apenas diferenças e semelhanças entre as empresas de celulose e papel pesquisadas, mas também áreas tecnológicas distintas dentro das próprias empresas. Para esta pesquisa, foram analisadas as áreas florestal (*feedstock*, silvicultura e colheita) e industrial (processos produtivos e produtos).

A pesquisa foi baseada em evidências empíricas primárias colhidas diretamente da indústria de celulose e papel (em nível de setores industriais e empresas), por meio da aplicação de questionários, combinada 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 composta 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 por esta 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 isso, foi realizado um *workshop* com gestores empresariais, tanto de empresas produtoras quanto fornecedoras das indústrias pesquisadas, 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 baseia-se numa forte interação com empresas e outras instituições vinculadas aos respectivos setores, sendo esse outro grande diferencial em relação a pesquisas mais convencionais sobre inovação.

3.2 Procedimentos e critérios para escolha da indústria e suas organizações

A escolha da indústria de celulose e papel esteve associada, primeiramente, à existência de informações levantadas anteriormente nos projetos realizados pelo Programa de Pesquisa em Aprendizagem Tecnológica e Inovação Industrial no Brasil. Além disso, relacionou-se com a percepção recente de que essa indústria tem apresentado novas oportunidades de inovação e diversificação, como em energia renovável, biotecnologia, nanotecnologia e biorrefinarias⁹, e com sua importância na economia brasileira: (i) a celulose foi o sétimo produto mais exportado pelo Brasil em 2015, representando cerca de 3% da pauta de exportação e gerando uma receita cambial de US\$ 5,6 bilhões¹⁰; (ii) gera mais de 610 mil empregos diretos, com criação de renda na casa dos R\$ 4,23 milhões¹¹; (iii) representou 1,1% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional em 2014¹²; (iv) tem recebido muitos investimentos no Brasil nos últimos anos, com estimativas de recebimento de R\$ 53 bilhões em investimentos até 2020¹³.

Foram selecionadas para participar da pesquisa algumas das principais empresas que no ano de 2014 realizaram atividades relacionadas à produção de celulose e/ou papel. O primeiro levantamento realizado sugeriu a participação de 48 empresas, que representavam praticamente

⁹ Ver Hurmekoski e Hetemaki (2013), Martin (2013), Pätäri, Kyläheiko e Sandström (2011) e Schwarzbauer e Stern (2010).

¹⁰ Ver Brasil (2016).

¹¹ Ver Iba (2015a).

¹² Ibid..

¹³ Ver Iba (2015b).

a totalidade da indústria de celulose e papel brasileira em termos de participação de mercado. Todas as 48 empresas identificadas foram contatadas e convidadas a responder aos questionários desenvolvidos por esta pesquisa. Optou-se também pela realização de entrevistas com representantes de seis empresas produtoras com características distintas e tamanhos variados. Essa escolha partiu de um direcionamento deliberado com base na disponibilidade das empresas e possuiu o objetivo de captar informações que refletiam a variabilidade necessária para o entendimento do fenômeno estudado na pesquisa¹⁴.

No fim, 15 empresas produtoras de celulose e/ou papel no Brasil aceitaram responder ao questionário de pesquisa. Essas empresas representaram, aproximadamente, 76% da produção de celulose e 50% da produção de papel do país em 2014¹⁵, sendo que oito possuem florestas próprias e sete não, produzindo apenas papel. O Quadro 3.1 apresenta as linhas de negócio realizadas pelas empresas pesquisadas, representadas anonimamente por letras gregas.

Quadro 3.1. Empresas selecionadas

Empresa	Entrevista	Florestas próprias	Linha de negócio	
			Celulose	Papel
1. Alfa	Não	✓	✓	Não
2. Beta	Não	✓	✓	✓
3. Gama	✓	✓	✓	✓
4. Delta	✓	✓	✓	✓
5. Épsilon	Não	✓	✓	Não
6. Digama	Não	✓	✓	Não
7. Zeta	✓	✓	✓	✓
8. Eta	✓	✓	✓	✓
9. Teta	✓	Não	Não	✓
10. Iota	✓	Não	Não	✓
11. Capa	Não	Não	Não	✓
12. Lambda	Não	Não	Não	✓
13. Pi	Não	Não	Não	✓
14. Sigma	Não	Não	Não	✓
15. Ômega	Não	Não	Não	✓

Fonte: Os autores (2016).

O Quadro 3.2 apresenta uma visão geral do progresso da pesquisa de campo realizada para a construção deste trabalho. Ressalta-se que a abordagem metodológica

¹⁴ Sobre esse tipo de metodologia, ver Eisenhardt (1989) e Patton (1990).

¹⁵ Cálculo feito com base na quantidade produzida declarada pelas empresas da amostra em proporção à quantidade produzida pela indústria no Brasil. Quantidades produzidas não disponíveis por empresa foram aproximadas de acordo com sua capacidade de produção por ano.

utilizada foi implementada em três estágios distintos, quais sejam: exploratório, piloto e principal. No 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.

Quadro 3.2. Visão geral do progresso de pesquisa de campo

Elemento da pesquisa	Estágio da pesquisa			
	Exploratório	Piloto	Principal	Pós-pesquisa
Foco e propósito	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estudo de viabilidade da pesquisa. ▪ Estudo setorial prévio (principais empresas, instituições e fornecedores, cadeia produtiva, políticas públicas). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Seleção da amostra de empresas. ▪ Teste para validação dos questionários. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coleta definitiva de dados quantitativos e qualitativos para a pesquisa. ▪ Implementação da análise de dados. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Operacionalização completa dos constructos e validação dos dados.
Fonte de dados	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Especialistas do setor. ▪ Literatura sobre o setor. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Profissionais das empresas do setor. ▪ Documentos públicos das empresas selecionadas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Profissionais das empresas do setor. ▪ Especialistas do setor. ▪ Eventos e atividade dos agentes. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Profissionais-alvo das empresas selecionadas.
Técnicas de coleta de dados	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Realização de <i>workshop</i> com principais agentes do setor. ▪ Pesquisa documental. ▪ Entrevistas informais. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 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. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Seis entrevistas formais. ▪ Envio de questionário para todas as organizações selecionadas. ▪ Cobrança de resposta dos questionários por telefone e <i>e-mail</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Follow-up</i> dos questionários respondidos. ▪ Dupla validação das informações obtidas nos questionários.
Análise dos dados	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Descrição simples das informações encontradas na forma de texto. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificação das atividades tecnológicas realizadas pelas empresas do setor. ▪ Validação dos questionários-piloto respondidos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Análise estatística descritiva das informações obtidas. ▪ Uso de ferramentas estatísticas e econométricas para entender causalidades e correlações dos dados. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Descrição dos resultados encontrados e confrontação com as informações obtidas anteriormente.

Fonte: Os autores (2016).

3.3 Procedimentos e critérios para coleta de evidências

A existência prévia de uma base de dados ajudou o processo de coleta de dados. Os dados permitiram dar o primeiro olhar para os movimentos recentes da indústria de celulose e papel. Já as informações desejadas pela pesquisa e não presentes na literatura foram buscadas por meio de três tipos de evidência primária: *workshop*, entrevistas e aplicação de questionários.

3.3.1 *Workshop*

A primeira iniciativa na busca por respostas para as perguntas da pesquisa foi a realização de um *workshop*, que contou com a presença de 20 representantes do setor, como empresas produtoras, fornecedoras, instituições de pesquisa e representantes do governo (Quadro 3.3). Realizado no período de uma tarde, nas dependências da FGV, no bairro da Candelária, o *workshop* ocorreu em duas etapas distintas: (i) formação de grupos de debate com uma amostra dos representantes, em que se discutiram tópicos específicos voltados para aquele público, sempre acompanhados de um pesquisador e em duas rodadas distintas; (ii) debates em plenária com a presença de todos os participantes, em que foram apresentados e discutidos os resultados encontrados nos grupos de trabalho. O *workshop* foi filmado e gravado, tendo as suas discussões transcritas pelos pesquisadores. As transcrições foram utilizadas para compor o roteiro de entrevistas que seria realizado na etapa posterior, bem como para fundamentar qualitativamente os resultados encontrados pela análise quantitativa.

Quadro 3.3. Instituições e participantes do *workshop* de pesquisa

Nº	Instituição	Participante
1	Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel (ABTCP)	Darcio Berni
2	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES)	André Barros da Hora
3	Brookfield Brasil	Carlos Kessler
4	CMPC Celulose Riograndense	Sergio Kilpp
5	Confederação Nacional da Indústria (CNI)	Mário C. Cardoso
6	ECSOLUTIONS Consultoria Empresarial	Ergílio Cláudio da Silva Jr.
7	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)	Dario Grattapaglia
8	Indústria Brasileira de Árvores (Ibá)	Carlos Eduardo Mariotti
9	INFLOR Consultoria e Sistemas	Enivanis de Abreu Vilela Jr.
10	Innovatech Negócios Florestais	Luiz Fellipe Arcalá
11	Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF)	José Otávio Brito

12	Jari Celulose	Patrick N. Nogueira
13	Klabin	Francisco César Razzolini
14	Pöyry	Carlos Alberto Farinha e Silva
15	Sociedade Brasileira de Silvicultura (SBS)	Amantino Ramos de Freitas
16	Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)	Adriano Mariano
17	Universidade Federal de Viçosa (UFV)	Jorge Luiz Colodette
18	Universidade de São Paulo (USP)	Song Won Park
19	Valmet	Celso Tacla
20	Voith Paper Máquinas e Equipamentos	Luis Guilherme Bandle

Fonte: Os autores (2016).

3.3.2 Entrevistas

Foram realizadas entrevistas com seis representantes de empresas produtoras de celulose e papel de diferentes portes e portfólio produtivo, as quais seguiram um roteiro elaborado pelo grupo de pesquisa, que cobria as duas áreas designadas para a indústria de celulose e papel (áreas florestal e industrial), e foram semiestruturadas com caráter aberto para que o entrevistado tivesse liberdade de tratar temas que não estavam presentes *a priori* no roteiro. Todas as entrevistas foram gravadas e transcritas para serem inseridas com caráter qualitativo no trabalho.

3.3.3 Questionários

A elaboração dos questionários buscou levantar evidências das três etapas do modelo analítico da pesquisa representado na Figura 2.2, quais sejam: (i) acumulação de capacidades tecnológicas; (ii) impactos da acumulação de capacidades tecnológicas (desempenho competitivo); (iii) mecanismos intra e interorganizacionais de aprendizagem tecnológica. Esses questionários foram respondidos pelas 15 empresas de celulose e papel selecionadas para quatro triênios distintos de tempo: 2003-2005, 2006-2008, 2009-2011 e 2012-2014, divisão importante para averiguar a trajetória da acumulação de capacidades tecnológicas das empresas ao longo do tempo. O Quadro 3.4 sintetiza os tipos de questionário aplicados e as variáveis coletadas.

Quadro 3.4. Tipos de questionário aplicados, agentes respondentes e variáveis coletadas

Nº	Tipo de questionário	Variáveis coletadas
1	Atividades tecnológicas nas áreas florestal e industrial executadas pelas empresas.	Níveis de capacidade tecnológica das áreas florestal e industrial 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 uso desses mecanismos 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 (2016).

O questionário 1 de atividades tecnológicas nas áreas florestal e industrial executadas pelas empresas buscou mensurar sua acumulação de níveis de capacidade tecnológica, ou seja, a etapa A do modelo de pesquisa. Esse questionário segue a escala de níveis de capacidade tecnológica apresentada pela Figura 2.3, mas adaptada às especificidades tecnológicas das áreas florestal e industrial da indústria de celulose e papel. Essa abordagem envolve a aquisição direta de informações descritivas sobre as atividades tecnológicas implementadas pelas empresas. A metodologia é baseada em uma série de estudos que medem as capacidades inovadoras de empresas *latecomers* em períodos e indústrias distintas¹⁶. Os Quadros 3.5 e 3.6 apresentam a escala de níveis de capacidade tecnológica, respectivamente, para as áreas florestal e industrial das empresas de celulose e papel.

¹⁶ Ver, por exemplo, Bell e Pavitt (1995), Dantas e Bell (2009), Figueiredo (2010) e Lall (1992).

Quadro 3.5. Escala de capacidades tecnológicas na área florestal

Níveis de capacidade tecnológica		Atividades tecnológicas Área Florestal
Níveis de capacidade de inovação	Nível 5: Capacidade inovadora de Liderança mundial	Projetos de P&D para a introdução de produção florestal de ponta ao longo de novas trajetórias tecnológicas (ex.: implementação operacional de seleção genômica assistida e procedimentos de reprodução, projetos de P&D de modificação genética em nível experimental e/ou comercial, aplicação de P&D em tecnologia transgênica para produção florestal). Integração efetiva de <i>data mining</i> de bioinformática em aplicações operacionais para pesquisa genética.
	Nível 4: Capacidade inovadora Avançada	Projetos de P&D para introdução de novos processos silviculturais já existentes (ex.: melhoramento convencional, avaliação de clones e variedades, seleção e aprimoramento da produção de mudas a nível pré-competitivo, criação e manutenção de bancos de germoplasma). Desenvolvimento de modelos alternativos de processos e recursos para planejamento e inventário de plantio. Desenvolvimento de processos para proteção da diversidade biológica relacionadas a ecossistemas de terras cultiváveis.
	Nível 3: Capacidade inovadora Intermediária	Concepção e construção de estrutura para viveiros e reprodução de mudas clonais. Concepção de processos e adaptação de recursos automáticos para aplicação precisa de insumos. Concepção de processos de plantio e recursos para controle de doenças e pragas. Desenvolvimento de novos processos de maturação das plantas através do uso de insumos químicos e orgânicos.
	Nível 2: Capacidade Inovação básica	Testes de qualidade e avaliação de recursos para sementes e produção de mudas. Gestão varietal em função do solo, clima, tempo e demanda. Criação de procedimentos de rastreamento de dados e registro de florestas e operação agrícola com avaliação e controle do impacto da operação de transporte ao longo do solo e dos recursos naturais
Nível de capacidade de produção	Nível 1: Capacidade de Produção	Implantação de viveiros e execução de processos de reprodução de sementeira seminal. Implantação de infraestrutura e operação para prevenção de incêndios e monitoramento. Planejamento de atividades de reflorestamento.

Fonte: Os autores (2016).

Quadro 3.6. Escala de capacidades tecnológicas na área industrial

Níveis de capacidade tecnológica		Atividades tecnológicas Área Industrial
Níveis de capacidade de inovação	Nível 5: Capacidade inovadora de Liderança mundial	Projetos de P&D para a introdução de processos de produção e produtos em novas trajetórias tecnológicas que expandem a fronteira tecnológica internacional (ex.: novos processos e produtos baseados em papel e celulose obtidos de feedstock modificado geneticamente). Desenvolvimento de processos e produtos completamente novos, coordenando esforços de P&D em todos os estágios de processos de produção. Diversificação em novos setores com a introdução de produtos baseados em P&D próprio.
	Nível 4: Capacidade inovadora Avançada	P&D para introdução de novos processos produtivos e produtos dentro das trajetórias já existentes (ex.: novas combinações de fibras). P&D para introdução de novos produtos para novas especificações exigidas por clientes-chave (ex.: celulose para papel para aplicação a produtos médicos). Desenvolvimento de controle produtivo para sistemas complexos de despacho (ex.: just-in-time).
	Nível 3: Capacidade inovadora Intermediária	Esforços de engenharia para adaptar e melhorar processos e produtos existentes, reduzindo variabilidade das características dos produtos e com aumento incremental de qualidade. Redesenho, processos de engenharia reversa, ajustes de processo e engenharia para melhoria contínua de características de produto. Elaboração de técnicas e recomendações de gestão para adaptar processos produtivos a novas características dos produtos.
	Nível 2: Capacidade Inovação básica	Seleção, aquisição, instalação e assimilação de novos tipos de tecnologias de processo e produto (ex.: novo branqueamento, maquinário para retirar celulose). Assimilação de especificações de produto de acordo com requerimentos de mercado. Modificações de processo associados com novas características de celulose e produtos com certificação ambiental internacional. Implementação de certificação para custódia da cadeia (ex.: FSC).
Nível de capacidade de produção	Nível 1: Capacidade de Produção	Resolução de problemas e padronização de processos de produção. Produção rotineira de acordo com as especificações do produto. Melhoria de eficiência de acordo com experiência acumulada de atividades existentes. Especificação de produto com certificação de qualidade (ex.: ISO 9001). Implementação de controle não-sistemático de qualidade de processo e produto. Oferta para mercado exportador.

Fonte: Os autores (2016).

O questionário 2 de caracterização da organização e desempenho competitivo das empresas buscou coletar suas 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 3.7 sintetiza as variáveis de desempenho competitivo selecionadas.

Quadro 3.7. 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 (em %).

Fonte: Os autores (2016).

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, que pode acontecer por meio da criação, compartilhamento, integração e codificação interna de conhecimento. Em teoria, os mecanismos intraorganizacionais 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 produto¹⁷. O Quadro 3.8 apresenta os tipos de mecanismo intraorganizational utilizados na pesquisa.

Quadro 3.8. Mecanismos intraorganizacionais de aprendizagem

Mecanismo intraorganizational	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.

¹⁷ Ver Bell e Figueiredo (2012), Figueiredo (2015) e Figueiredo, Cohen e Gomes (2013).

Mecanismo intraorganizacional	Exemplos
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, <i>marketing</i> , 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 regulações internas.

Fonte: Os autores (2016).

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). Os fluxos e ligações dos mecanismos de aprendizagem interorganizacionais 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 inovação¹⁸. O Quadro 3.9 apresenta os tipos de mecanismo interorganizacional e de parceiros utilizados na pesquisa.

Quadro 3.9. Mecanismos interorganizacionais de aprendizagem

Mecanismo interorganizacional	Exemplos
Contratação de profissionais	Contratação de profissionais com competências específicas para determinado processo produtivo.
Treinamentos técnicos/gerenciais específicos	Treinamentos realizados dentro da firma com parceria de 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 <i>design</i> ; 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.

¹⁸ Ver Figueiredo (2015) e Figueiredo, Cohen e Gomes (2013).

Mecanismo interorganizacional	Exemplos	
P&D	Interações em projetos de inovação avançada.	
Tipos de parceiro		
Universidades e institutos de pesquisa locais	Fornecedores	Consultorias
Universidades e institutos de pesquisa internacionais	Firmas competidoras	Cientes

Fonte: Os autores (2016).

Para cada tipo de mecanismo de aprendizagem intra e interorganizacional, buscou-se também entender os resultados gerados, concebidos a partir da visão mais ampla de inovação, de etapas mais básicas a etapas mais complexas (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; (v) patentes.

Os procedimentos adotados decorreram tanto de análises qualitativas quanto de análises estatísticas. A análise qualitativa foi realizada por meio da interpretação das discussões entre especialistas e agentes da indústria de celulose e papel no Brasil no *workshop* e nas entrevistas individuais com diretores e gestores de algumas das principais empresas produtoras. Já a análise estatística foi realizada pela utilização de inferências estatísticas na busca por correlações e possíveis causalidades entre as variáveis das três etapas de análise (acumulação de capacidades tecnológicas, mecanismos de aprendizagem e desempenho competitivo)¹⁹. Buscou-se, em todas as etapas, a confrontação entre resultados quantitativos e informações qualitativas, ou seja, os resultados estatísticos foram validados, na medida do possível, por exemplos e evidências práticas observados nas empresas pesquisadas.

¹⁹ Os procedimentos estatísticos e a mensuração de algumas variáveis são apresentados no decorrer de sua utilização na seção 5.

4 Características da Indústria de Celulose e Papel

Esta seção possui o objetivo de contextualizar a indústria de celulose e papel no Brasil para auxiliar a apresentação dos resultados da pesquisa na seção 5. Em primeiro lugar, a subseção 4.1 discute as características e os aspectos tecnológicos da indústria de celulose e papel, dividindo-a nas áreas tecnológicas florestal e industrial. Em segundo lugar, a subseção 4.2 apresenta a evolução de alguns dados sobre a organização da indústria no Brasil e de alguns principais *players* do mercado. Por fim, a subseção 4.3 apresenta um *background* histórico da construção de capacidades tecnológicas empresariais e do papel das instituições e políticas públicas para a indústria de celulose e papel no país, principalmente no que se refere à evolução da trajetória tecnológica de fibra curta à base de eucalipto.

4.1 Características e aspectos tecnológicos da indústria de celulose e papel

A indústria de celulose e papel tradicionalmente é dividida nos dois segmentos que nomeiam o setor, sendo a celulose o principal insumo na fabricação de papel. No Brasil e no mundo, há empresas verticalizadas, quando a produção de celulose é integrada à de papel em uma mesma planta, e empresas especializadas, quando a produção de celulose é vendida para outras plantas de produção de papel. Deve-se destacar, porém, que, antes da produção industrial de celulose, esta é marcada por uma importante área florestal, que constitui uma das principais funções dessa indústria, pois 90% da celulose para papel tem sua origem na madeira.

A produção de celulose geralmente é concentrada em grandes fábricas, nos mesmos países e regiões em que as florestas estão localizadas. Além disso, a madeira representa cerca de 55% do seu custo total. Já a produção de papel constitui-se, em sua maioria, por várias empresas não integradas e é bem menos concentrada, com unidades fabris espalhadas em várias regiões, tendendo a se localizar próxima aos mercados consumidores. Sendo a empresa integrada ou não, a indústria de celulose e papel é intensiva em capital, matérias-primas, energia, processos e escala.

Dada a importância da área florestal, a indústria de celulose e papel integra a indústria florestal ou, mais especificamente, a indústria de árvores plantadas. A subseção 4.11 detalha

um pouco mais esse segmento. Posteriormente, a subseção 4.1.2 apresenta algumas características do processo produtivo e dos tipos de produto da indústria de celulose e papel.

4.1.1 Indústria florestal

A indústria florestal vem ganhando cada vez mais espaço como uma atividade econômica importante no Brasil. Com uma área ocupada, em 2014, de 7,74 milhões de hectares, o que corresponde a apenas 0,9% do território nacional²⁰, a indústria brasileira de árvores plantadas é responsável por 91% de toda a madeira produzida para fins industriais no país, vindo os demais 9% de florestas nativas legalmente manejadas²¹. Do total de florestas plantadas no Brasil, 63% possuem certificação por organizações independentes²². A certificação, aliás, é uma garantia internacionalmente reconhecida que permite identificar bens produzidos por meio de práticas restritivas e específicas nos vários aspectos ligados aos recursos naturais, serviços ambientais e engajamento em comunidades²³.

No Brasil, o principal destino de sua produção florestal é voltado para a indústria de celulose e papel, sendo que as empresas dessa indústria possuem 34% da área de árvores plantadas²⁴. Estima-se que 72,5% do plantio de eucalipto e 53,5% do plantio de *Pinus* são destinados para a indústria de celulose e papel no Brasil, sendo 100% proveniente de florestas plantadas²⁵. Entretanto, como pode ser visto na Figura 4.1, a madeira pode ser utilizada por várias outras indústrias. Os principais segmentos industriais de base florestal são representados no país por: celulose, diversos tipos de papel, painéis de madeira reconstituída (*Medium-Density Fiberboard* – MDF e pisos laminados), serrados e painéis compensados, carvão vegetal e outras biomassas para fins energéticos.

²⁰ Como comparativo, em 2014 a agricultura demandou 6,2% do uso do solo no Brasil, enquanto pastagens para a pecuária ocuparam 23,3% do território nacional (IBÁ, 2015a).

²¹ Ver Ibá (2015a).

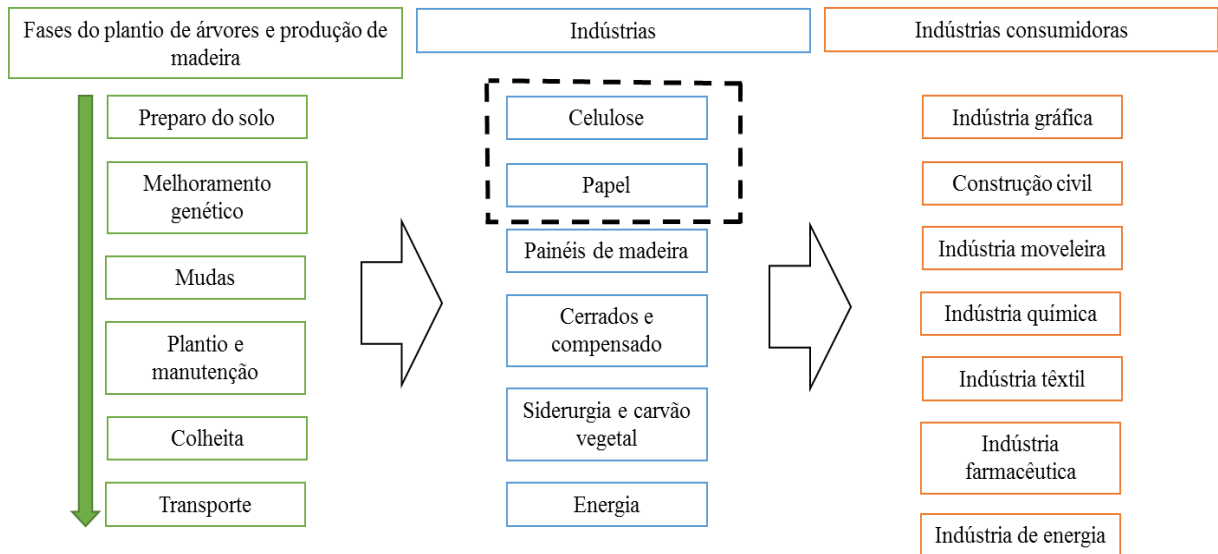
²² Entre os principais certificados, encontram-se o *Forest Stewardship Council* (FSC) e o *Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes* (PEFC), este representado no Brasil pelo Programa Nacional de Certificação Florestal (Cerflor) (IBÁ, 2015a).

²³ Ver Ibá (2015a).

²⁴ Ibid.

²⁵ Ver ABRAF (2013).

Figura 4.1. Indústria brasileira de árvores plantadas



Fonte: Adaptado de Ibá (2015a).

Na Figura 4.1, é possível ver que os principais segmentos de base florestal também atendem a várias outras indústrias, tais como: gráfica, de embalagem, construção civil, móveis, química, têxtil, farmacêutica e energética. Isso mostra que, além do tradicional uso da celulose de madeira para a fabricação de papéis, outras aplicações já acontecem em produtos como fraldas, sedas, ésteres, cápsulas de remédio, lentes de contato e filmes fotográficos. Outras oportunidades tecnológicas que parecem estar em processo de exploração ou são potencialmente exploráveis dizem respeito à 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. A nanocelulose, por exemplo, consiste em cristais de celulose muito pequenos e que podem ser utilizados como matéria-prima renovável para fabricação de bioplásticos, substituindo fibras como os nanotubos de carbono e outros materiais de origem fóssil. A nanocelulose é 30% mais leve e três a quatro vezes mais forte do que os plásticos tradicionais e pode ser aplicada em indústrias de base eletrônica, automotiva, militar e aeroespacial.

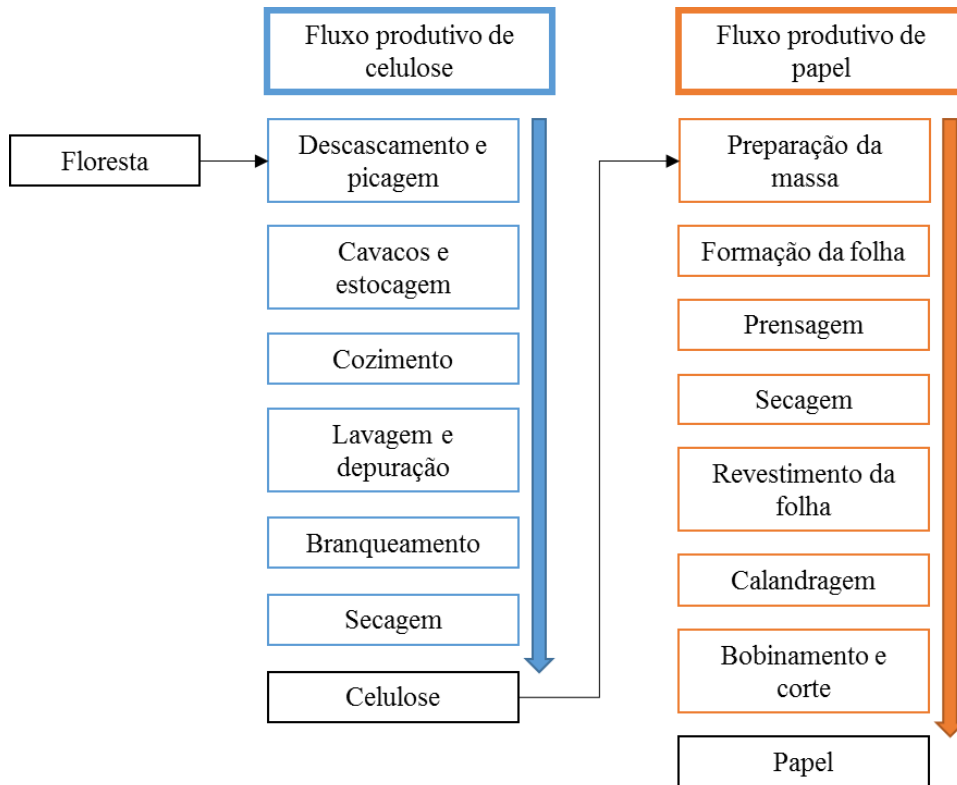
A Figura 4.1 também apresenta as etapas do processo do plantio de árvores e da produção de madeira, nas quais destaca-se o melhoramento genético para a produção de mudas. Os fabricantes de celulose também vêm acumulando esforços para ganhos de qualidade da madeira, redução da metragem cúbica de madeira necessária para a produção de celulose, redução do tempo de corte das árvores, melhoramento em espécies com maior

resistência ao estresse hídrico, flutuações climáticas, doenças e pragas, adaptação e expansão do plantio em novas áreas. Outra rota tecnológica alternativa ao melhoramento genético é a modificação genética (transgenia). No Brasil, a primeira variedade de eucalipto geneticamente modificado foi liberada para uso comercial em 2015 pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), órgão responsável no país pela avaliação de produtos transgênicos. No entanto, a quase totalidade dos grandes usuários globais de celulose e papel ainda exige que as empresas do segmento adquiram selos e certificações verdes, como o FSC, cujo certificado é um pré-requisito para a entrada de produtos de origem florestal em países desenvolvidos. A etapa de plantio e colheita também vem se mostrando uma fase importante para o aumento da produtividade e redução de custos pela mecanização e melhorias logísticas desses processos.

4.1.2 Indústria de celulose e papel

A indústria de celulose e papel é uma atividade intensiva em processos envolvendo um contínuo fluxo de materiais e tecnologias. A celulose é o principal componente da membrana celular da maioria das árvores, formada por uma fibra natural constituída de 50% de celulose e o restante de lignina e hemicelulose. Seu processo de produção é conhecido como polpação e consiste na separação das fibras da madeira mediante a utilização de energia química, mecânica e/ou térmica. O processo mecânico é resultante da aplicação de prensas mecânicas, que rompem as ligações entre as fibras, enquanto o processo químico destina-se a degradar e dissolver a lignina, permitindo a conservação de um maior percentual de celulose dentro das fibras, ficando mais bem separadas e com um menor grau de danificação do que no processo mecânico. A Figura 4.2 ilustra de forma resumida as principais etapas do processo de produção de celulose e papel.

Figura 4.2. Cadeia produtiva da indústria de celulose e papel



Fonte: Adaptado de Figueiredo (2015).

A fabricação de celulose e papel exige substanciais investimentos em maquinaria e equipamentos de alta qualidade e precisão. Identifica-se atualmente nessa indústria um alto grau de automação, o que flexibiliza e controla cada um dos estágios do processo. Embora a celulose destinada à produção de papel não apresente maiores transformações quanto às características do produto final, algumas mudanças têm sido incorporadas em relação aos insumos necessários para sua fabricação, principalmente com relação ao uso de agentes branqueadores alternativos ao uso do cloro, como é o caso do ozônio e do peróxido de hidrogênio, que são mais eficientes e reduzem o impacto ambiental. Outra fase importante do processo de produção é a recuperação química de subprodutos, como o licor negro, que são reaproveitados para gerar vapor e energia elétrica. Hoje, algumas empresas de celulose não apenas já são autossuficientes em energia, como também são capazes de vender o excesso de energia gerado em seu processo produtivo, transformando-se em uma nova linha de negócio.

Na indústria de celulose e papel, a celulose pode originar-se de dois tipos de fibra da madeira: longas ou curtas. A celulose de fibra longa provém de fibras de árvores coníferas

mais resistentes, de espécies como *Pinus* e abeto, e geralmente é utilizada na fabricação de embalagens. Já a celulose de fibra curta provém de fibras de árvores folhosas menos resistentes, porém mais macias e com maior capacidade de absorção, como é o caso do eucalipto e da bétula, sendo geralmente utilizada na fabricação de papéis para impressão, escrita e fins sanitários.

As trajetórias tecnológicas da indústria de celulose podem se agrupadas nas seguintes categorias:

- Celulose *kraft* branqueada de fibra curta (*Bleached Hardwood Kraft Pulp* – BHKP ou *Bleached Eucalyptus Kraft Pulp* – BEKP): fibras curtas produzidas por meio de processo químico. Possui maior capacidade absorvente, destinando-se a produtos menos rígidos, como papel para impressão e escrita, sanitários (*tissue*), especiais, além de alguma aplicação para papel-cartão.
- Celulose *kraft* branqueada de fibra longa (*Bleached Softwood Kraft Pulp* – BSKP): fibras longas produzidas por meio de processo químico. Possui maior resistência, destinando-se a produtos mais rígidos, como embalagens.
- Pastas de alto rendimento: podem conter misturas de fibras longas e curtas. Seu custo de produção é menor, mas também possuem menor qualidade, destinando-se principalmente a papel do tipo imprensa.
- Celulose solúvel: geralmente produzida por fibras curtas com utilizações específicas: fibras têxteis (*viscose*), celofane, filtros de cigarro, produtos farmacêuticos etc.

No Brasil, a produção de celulose é centrada no tipo fibra curta à base de eucalipto, do qual o país é o maior produtor mundial, além de possuir maior competitividade mundial. Essa delimitação deve-se em parte às vantagens naturais endoclimáticas do país quanto ao plantio de eucalipto, ao passo que o plantio de *Pinus* é mais favorável ao clima temperado de outros grandes produtores de celulose, como Estados Unidos, Canadá e países nórdicos. Outro elemento importante da grande participação brasileira na produção de celulose de eucalipto é um longo histórico de investimento em P&D de sua área florestal, que elevou a produtividade brasileira do produto ao maior patamar mundial²⁶. Mais detalhes sobre a evolução histórica da trajetória tecnológica de fibra curta no Brasil serão analisados na subseção 4.3.

²⁶ Ver Figueiredo (2016) e Vidal e Hora (2012).

Por outro lado, a fabricação de papel possui uma gama maior de utilização e pode ser agrupada nos seguintes itens:

- Papel imprensa: maior utilização na impressão de jornais, incluindo também revistas, periódicos, listas telefônicas, suplementos etc.
- Imprimir e Escrever (I&E): possui a finalidade de servir à escrita e depende de duas características: revestimento – revestidos ou não revestidos – e fabricação – a partir da célula química ou de pasta mecânica. O revestimento e a não utilização de pasta mecânica conferem maior qualidade e valor ao papel.
- Embalagens: possuem grande diversidade, permitem uso de fibras recicladas e têm a boa resistência como uma de suas características básicas. Há três tipos principais: (i) papel ondulado, com uso na fabricação de caixas e chapas e elementos ondulados (chamados miolo) e planos (chamados capa), sendo tanto o miolo quanto a capa obtidos a partir de fibras virgens (*kraftliner* – de maior qualidade e resistência) e recicladas (*testliner*); (ii) papel *kraft*, cuja característica principal é sua resistência mecânica; (iii) embalagens leves, utilizadas para embrulhos leves e embalagens de alimentos.
- Papel-cartão: maior utilização na produção de embalagens de bens de consumo imediato, como remédios, alimentos, cosméticos, brinquedos etc. Também empregado em capa de livros e cadernos. É mais encorpado, rígido, com mais de uma camada e gramatura superior.
- Fins sanitários: também chamado papel *tissue*, é composto por folhas ou rolos de baixa gramatura, sendo usado para higiene pessoal e limpeza doméstica, como papel higiênico, lenços, papel toalha e guardanapos.
- Outros: outros papéis especiais para usos específicos, incluindo do papel-moeda aos filtros de café e autocopiativos.

4.2 Organização da indústria de celulose e papel no Brasil

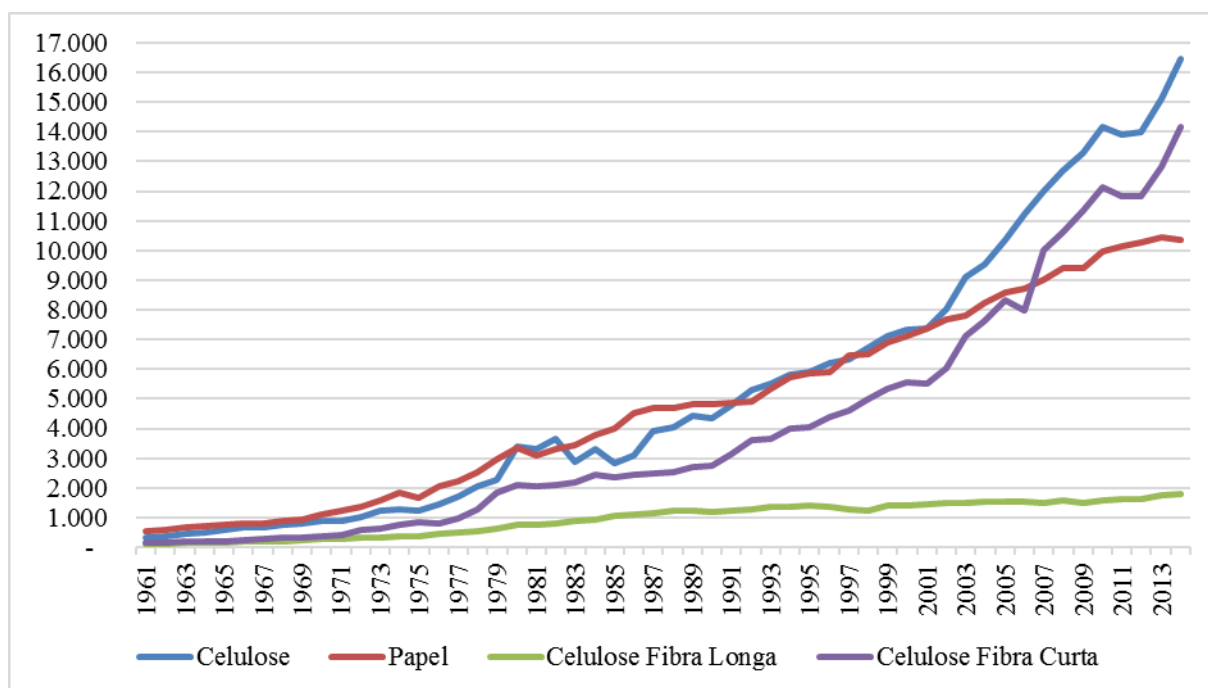
Esta subseção apresenta a evolução de alguns dados sobre a organização da indústria de celulose e papel no Brasil e está dividida em outras duas subseções. Na subseção 4.2.1, apresenta-se a evolução da produção de celulose e papel no país, enquanto, na subseção

4.2.2, é apresentada a evolução de alguns dados de comércio internacional, em uma comparação com os principais *players* da indústria mundial de celulose e papel.

4.2.1 Produção de celulose e papel no Brasil

A Figura 4.3 apresenta a evolução da produção de celulose e papel no Brasil entre 1961 e 2014. Percebe-se que tanto a produção de celulose quanto a de papel apresentaram uma evolução crescente sistemática durante todo o período. No entanto, é evidente o deslocamento entre as duas curvas a partir do ano de 2001, quando a produção de celulose passou a apresentar uma evolução com taxas de crescimento maiores. Ela saltou de uma taxa média anual de crescimento de 3,2% entre 1981 e 1990 para 6,4% entre 2001 e 2014. O contrário aconteceu com a produção de papel, que possuía uma taxa média anual de crescimento de 5,1% entre 1981 e 1990, passando para apenas 2,7% entre 2001 e 2014.

Figura 4.3. Evolução da produção de celulose e papel no Brasil, em mil toneladas (1961-2014)



Fonte: Adaptado de FAO (2015) e Ibbá (2015a).

Nota: As duas bases de dados possuem pequenas variações entre si, sendo a primeira de celulose e papel e a segunda de celulose de fibra longa e curta.

A Figura 4.3 também apresenta a evolução da produção de celulose por tipo de fibra (longa e curta). Percebe-se que o grande aumento da produção de celulose no Brasil ao longo

do tempo provém da celulose do tipo fibra curta à base de eucalipto. Em 2014, a produção de celulose de fibra curta chegou a pouco mais de 14 mil toneladas, enquanto a de fibra longa atingiu 1,8 mil toneladas no mesmo ano. Ainda, a produção de celulose de fibra curta apresentou taxas de crescimento cada vez maiores, saltando de uma taxa média anual de crescimento de 3,3% entre 1981 e 1990 para 7,5% entre 2001 e 2014. O contrário aconteceu com a produção de celulose de fibra longa, que possuía uma taxa média anual de crescimento de 5,2% entre 1981 e 1990, passando para apenas 1,8% entre 2001 e 2014.

A Tabela 4.1 apresenta a proporção do tipo de celulose produzido no país, bem como o destino de sua oferta e demanda para os mercados externo e interno no ano de 2014. A produção de celulose do tipo fibra curta correspondia a 86% da produção brasileira, enquanto os outros 14% eram compostos por fibras longas (11%) e pastas de alto rendimento (3%). A oferta e o consumo das fibras longas e curtas quanto aos mercados interno e externo possuíam características distintas: enquanto 86,6% da produção de celulose de fibra curta no Brasil era exportada e praticamente todo o consumo provinha da produção interna, não houve exportação de celulose de fibra longa no Brasil em 2014 e 91,4% do consumo foi importado. A pequena produção de pastas de alto rendimento era toda voltada para o mercado interno.

Tabela 4.1. Produção, oferta e consumo por tipo de celulose no Brasil, em % (2014)

Produção		Oferta		Consumo	
Fibra curta	86,0%	Para mercado interno	13,4%	Da produção interna	99,9%
		Para exportação	86,6%	Importado	0,1%
Fibra longa	11,0%	Para mercado interno	100,0%	Da produção interna	8,6%
		Para exportação	0,0%	Importado	91,4%
Pastas de alto rendimento	3,0%	Para mercado interno	100,0%	Da produção interna	100,0%
		Para exportação	0,0%	Importado	0,0%

Fonte: Adaptado de Bracelpa (2014).

Já a Tabela 4.2 apresenta a proporção do tipo de papel produzido no Brasil, bem como o destino de sua oferta e demanda para os mercados externo e interno no ano de 2014. Verifica-se que mais de 50% da produção de papel no Brasil era concentrada no tipo embalagem, com uma participação de 25,2% do tipo I&E e de 10,8% para fins sanitários. O principal destino do papel produzido no país, independentemente do tipo, era voltado para o mercado interno, representando quase 100% em papéis sanitários e imprensa. Este, aliás,

constituía o único tipo de papel em que o Brasil não era autossuficiente, com consumo por importação representado por uma participação superior a 70%.

Tabela 4.2. Produção, oferta e consumo por tipo de papel no Brasil, em % (2014)

Produção		Oferta		Consumo	
Embalagem	51,7%	Para mercado interno	72,6%	Da produção interna	96,7%
		Para exportação	27,4%	Importado	3,3%
I&E	25,2%	Para mercado interno	67,0%	Da produção interna	75,2%
		Para exportação	33,0%	Importado	24,8%
Fins sanitários (<i>tissue</i>)	10,8%	Para mercado interno	98,6%	Da produção interna	99,3%
		Para exportação	1,4%	Importado	0,7%
Papel-cartão	6,8%	Para mercado interno	76,8%	Da produção interna	91,7%
		Para exportação	23,2%	Importado	8,3%
Imprensa	1,0%	Para mercado interno	98,1%	Da produção interna	26,4%
		Para exportação	1,9%	Importado	73,6%
Outros	4,6%	Para mercado interno	76,3%	Da produção interna	60,1%
		Para exportação	23,7%	Importado	39,9%

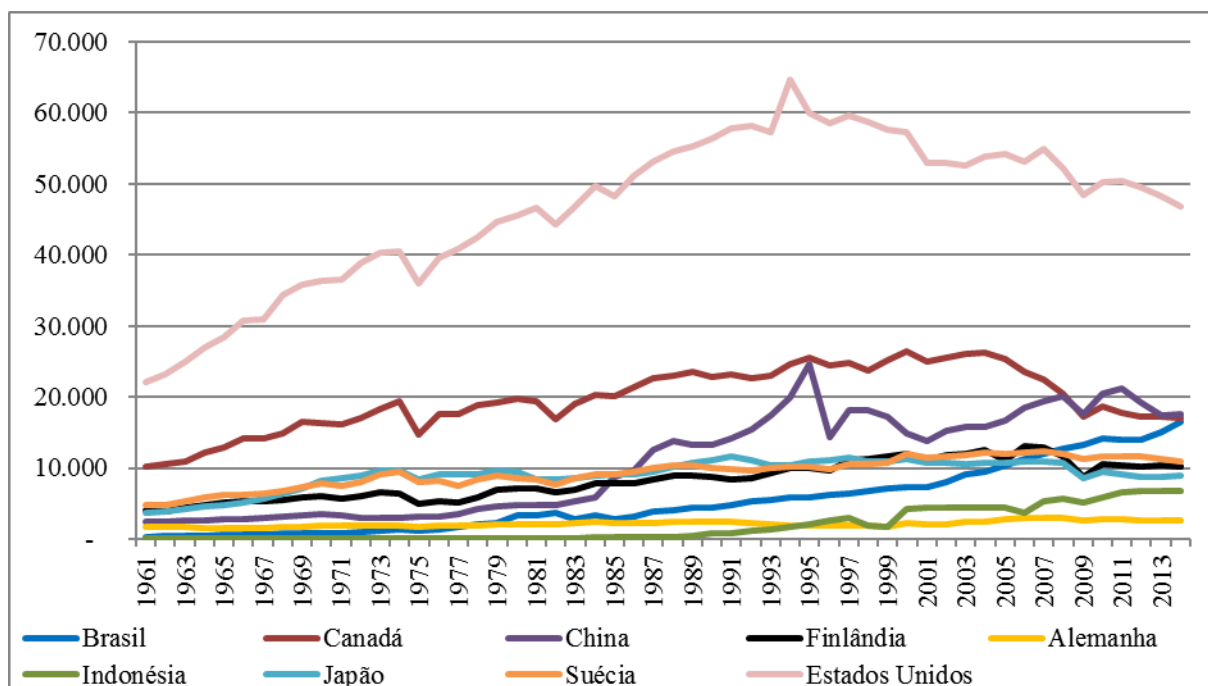
Fonte: Adaptado de Bracelpa (2014).

4.2.2 Inserção internacional e *players* mundiais da indústria de celulose e papel

Numa comparação internacional, o Brasil figurava, no ano de 2014, como o quarto maior produtor de celulose e o nono maior produto de papel do mundo. No entanto, quando considerada apenas a celulose de fibra curta, foi o maior produtor mundial, com uma participação de 38% do mercado em 2010²⁷. A maioria das principais economias produtoras de celulose também é de papel. Alguns dados da evolução da produção e exportação das nove maiores economias produtoras de celulose e/ou papel são reportados a seguir. A Figura 4.4 apresenta a evolução da produção de celulose de algumas economias no período de 1961 a 2014.

²⁷ Ver Vidal e Hora (2012).

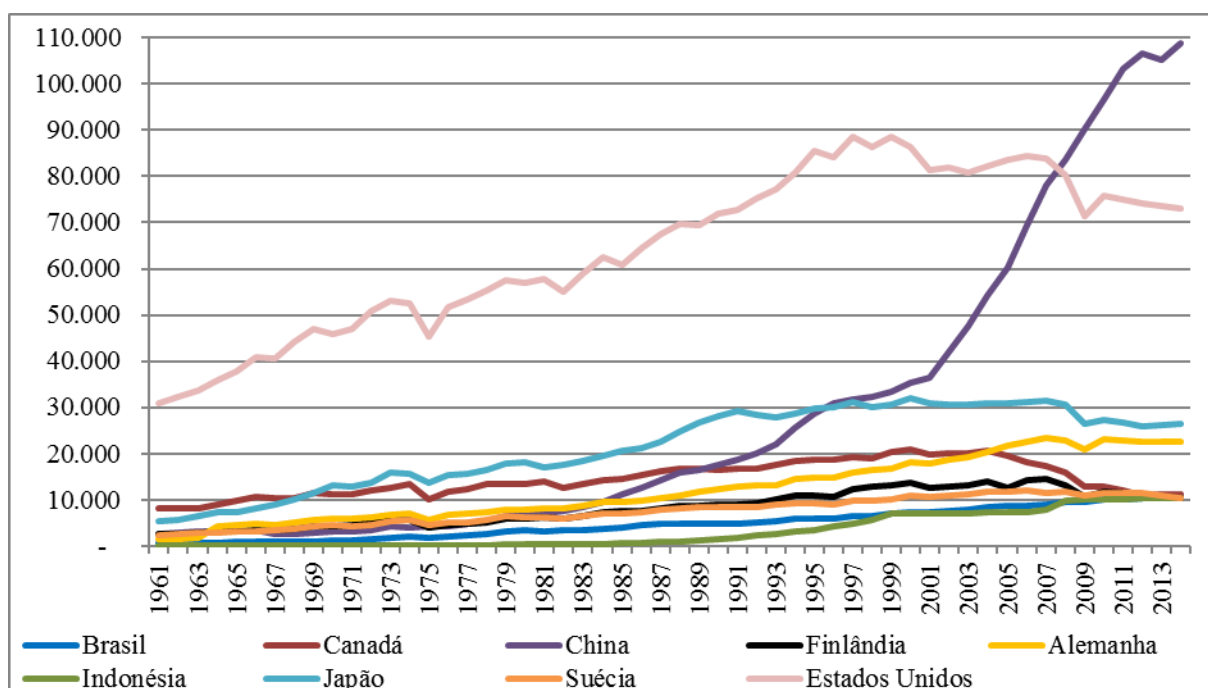
Figura 4.4. Evolução da produção de celulose de economias selecionadas, em mil toneladas (1961-2014)



Fonte: Adaptado de FAO (2015).

A Figura 4.4 mostra que, ao longo de todo o período, os Estados Unidos foram os maiores produtores de celulose do mundo, bem à frente do restante das outras economias. Contudo, assim como o Canadá, o país diminuiu sua capacidade de produção desde meados da década de 1990, perdendo mercado principalmente pela ascensão da China, do Brasil e, em menor proporção, da Indonésia. O Brasil, como já mencionado, apresentou uma taxa alta de crescimento da produção de celulose, ultrapassando, em meados dos anos 2000, economias importantes e que se mantiveram estáveis durante o período, como Japão, Finlândia e Suécia. Dado esse ritmo de crescimento e os recentes investimentos no setor de celulose no Brasil, é esperado que ultrapasse a produção da China e do Canadá nos próximos anos. Já a Figura 4.5 apresenta a evolução da produção de papel comparando os mesmos países selecionados anteriormente.

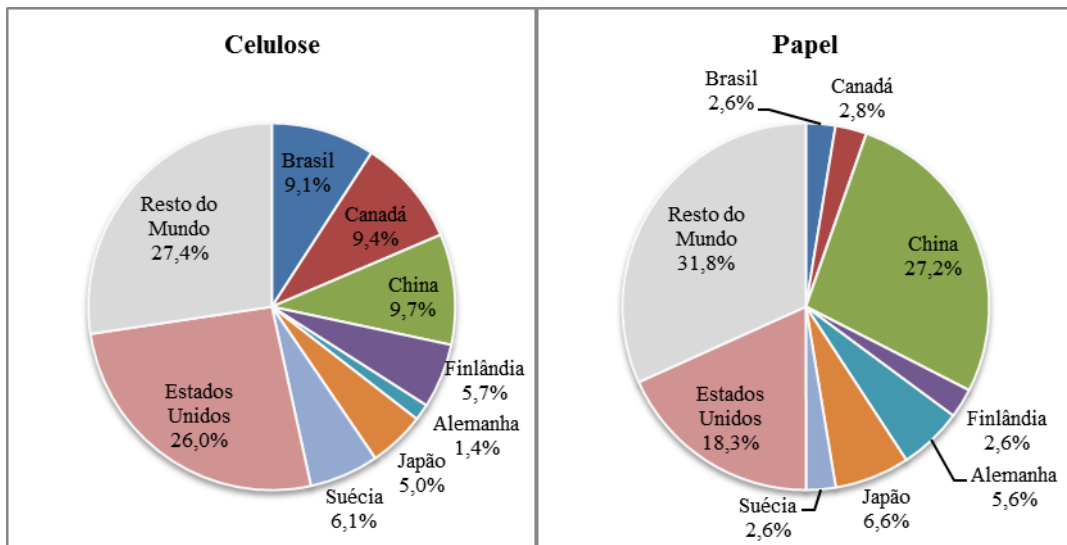
Figura 4.5. Evolução da produção de papel de economias selecionadas, em mil toneladas (1961-2014)



Fonte: Adaptado de FAO (2015).

A Figura 4.5 apresenta uma dinâmica diferente da produção da celulose. Percebe-se que algumas economias, como Alemanha e Japão, que revelavam menores produções de celulose comparando com outros países, passaram a apresentar uma produção de papel maior na mesma comparação. Até 2007, os Estados Unidos eram o grande produtor mundial de papel, tendo perdido o posto para a China, que apresentou um crescimento vertiginoso nos últimos anos. Entre os países selecionados, o Brasil só possuía produção maior do que a Indonésia no último período, porém com uma taxa de crescimento positiva e sistemática nos últimos anos, chegando bem próximo à mesma quantidade produzida pela Finlândia, Suécia e Canadá em 2014. A Figura 4.6 apresenta a proporção da produção mundial de celulose e papel em 2014.

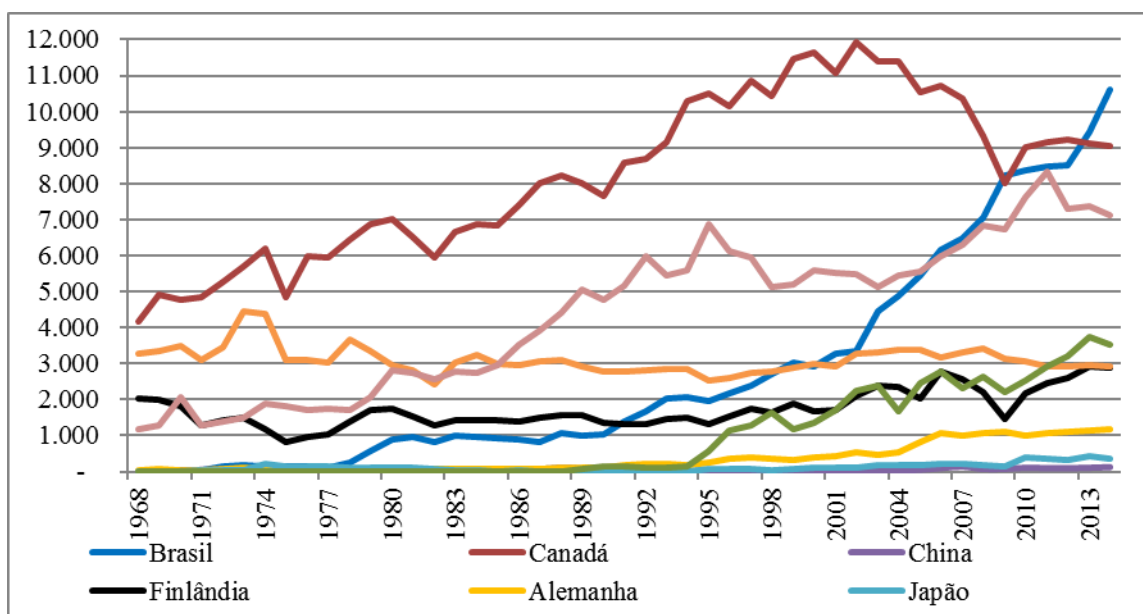
Figura 4.6. Proporção da produção de celulose e papel no mundo, em % (2014)



Fonte: Adaptado de FAO (2015).

A Figura 4.6 mostra que a produção brasileira de celulose representava 9,1% da produção mundial, enquanto a produção de papel, 2,6%, em 2014. Nessa comparação, os únicos países que possuíam uma proporção de produção de papel maior do que a de celulose eram Alemanha, Japão e, principalmente, China, que dominava 27,2% do mercado mundial de papel. A Figura 4.7 apresenta a evolução das exportações de celulose dos mesmos países selecionados anteriormente, entre os anos de 1968 e 2014.

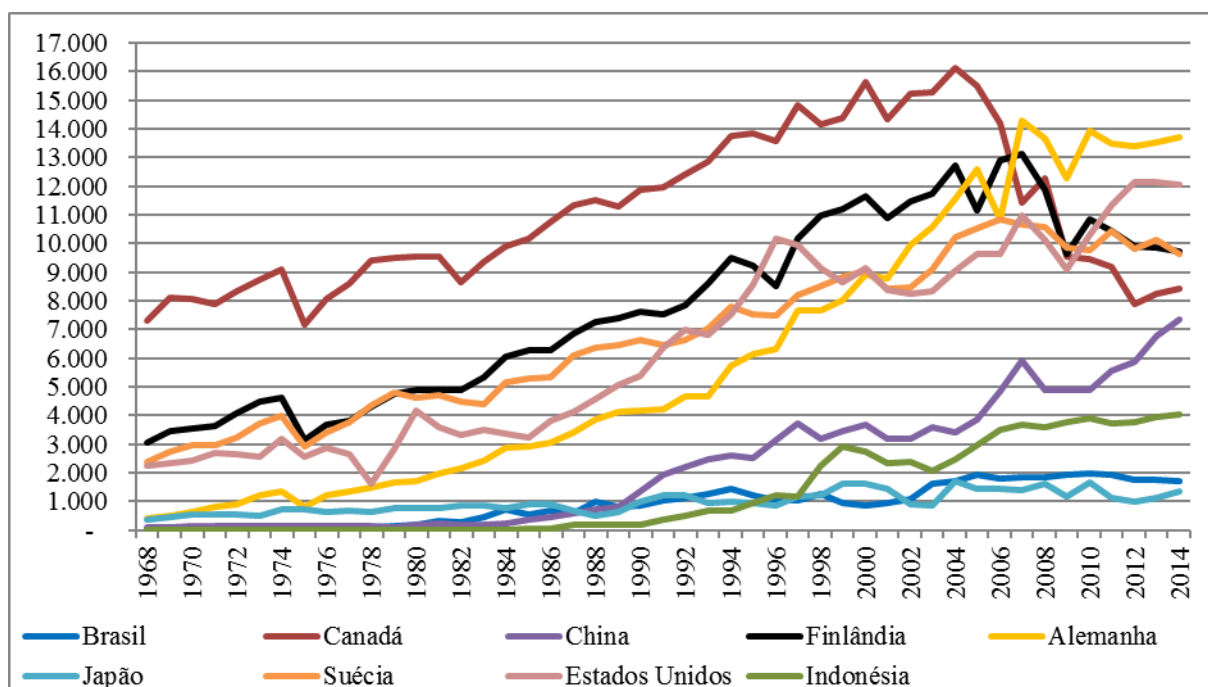
Figura 4.7. Evolução das exportações de celulose de países selecionados, em mil toneladas (1968-2014)



Fonte: Adaptado de FAO (2015).

A Figura 4.7 mostra que, em 2014, o Brasil foi o maior exportador de celulose do mundo, ultrapassando economias tradicionais dessa indústria, como o Canadá e os Estados Unidos. A ascensão brasileira é de longo prazo, mas claramente se percebe uma mudança de patamar a partir dos anos 2000, quando a quantidade exportada de celulose saiu de 3 milhões de toneladas em 2001 para 10,6 milhões de toneladas em 2014, uma taxa de crescimento de 225% ou uma taxa média anual de crescimento de 9,5% no período. Já a Figura 4.8 apresenta a evolução das exportações de papel dos mesmos países selecionados anteriormente entre os anos de 1968 e 2013.

Figura 4.8. Evolução das exportações de papel de países selecionados, em mil toneladas (1968-2014)



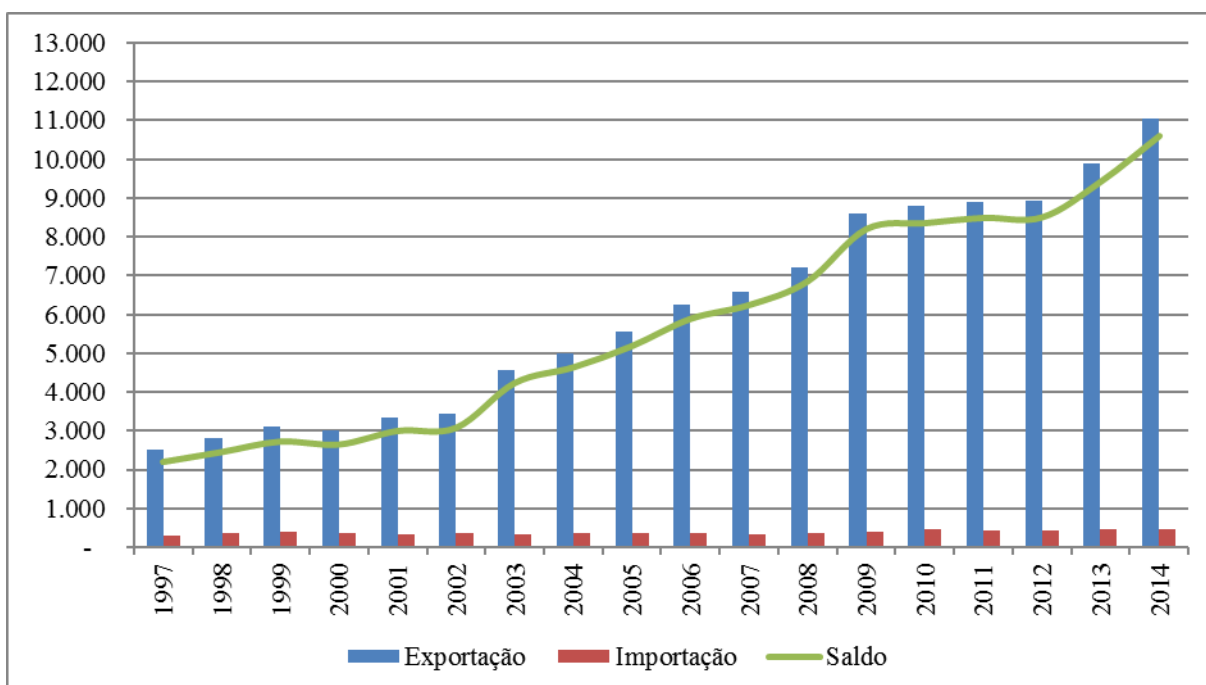
Fonte: Adaptado de FAO (2015).

A Figura 4.8 evidencia que, apesar de o Brasil ter aumentado consideravelmente sua exportação de papel durante todo o período, as taxas de crescimento foram menores do que as de celulose entre 2001 e 2014 (taxa de crescimento de 83% ou taxa média anual de crescimento de 4,8%). É possível perceber, também, uma desaceleração das exportações de papel no Brasil a partir do ano de 2010, saindo de um pico de quase 2 milhões de toneladas de papel exportado em 2009 a pouco mais de 1,7 milhão de toneladas em 2014. Ao contrário das exportações de celulose, o país encontrava-se bem abaixo de seus principais concorrentes.

Verifica-se a grande evolução da China nos últimos anos e da Alemanha, que foi a maior exportadora de papel em 2014.

A inserção internacional da indústria de celulose e papel brasileira pode ser vista de forma mais detalhada para os anos mais recentes mediante os dados da Secretaria de Comércio Exterior (Secex)²⁸, que, apesar de divergirem um pouco dos dados internacionais da FAO²⁹ em termos de quantidade, revelam a mesma progressão. As Figuras 4.9 e 4.10 apresentam, respectivamente, a evolução da balança comercial de celulose e de papel do Brasil entre 1997 e 2015.

Figura 4.9. Evolução da balança comercial de celulose do Brasil, em mil toneladas (1997-2015)

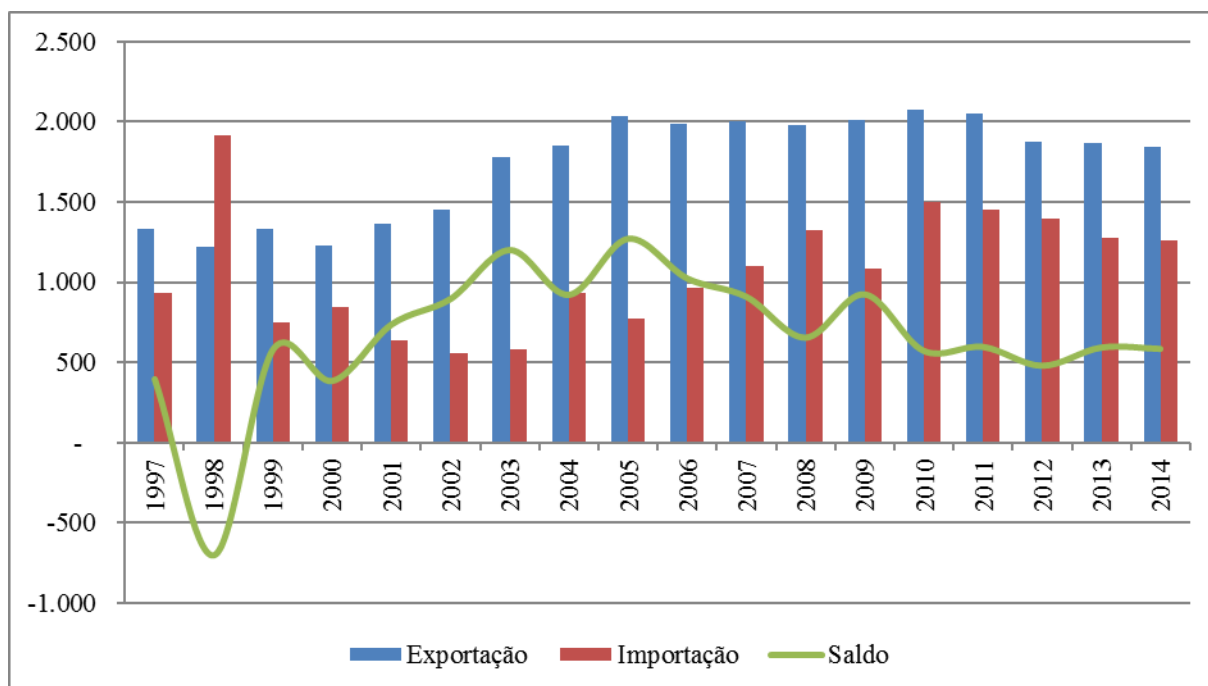


Fonte: Adaptado de Brasil (2015).

²⁸ Ver Brasil (2015).

²⁹ Ver FAO (2015).

Figura 4.10. Evolução da balança comercial de papel do Brasil, em mil toneladas (1997-2015)



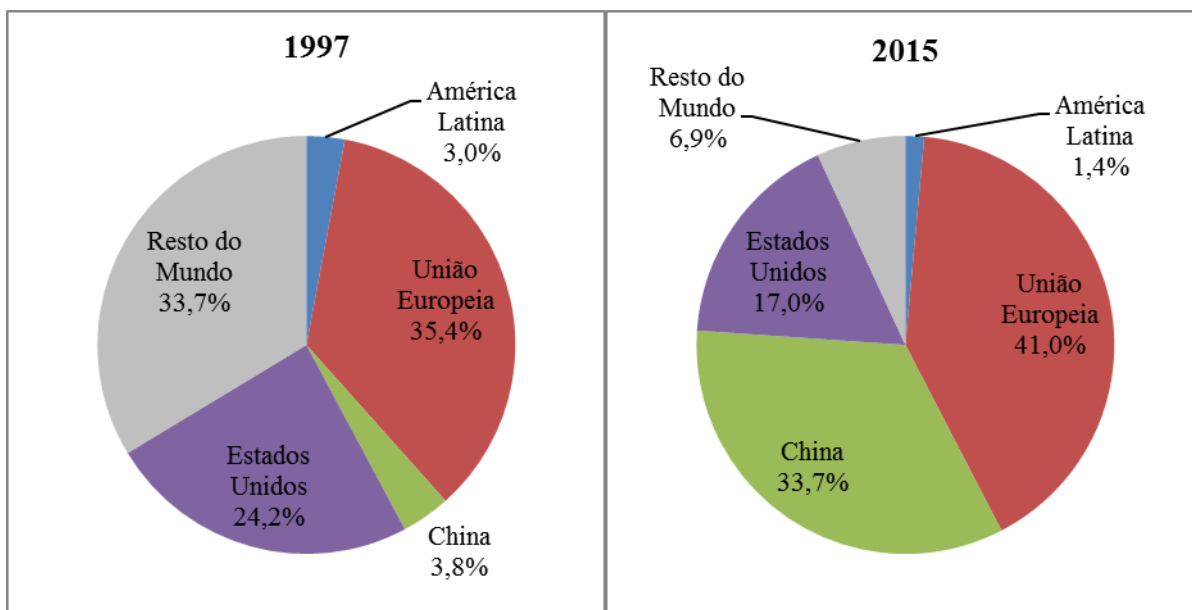
Fonte: Adaptado de Brasil (2015).

As Figuras 4.9 e 4.10 mostram as diferenças de tendência entre a balança comercial de celulose e de papel: enquanto a primeira apresentou saldos comerciais cada vez maiores, a segunda, ainda que positiva, diminuiu seu saldo. Em 2015, a balança comercial brasileira de celulose chegou a possuir um saldo de 11,6 milhões de toneladas, com uma taxa média anual de crescimento entre 1997 e 2014 de 9,7%, enquanto o saldo comercial de papel chegou a 1,2 milhão de toneladas, com uma taxa média anual de crescimento no mesmo período de 6,3%. Contudo, deve-se destacar que o resultado de 2015 fugiu da tendência de queda do saldo comercial de papel, devido à alta desvalorização cambial ocorrida nesse ano específico. Na comparação entre as figuras, é importante destacar que as exportações de celulose sofreram pouco impacto após a crise mundial de 2008, em comparação com as de papel – enquanto, de 2010 a 2014, as exportações de celulose brasileiras tiveram um aumento acumulado de 14,5%, as de papel caíram 3,7%.

O grande aumento recente das exportações brasileiras de celulose e o consequente aumento do seu saldo comercial podem ser explicados em parte pela ampliação da demanda desse produto pela China, uma vez que o país tornou-se recentemente a principal produtora de papel do mundo. A Figura 4.11 apresenta o destino das exportações de celulose do Brasil nos anos de 1997 e 2015. Enquanto 3,8% das exportações brasileiras de celulose destinavam-

se à China no primeiro período, no segundo essa proporção passou para 33,7%. Também se pode perceber que a proporção do destino da celulose exportada diminuiu para os Estados Unidos, a América Latina e o restante do mundo, em decorrência de um aumento para a União Europeia e, principalmente, a própria China.

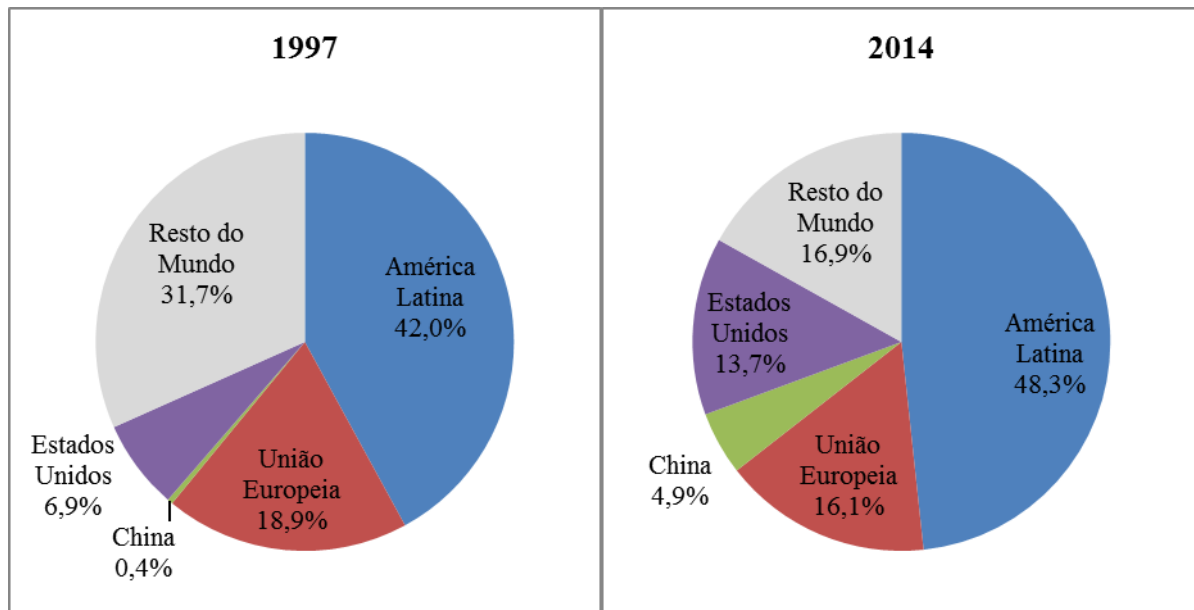
Figura 4.11. Destino das exportações de celulose do Brasil, em % (1997 e 2015)



Fonte: Adaptado de Brasil (2015).

Já a Figura 4.12 apresenta o destino das exportações brasileiras de papel para os anos de 1997 e 2015. Enquanto apenas 1,4% das exportações de celulose destinaram-se à América Latina em 2015, 48% das exportações de papel foram destinadas para essa região naquele ano, havendo incremento de sua participação em 6% de 1997 para 2015. Outros grandes destinos das exportações de papel foram a União Europeia (15,6%) e os Estados Unidos (11,7%). A China, por sua vez, possuía uma participação de destino bem menor (6,5%), apesar de crescente, do que aquela verificada pela celulose.

Figura 4.12. Destino das exportações de papel do Brasil, em % (1997 e 2015)



Fonte: Adaptado de Brasil (2015).

Verifica-se, assim, que o Brasil é um dos principais *players* tanto na indústria de celulose quanto na de papel. Entretanto, quando se considera sua inserção internacional, está clara a especialização referente à produção e exportação de celulose, produto que vem ganhando cada vez mais espaço no mercado mundial. Esse expressivo aumento da produção e das exportações da celulose brasileira decorre, basicamente, da celulose de fibra curta à base de eucalipto. Já a indústria brasileira de papel, apesar de apresentar superávit na balança comercial e possuir uma participação importante na América Latina, está mais voltada para o mercado interno. Questões competitivas relacionadas às vantagens comparativas e acumulação de capacidades tecnológicas na área florestal na produção de celulose podem explicar essa especialização no Brasil. Esses aspectos serão abordados na próxima subseção.

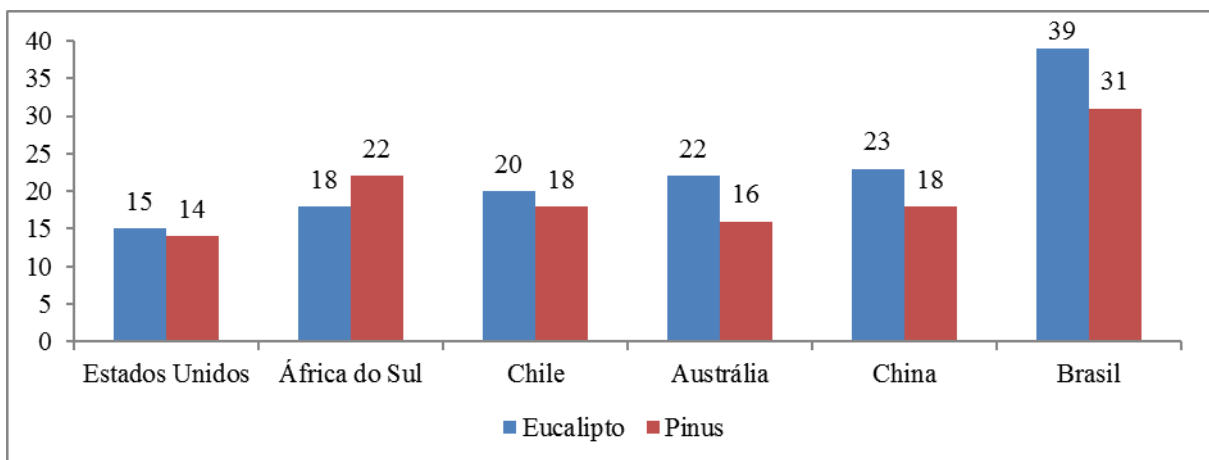
4.3 Background da indústria de celulose e papel no Brasil

O Brasil é considerado atualmente o líder global no *ranking* de produtividade florestal. A área necessária para a produção de 1,5 milhão de toneladas de celulose por ano no país é de 140 mil hectares, um quinto da área necessária para o mesmo plantio na Escandinávia e metade da área necessária na China³⁰. A Figura 4.13 apresenta a

³⁰ Ver Ibá (2015a).

produtividade do plantio de eucalipto e *Pinus* de algumas economias da indústria de celulose e papel. Nesse aspecto, o Brasil não só possui a maior produtividade do plantio de eucalipto, atingindo 39 m³/ha ao ano, como também a maior produtividade do plantio de *Pinus*, que foi de 31 m³/ha ao ano em 2014. Verifica-se, por exemplo, que a produtividade florestal do país é mais do que o dobro da produtividade florestal dos Estados Unidos, tanto para o eucalipto quanto para o *Pinus*.

Figura 4.13. Produtividade florestal do Brasil e alguns *players* mundiais, em m³/ha ao ano (2014)



Fonte: Adaptado de Pöyry (2014 apud IBÁ, 2015a).

Já a Tabela 4.3 apresenta o tempo de rotação em anos das principais espécies de árvores de algumas economias. Percebe-se que uma das características que fazem o plantio de árvores ser tão produtivo no Brasil é sua alta rotação, que chega a uma média de sete anos para o eucalipto. O eucalipto, nos países ibéricos, por exemplo, demora de 12 a 15 anos para ser recolocado, enquanto as plantas de fibra curta, como a bétula, nos países nórdicos possuem uma rotação de 35 a 40 anos. O mesmo ocorre com o *Pinus* plantado no Brasil, que possui uma rotação de 15 anos, contra 25 anos nos Estados Unidos e de 70 a 80 anos nos países nórdicos para a plantação de *Picea*, espécie de fibra longa encontrada em climas temperados.

Tabela 4.3. Rotação de espécies de celulose de fibra curta e longa no Brasil e em alguns *players* mundiais, em anos (2014)

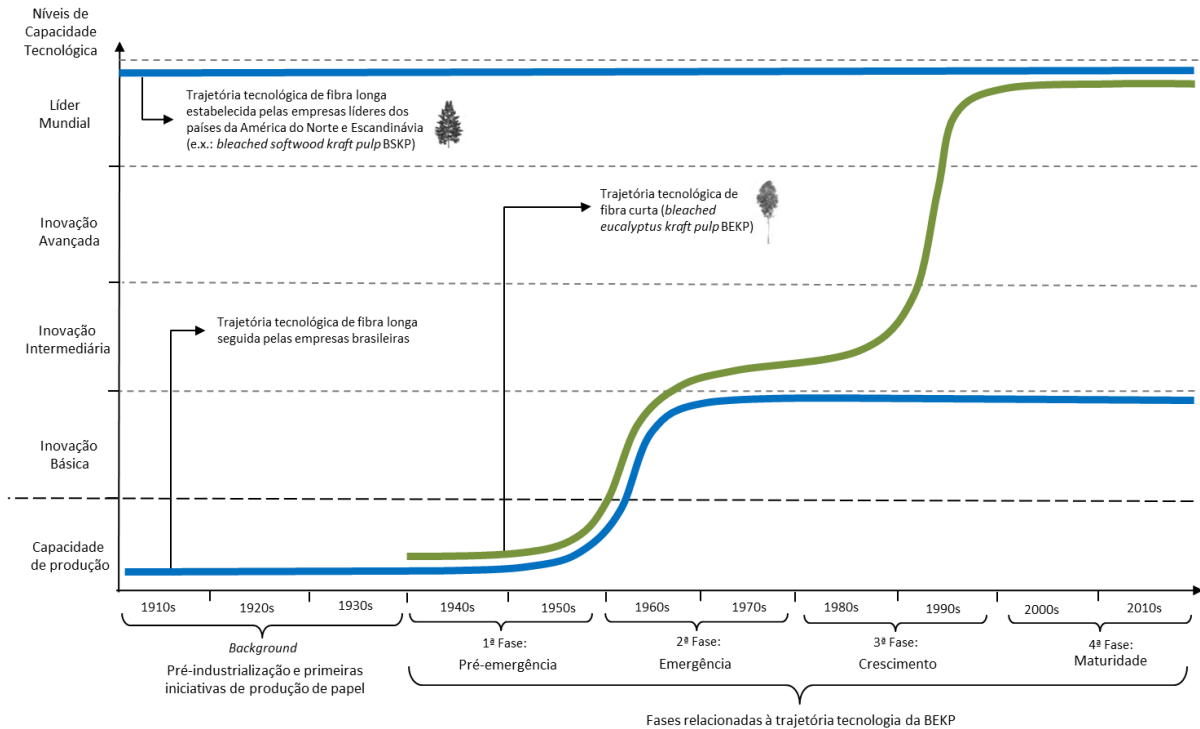
País	Fibra curta		Fibra longa	
	Espécie	Rotação	Espécie	Rotação
Brasil	Eucalipto	7	<i>Pinus spp.</i>	15
África do Sul	Eucalipto	8-10	-	-
Chile	Eucalipto	10-12	<i>Pinus radiata</i>	25
Portugal	Eucalipto	12-15	-	-
Espanha	Eucalipto	12-15	-	-
Suécia	Bétula	35-40	<i>Picea abies</i>	70-80
Finlândia	Bétula	35-40	<i>Picea abies</i>	70-80
Nova Zelândia	-	-	<i>Pinus radiata</i>	25
Estados Unidos	-	-	<i>Pinus elliotii / taeda</i>	25
Canadá	-	-	<i>Pinus de Oregon</i>	45

Fonte: Adaptado de Pöyry (2014 apud BRACELPA, 2014).

A alta produtividade do plantio de eucalipto no Brasil não apenas se deve às suas condições edafoclimáticas favoráveis, que conferem vantagens competitivas ao país na produção dessa árvore, mas também, e principalmente, à sua acumulação de capacidades tecnológicas na área florestal da indústria brasileira de celulose e papel. A trajetória da celulose de fibra curta de eucalipto no país, já analisada em trabalho anterior³¹, demorou décadas para atingir um nível de liderança mundial. Em uma análise histórica dos últimos cem anos da indústria de celulose e papel no Brasil, podem-se delimitar quatro fases distintas da trajetória da fibra curta de eucalipto: pré-emergência (1940-1959), emergência (1960-1979), crescimento (1980-1999) e maturidade (2000-2010). A Figuras 4.14 apresenta a evolução da trajetória tecnológica da fibra curta no Brasil, em paralelo à da fibra longa nas fases citadas.

³¹ Ver Figueiredo (2016) para toda a análise que se segue.

Figura 4.14. Evolução da trajetória tecnológica da fibra curta no Brasil



Fonte: Figueiredo (2016, p. 6).

As evidências sugerem que a trajetória tecnológica da fibra curta era próxima à da fibra longa no país entre os anos de 1940 e 1970, quando a primeira começou a afastar-se da segunda. Enquanto a trajetória tecnológica da fibra longa centrou-se na utilização e melhoria de tecnologias convencionais estabelecidas pelos países líderes globais (países da América do Norte e da Escandinávia), a da fibra curta de eucalipto estabeleceu bases locais, com grau de novidade. A evolução dessa trajetória foi possível graças ao papel da construção e do acúmulo de capacidades tecnológicas das empresas brasileiras e do apoio de instituições e políticas públicas locais.

Durante o período de pré-industrialização (1910-1930), havia uma alta dependência na importação de matérias-primas, especificamente celulose, e de bens de capital da indústria de papel no Brasil. Isso conduziu a buscas por matérias-primas alternativas à celulose estrangeira à base de fibra longa e levou a estudos do eucalipto como uma fonte adequada para a indústria de celulose e papel no país. Esses estudos remontam à década de 1920, na tentativa de superar a fragilidade da fibra curta diante da pressão trazida pelas máquinas de papel, que já estavam presentes em algumas empresas de forma experimental. No entanto,

foi só a partir do fim da década de 1940 e início de 1950 (fase de pré-emergência) que a indústria de celulose e papel interessou-se pelo uso do eucalipto de forma econômica.

Nas décadas de 1960 e 1970 (fase de emergência), algumas empresas brasileiras engajaram-se em vários tipos de experimento e seleção de espécies de eucalipto, na aquisição e absorção de conhecimentos relacionados ao eucalipto proveniente de outros países e em pequenas melhorias e modificações nos equipamentos de processo produzidos localmente. Esses engajamentos foram incentivados por vários instrumentos de políticas públicas, como, por exemplo, a Lei Florestal, de 1966, que forneceu incentivos fiscais para empresas que desenvolvessem florestas próprias de eucalipto.

Nesse período, também foram criados o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), em 1967, e planos governamentais, como o Programa Nacional de Papel e Celulose (1975-1979), que tinham o objetivo de promover a autossuficiência de papel e celulose no Brasil e a entrada no mercado internacional para exportação. Esse período foi marcado, ainda, pelo arranjo de parcerias de pesquisa entre empresas e universidades, como o Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), e pela criação de várias universidades e cursos voltados para a produção florestal, o que começou a promover recursos humanos mais especializados para a indústria florestal brasileira.

Já as décadas de 1980 e 1990 foram caracterizadas como o período de crescimento da trajetória da fibra curta à base de eucalipto no Brasil. Essa fase foi marcada por três características principais: reorganização e evolução do arranjo das instituições locais, engajamento no mercado mundial e acumulação de capacidades tecnológicas em nível de liderança mundial. A reorganização institucional foi marcada pelo envolvimento da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e do IPEF em pesquisas moleculares e genômicas do eucalipto. O engajamento no mercado mundial foi marcado por políticas públicas, como o segundo Programa Nacional de Papel e Celulose, lançado em 1987, que tinha como um de seus objetivos o aumento das exportações de celulose e papel. Já a acumulação de capacidades tecnológicas em nível de liderança mundial das empresas brasileiras de celulose e papel evidenciou que, mesmo em um período de liberalização econômica, o setor conseguiu ser competitivo o suficiente para não depender mais de políticas verticais protecionistas.

Por fim, o período de maturidade da trajetória tecnológica da fibra curta no Brasil pós-2000 foi marcado pela consolidação da capacidade inovadora em nível mundial de algumas empresas líderes. Essas empresas continuaram desenvolvendo novas tecnologias mediante esforços em atividades inovadoras, em parceria ou não. Incentivos governamentais também marcaram esse período, como, por exemplo, a Lei de Inovação (2004) e a Lei do Bem (2005), que forneceram financiamento e incentivos fiscais para inovação.

O fato de algumas empresas brasileiras situarem-se em nível de liderança mundial de capacidade tecnológica em suas áreas florestais não significa, no entanto, que todas as empresas do Brasil encontram-se na mesma situação. Apesar de concentrado, o setor brasileiro de celulose é heterogêneo no que diz respeito à capacidade tecnológica de cada empresa. A área industrial dessas empresas também se encontra em níveis distintos e não tão avançados quanto na área florestal em termos de capacidade tecnológica, principalmente ao considerar empresas que só produzem papel. As diferenças das firmas de celulose e papel no Brasil no que diz respeito aos seus níveis de capacidade tecnológica entre os anos de 2003 e 2014 serão analisadas na próxima seção.

5 Resultados da Pesquisa

As diferenças entre as empresas de celulose e papel 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 0. Dessa maneira, busca-se delimitar níveis e padrões de acumulação de capacidades tecnológicas, a influência dos mecanismos de aprendizagem que geram esses padrões e os impactos da capacidade tecnológica no desempenho competitivo da indústria de celulose e papel no Brasil no período mais recente. Essas análises objetivam, na medida do possível, identificar e quantificar essas relações por padrões de acumulação de capacidades tecnológicas e por área tecnológica (florestal e industrial).

Esta seção está organizada em três subseções. Na subseção 5.1, apresentam-se uma descrição e uma análise dos níveis e padrões de acumulação de capacidades tecnológicas encontrados para a indústria de celulose e papel no Brasil entre 2003 e 2014. Na subseção 5.2, analisa-se a influência dos mecanismos de aprendizagem na acumulação de capacidades tecnológicas. Por fim, na subseção 5.3, analisam-se os impactos da acumulação de capacidades tecnológicas no desempenho competitivo. Essas três subseções ressaltam evidências quantitativas e qualitativas das empresas pesquisadas ao longo do período estabelecido, bem como suas diferenças e semelhanças.

5.1 Acumulação de capacidades tecnológicas da indústria de celulose e papel no Brasil (2003-2014)

Esta subseção tem como objetivo identificar e analisar a acumulação de níveis e padrões de capacidades tecnológicas para as áreas florestal e industrial das empresas brasileiras de celulose e papel pesquisadas para quatro triênios entre 2003 e 2014. A definição de acumulação de níveis e padrões de capacidades tecnológicas foi apresentada com mais detalhes nas seções 2 e 3, nas quais se estabeleceu que as empresas estudadas podem acumular um nível de capacidade de produção e quatro níveis distintos de capacidade tecnológica de inovação: (i) capacidade inovadora básica; (ii) capacidade inovadora

intermediária; (iii) capacidade inovadora avançada; (iv) capacidade inovadora de liderança mundial. Por meio desses níveis, identificam-se também algumas diferenças e similaridades entre alguns conjuntos de empresas ao longo do tempo, classificando-as em padrões de acumulação de capacidades tecnológicas. Para isso, esta subseção está organizada em duas outras subseções: a subseção 5.1.1 apresenta a acumulação de níveis de capacidade tecnológica, enquanto a subseção 5.1.2 revela os padrões encontrados de acumulação de capacidades tecnológicas das empresas pesquisadas.

5.1.1 Acumulação de níveis de capacidade tecnológica da indústria de celulose e papel no Brasil (2003-2014)

Esta subseção apresenta uma descrição da evolução de acumulação dos níveis de capacidade tecnológica entre 2003 e 2014 para as empresas estudadas e está organizada considerando duas grandes áreas tecnológicas, em três outras subseções: a subseção 5.1.1.1 apresenta a evolução da acumulação dos níveis de capacidade tecnológica da área florestal, a subseção 5.1.1.2 mostra a acumulação dos níveis de capacidade tecnológica da área industrial e a subseção 5.1.1.3 faz uma comparação entre as áreas florestal e industrial.

5.1.1.1 Acumulação de níveis de capacidade tecnológica na área florestal

Esta subseção apresenta de forma descritiva a evolução da acumulação de níveis de capacidade tecnológica na área florestal das empresas de celulose e papel estudadas entre 2003 e 2014. Das 15 empresas pesquisadas, oito possuem florestas próprias, enquanto sete não. A Tabela 5.1 demonstra o número e a proporção de empresas que acumularam níveis específicos de capacidade tecnológica na área florestal. Isso é feito à luz da escala de capacidades tecnológicas apresentada na seção 3 e dividida entre um nível de capacidade de produção e quatro níveis de capacidade inovadora. No fim da tabela, a última linha apresenta o nível médio de capacidades tecnológicas das empresas estudadas.

Tabela 5.1. Evolução do número e proporção de empresas que acumularam níveis específicos de capacidade tecnológica na área florestal (2003-2014)

Nível de capacidade	2003-2005	2006-2008	2009-2011	2012-2014
Capacidade inovadora: gerar e gerenciar mudanças tecnológicas				
Capacidade inovadora Liderança mundial Nível 5	2 (25,0%)	3 (37,5%)	3 (37,5%)	3 (37,5%)
Capacidade inovadora Avançada Nível 4	3 (37,5%)	3 (37,5%)	6 (75,0%)	6 (75,0%)
Capacidade inovadora Intermediária Nível 3	6 (75,0%)	6 (75,0%)	8 (100,0%)	8 (100,0%)
Capacidade inovadora Básica Nível 2	8 (100,0%)	8 (100,0%)	8 (100,0%)	8 (100,0%)
Capacidade de produção: usar e operar tecnologias existentes				
Capacidade de produção Nível 1	8 (100,0%)	8 (100,0%)	8 (100,0%)	8 (100,0%)
Nível médio	3,4	3,5	4,1	4,1

Fonte: Os autores (2016).

A Tabela 5.1 mostra que, para todos os períodos, as oito empresas estudadas (100%) acumularam o nível 1 referente à capacidade de produção florestal, ou seja, são empresas capazes de implementar atividades de produção com base no uso de tecnologias e sistemas de produção florestal existentes. Elas foram capazes de implantar, executar e operar, por exemplo, viveiros e processos de reprodução seminal de mudas, infraestrutura para prevenção e monitoramento de incêndios, atividades de planejamento em reflorestamento e recursos para instalação, assistência e recuperação florestal.

Do mesmo modo, a Tabela 5.1 revela que todas as empresas, para todos os períodos, acumularam o nível 2 referente à capacidade inovadora básica na área florestal, ou seja, foram capazes de implementar pequenas melhorias e adaptações nas suas atividades de produção florestal. As empresas executaram, por exemplo, pequenas adaptações em estruturas para viveiros e reprodução clonal de mudas, pequenas melhorias de procedimentos de rastreamento e registro de operação para dados florestais, gerenciamento de variedades por área do solo, clima, tempo e demanda, processos de plantio e recursos para controle de peste e doenças e processos para proteção de diversidade biológica relacionados aos ecossistemas das áreas de plantio.

Seguindo a Tabela 5.1, verifica-se que, enquanto nos dois primeiros períodos seis empresas (75%) acumularam o nível 3 referente à capacidade inovadora intermediária na área florestal, todas as empresas passaram a acumular esse nível nos dois últimos períodos. Isso significa que todas foram capazes de implementar modificações relativamente complexas em tecnologias florestais baseadas em engenharias e experimentações a partir de 2009-2011. As empresas, por exemplo, implementaram avaliação de variedades e clones, seleção e melhoramento na produção de mudas ou sementes e adaptação de equipamentos automatizados e computadorizados nos processos de plantio e colheita.

A Tabela 5.1 também mostra que três empresas acumularam o nível 4 referente à capacidade inovadora avançada na área florestal nos dois primeiros períodos (37,5%) e seis (75%) alcançaram esse nível nos dois últimos períodos. Essas empresas foram capazes de implementar atividades inovadoras próximas àquelas realizadas pelos líderes mundiais, refletindo uma estratégia *fast follower*, à base de P&D aplicados e engenharia. Tais atividades incluíram, por exemplo, projetos de introdução de novos processos silviculturais por meio de linhas já existentes de P&D, como o melhoramento genético tradicional, seleção e melhoramento na produção de mudas em nível pré-competitivo, criação e manutenção de banco de germoplasma e gestão e monitoramento das operações florestais, com suporte de sistema de informações geográficas.

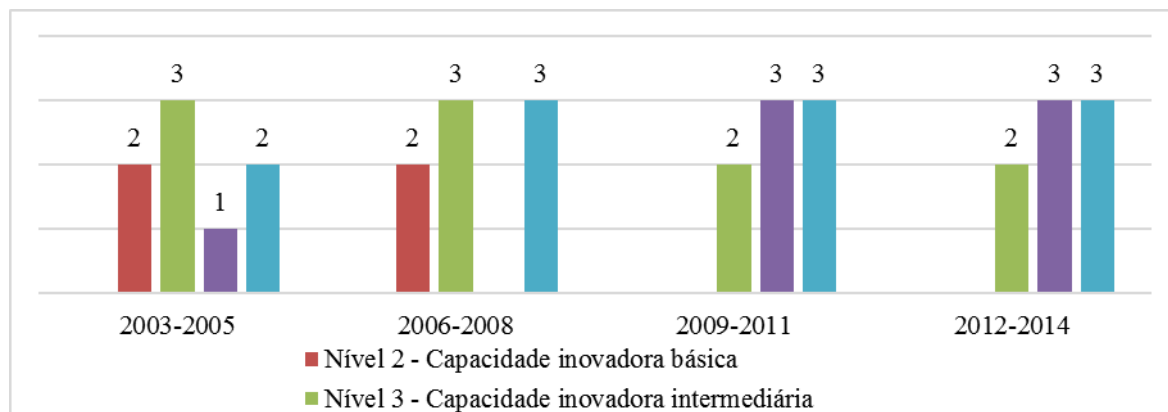
A Tabela 5.1 revela, ainda, que duas empresas acumularam o nível 5 referente à capacidade inovadora de liderança mundial na área florestal em 2003-2005 e uma terceira passou a acumular esse nível no segundo período (2006-2008). Essas três empresas continuaram acumulando o nível 5 até o último período estudado (2012-2014), tendo sido capazes de implementar atividades inovadoras à base de P&D relativas à criação e desenvolvimento de tecnologias florestais novas para o mundo, oportunizando a entrada em novos negócios. Desenvolveram, por exemplo, tecnologias transgênicas ou de melhoramento genético para a produção florestal em nível comercial e/ou experimental, integração efetiva de *data mining* em bioinformática para aplicações operacionais de pesquisa genética e novos meios de monitoramento para cálculo de produtividade, evotranspiração das áreas de plantio e preservação por tipo de material genético.

Por fim, a Tabela 5.1 evidencia que, no último período estudado (2012-2014), a área florestal da maioria das empresas estudadas (75%) acumulou níveis 4 e 5 de capacidade

tecnológica, os quais aumentaram ao longo do período estudado, o que pode ser percebido por média aritmética simples do nível de capacidade tecnológica das empresas para cada período (última linha da tabela). Enquanto no primeiro período o nível médio apresentou um valor de 3,4, no último período esse valor foi de 4,1, isto é, enquanto em 2003-2005 a área florestal das empresas estudadas poderia ser classificada, em média, em um nível de capacidade inovadora intermediária, em 2012-2014 essa classificação foi, em média, em um nível de capacidade inovadora avançada.

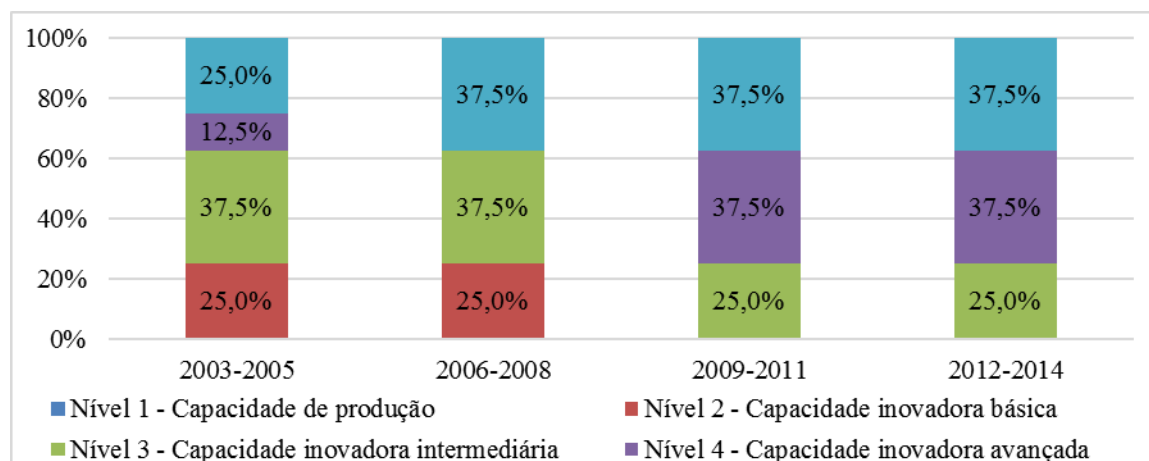
A Figura 5.1 apresenta o número de empresas que acumularam seus níveis máximos de capacidade tecnológica na área florestal para os quatro triênios pesquisados. Já a Figura 5.2 demonstra a proporção de empresas por nível máximo de capacidade tecnológica na área florestal nos triênios pesquisados. Ambas as figuras evidenciam uma evolução positiva dos níveis máximos de capacidade tecnológica na área florestal entre 2003 e 2014. No último período, por exemplo, três empresas (37,5%) acumularam o nível 5, outras três (37,5%), no máximo o nível 4 e duas (25%), no máximo o nível 3.

Figura 5.1. Número de empresas por níveis máximos de capacidade tecnológica na área florestal (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

Figura 5.2. Proporção de empresas por níveis máximos de capacidade tecnológica na área florestal (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

5.1.1.2 Acumulação de níveis de capacidade tecnológica na área industrial

Esta subseção apresenta de forma descritiva a evolução da acumulação dos níveis de capacidade tecnológica na área industrial das empresas de celulose e papel estudadas entre 2003 e 2014. Ao contrário do que ocorre na área florestal, a área industrial da indústria de celulose e papel está presente em todas as 15 empresas pesquisadas. Como foi feito para a área florestal na Tabela 5.1, a Tabela 5.2 apresenta o número e a proporção de empresas que acumularam níveis específicos de capacidade tecnológica na área industrial.

Tabela 5.2. Evolução do número e proporção de empresas que acumularam níveis específicos de capacidade tecnológica na área industrial (2003-2014)

Nível de capacidade	2003-2005	2006-2008	2009-2011	2012-2014
Capacidade inovadora: gerar e gerenciar mudanças tecnológicas				
Capacidade inovadora Liderança mundial Nível 5	0	0	0	0
Capacidade inovadora Avançada Nível 4	3 (20,0%)	3 (20,0%)	3 (20,0%)	3 (20,0%)
Capacidade inovadora Intermediária Nível 3	4 (26,7%)	5 (33,3%)	13 (86,7%)	13 (86,7%)
Capacidade inovadora Básica Nível 2	13 (86,7%)	13 (86,7%)	14 (93,3%)	14 (93,3%)
Capacidade de produção Nível 1	15 (100,0%)	15 (100,0%)	15 (100,0%)	15 (100,0%)
Nível médio	2,3	2,4	3,0	3,0

Fonte: Os autores (2016).

A Tabela 5.2 mostra que todas as empresas em todos os períodos acumularam o nível referente à capacidade de produção industrial, ou seja, são capazes de implementar atividades de produção com base no uso de tecnologias de processos e produtos existentes. Elas implementaram, por exemplo, padronização de soluções de problemas de processo de produção, controles não sistemáticos de processos de qualidade de acordo com recomendações ambientais e produção rotineira consoante as especificações de produto estabelecidas pelo cliente.

No entanto, a Tabela 5.2 revela que nem todas as empresas conseguiram acumular o nível 2 referente à capacidade inovadora básica, ou seja, a capacidade de implementar pequenas adaptações e melhorias em tecnologias de processos e produtos. Percebe-se que nos dois primeiros períodos 13 empresas (86,7%) acumularam o nível 2, enquanto esse valor subiu para 14 empresas (93,3%) nos dois últimos períodos. Exemplos dessas pequenas adaptações e melhorias seriam com relação à seleção, aquisição, instalação e assimilação de novas tecnologias de processo, desenvolvimento de documentação de processos, atualização de sistemas quando da introdução de mudanças no processo, melhorias nas características dos produtos e padronização como resultado de automação de forma não contínua.

Seguindo a Tabela 5.2, verifica-se que, enquanto no primeiro período apenas quatro empresas (26,7%) acumularam o nível 3 referente à capacidade inovadora intermediária, 13 (86,7%) alcançaram esse nível nos dois últimos períodos. Isso significa que a maioria das empresas foi capaz, nos dois últimos períodos, de implementar modificações relativamente complexas em tecnologias de processos e produtos industriais baseadas em engenharias e experimentações. Com relação aos processos, essas empresas realizaram, por exemplo, modificações associadas a novas características de celulose e papel, processos de engenharia reversa, sistemas de avaliação para elaboração de novos projetos e controles de produção para sistemas complexos de despacho. Já com relação a produtos, implementaram, por exemplo, atividades de melhoria nas características dos produtos, padronização como resultado de automação de forma contínua e diferenciação de produto por valor adicionado.

A Tabela 5.2 também mostra que três empresas acumularam o nível 4 referente à capacidade inovadora avançada da área industrial em todos os períodos de tempo. Foram

capazes de implementar atividades industriais inovadoras próximas àquelas realizadas pelos líderes mundiais, refletindo uma estratégia *fast follower*, à base de P&D aplicados e engenharia. As atividades inovadoras implementadas por essas empresas incluíram projetos de introdução de novos processos e produtos por meio de linhas já existentes de P&D, como, por exemplo, produção de papel com misturas de fibras, novos processos de impressão de embalagens, introdução de novos produtos baseados em fibras não usuais e desenvolvimento de celuloses alternativas para fabricantes de papéis personalizados.

A Tabela 5.2 revela que nenhuma empresa, em nenhum período, acumulou o nível 5 referente à capacidade inovadora de liderança mundial na área industrial. Esse nível refere-se à capacidade da empresa de implementar atividades inovadoras à base de P&D relativas à criação e desenvolvimento de tecnologias de processos e produtos novas para o mundo e que ofereçam oportunidades para a entrada em novos negócios. Logo, a empresa precisa possuir departamentos de P&D industrial que envolvam processos industriais e produtos em direções substancialmente diferentes das linhas convencionais de P&D já realizadas pela indústria mundial de celulose e papel. No período estudado, nenhuma empresa no Brasil aprofundou-se em tecnologias de produtos que saíam do mercado de celulose e papel e oportunizem diversificação em novas linhas de negócio para o mundo. Essa característica será ressaltada com mais detalhes na subseção 5.1.2.

Por fim, a Tabela 5.2 evidencia que houve uma evolução positiva da acumulação dos níveis de capacidade tecnológica na área industrial: enquanto em 2003-2005 o nível médio da capacidade tecnológica na área industrial das empresas estudadas foi de 2,3 (última linha da tabela), em 2012-2014 esse nível médio foi de 3,0. Em outras palavras, enquanto no primeiro período a área industrial das empresas estudadas poderia ser classificada, em média, em um nível de capacidade inovadora básica, em 2012-2014 essa classificação foi, em média, em um nível de capacidade inovadora intermediária. Portanto, na área industrial, os avanços concentraram-se em empresas que evoluíram do nível 2 para o nível 3, não tendo havido mudanças nas proporções de empresas dos níveis 4 e 5.

A mesma tabulação da Tabela 5.2 para a área industrial é feita, na Tabela 5.3, para um recorte de empresas que possuem florestas e, na Tabela 5.4, para empresas que não possuem florestas. Os dados mostram que as empresas estudadas que possuem florestas apresentaram acumulação de níveis maiores de capacidade tecnológica na área industrial

do que aquelas que não as possuem ao longo do tempo. Todas as empresas que acumularam o nível 4 referente à capacidade inovadora avançada da área industrial, por exemplo, possuem florestas. Em síntese, isso é evidenciado pelo nível médio de capacidades tecnológicas das empresas estudadas, com aquelas que possuem florestas apresentando um nível médio de 2,9 para o primeiro período e de 3,4 para o último, enquanto as demais empresas (sem florestas) obtiveram os valores de 1,7 e 2,6, respectivamente.

Tabela 5.3. Evolução do número e proporção de empresas que possuem florestas e acumularam níveis específicos de capacidade tecnológica na área industrial (2003-2014)

Nível de capacidade	2003-2005	2006-2008	2009-2011	2012-2014
Capacidade inovadora: gerar e gerenciar mudanças tecnológicas				
Capacidade inovadora Liderança mundial Nível 5	0	0	0	0
Capacidade inovadora Avançada Nível 4	3 (37,5%)	3 (37,5%)	3 (37,5%)	3 (37,5%)
Capacidade inovadora Intermediária Nível 3	4 (50,0%)	5 (62,5%)	8 (100,0%)	8 (100,0%)
Capacidade inovadora Básica Nível 2	8 (100,0%)	8 (100,0%)	8 (100,0%)	8 (100,0%)
Capacidade de produção: usar e operar tecnologias existentes				
Capacidade de Produção Nível 1	8 (100,0%)	8 (100,0%)	8 (100,0%)	8 (100,0%)
Nível médio	2,9	3,0	3,4	3,4

Fonte: Os autores (2016).

Tabela 5.4. Evolução do número e proporção de empresas que não possuem florestas e acumularam níveis específicos de capacidade tecnológica na área industrial (2003-2014)

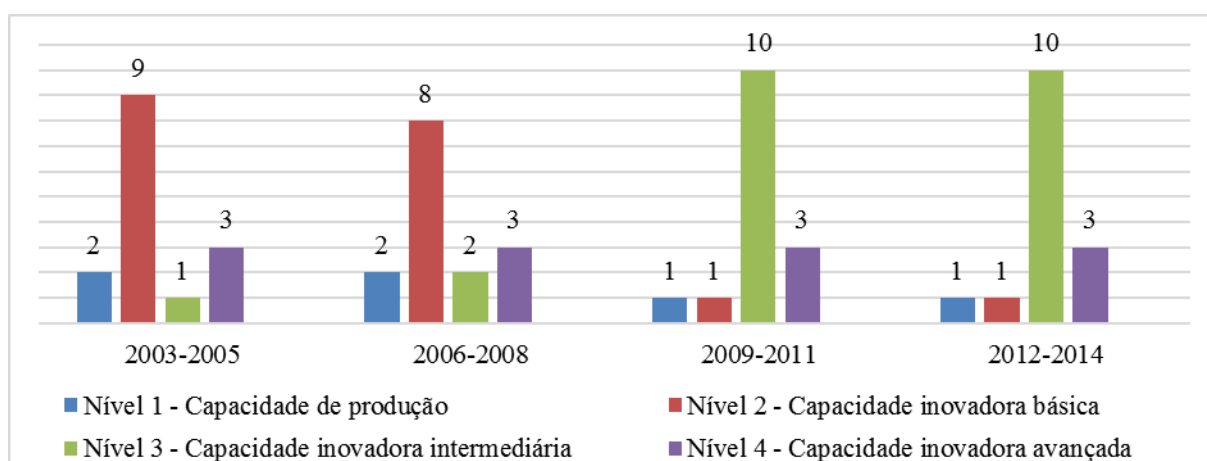
Nível de capacidade	2003-2005	2006-2008	2009-2011	2012-2014
Capacidade inovadora: gerar e gerenciar mudanças tecnológicas				
Capacidade inovadora Liderança mundial Nível 5	0	0	0	0
Capacidade inovadora Avançada Nível 4	0	0	0	0
Capacidade inovadora Intermediária Nível 3	0	0	5 (71,4%)	5 (71,4%)
Capacidade inovadora Básica Nível 2	5 (71,4%)	5 (71,4%)	6 (85,7%)	6 (85,7%)

Capacidade de produção: usar e operar tecnologias existentes				
Capacidade de Produção Nível 1	7 (100,0%)	7 (100,0%)	7 (100,0%)	7 (100,0%)
Nível médio	1,7	1,7	2,6	2,6

Fonte: Os autores (2016).

A Figura 5.3 apresenta o número de empresas que acumularam níveis máximos de capacidade tecnológica na área industrial para os quatro triênios pesquisados. Assim como ocorreu com a área florestal, uma mudança mais significativa das empresas em termos dos seus níveis de capacidade tecnológica na área industrial ocorreu entre os períodos de 2006-2008 e 2009-2011. Nessa mudança, as oito empresas que possuíam no máximo o nível 2 referente à capacidade inovadora básica evoluíram para o nível 3 referente à capacidade inovadora intermediária, enquanto uma empresa que possuía no máximo o nível 1 referente à capacidade de produção passou também a acumular o nível 2 referente à capacidade inovadora básica. Essa configuração de empresas permaneceu igual no último triênio (2012-2014).

Figura 5.3. Número de empresas por níveis máximos de capacidade tecnológica na área industrial (2003-2014)

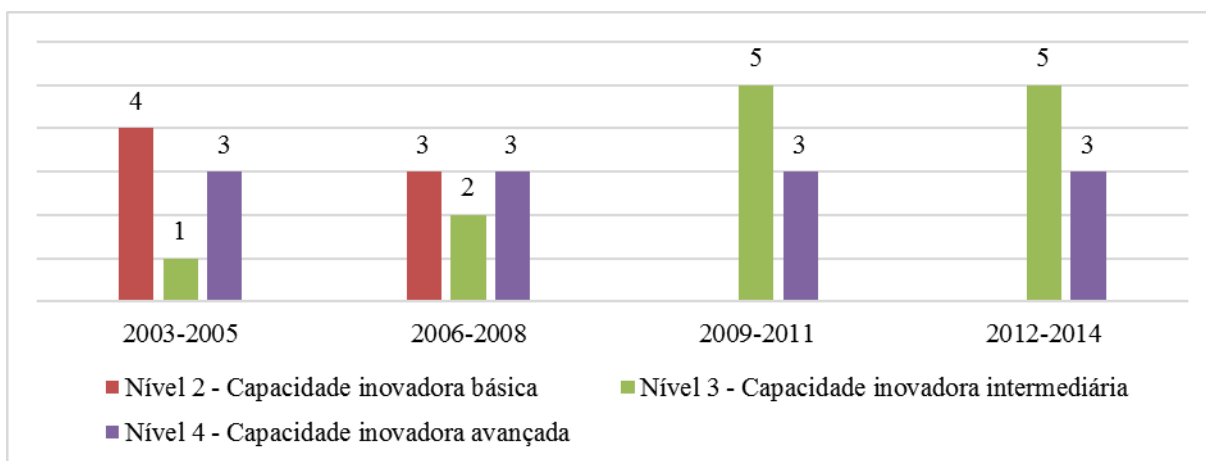


Fonte: Os autores (2016).

Já as Figuras 5.4 e 5.5 mostram o número total de empresas que acumularam níveis máximos específicos de capacidade tecnológica na área industrial, respectivamente, para aquelas empresas que possuem florestas e não as possuem. Percebe-se que, em ambos os tipos de empresa, houve aumento no acúmulo de capacidades tecnológicas na área industrial, mas em níveis diferentes. No último período (2012-2014), a Figura 5.4 mostra que, para as

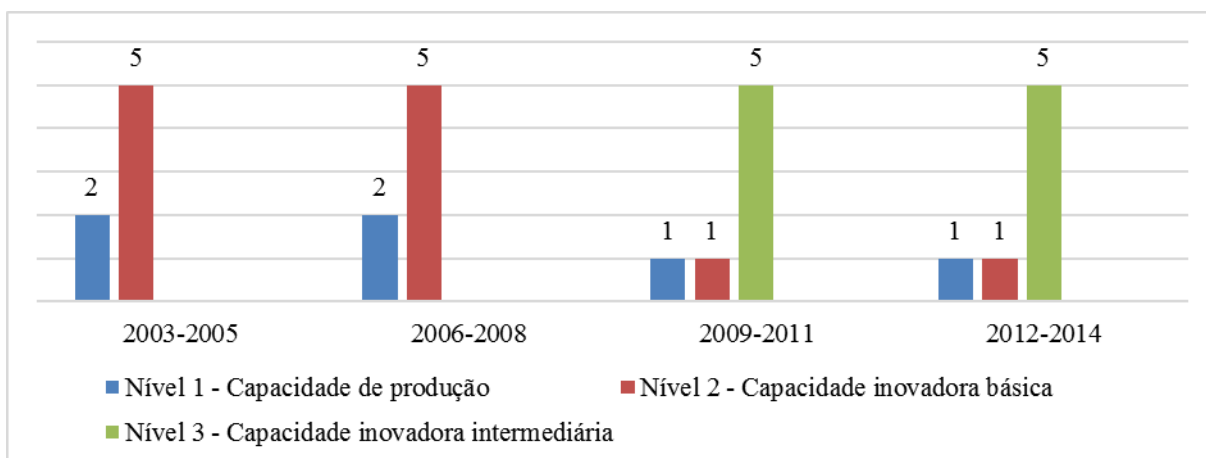
oito empresas que possuem florestas, cinco acumularam o nível máximo 3 referente à capacidade inovadora intermediária e três, o nível máximo 4 referente à capacidade inovadora avançada. Já a Figura 5.5 revela que, para as sete empresas que não possuem florestas, uma acumulou o nível máximo 1 referente à capacidade de produção, uma, o nível máximo 2 referente à capacidade inovadora básica e cinco, o nível máximo 3 referente à capacidade inovadora intermediária. Logo, em média, as empresas estudadas que possuem florestas apresentaram acumulação de níveis de capacidade tecnológica na área industrial maior do que as empresas que não possuem florestas.

Figura 5.4. Número de empresas que possuem florestas por nível máximo de capacidade tecnológica na área industrial (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

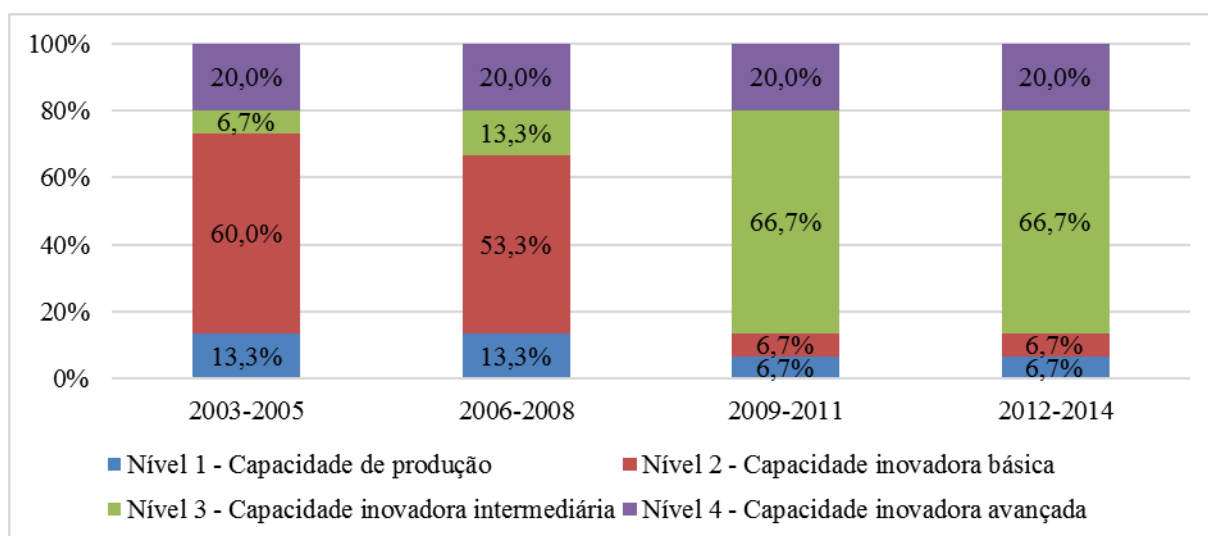
Figura 5.5. Número de empresas que não possuem florestas por nível máximo de capacidade tecnológica na área industrial (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

A Figura 5.6 apresenta a proporção de empresas por níveis máximos de capacidade tecnológica na área industrial entre os triênios pesquisados. Percebe-se que a maior diferença deu-se nas empresas que haviam acumulado no máximo o nível 2 referente à capacidade inovadora básica no primeiro período (60%), que evoluíram para o nível 3 referente à capacidade inovadora intermediária no último período (66,7%).

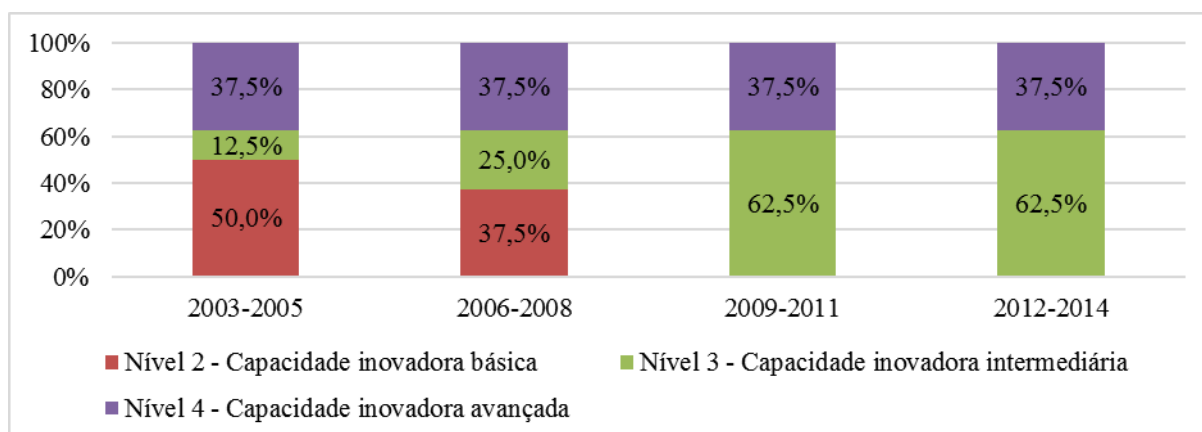
Figura 5.6. Proporção de empresas por níveis de capacidade tecnológica na área industrial (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

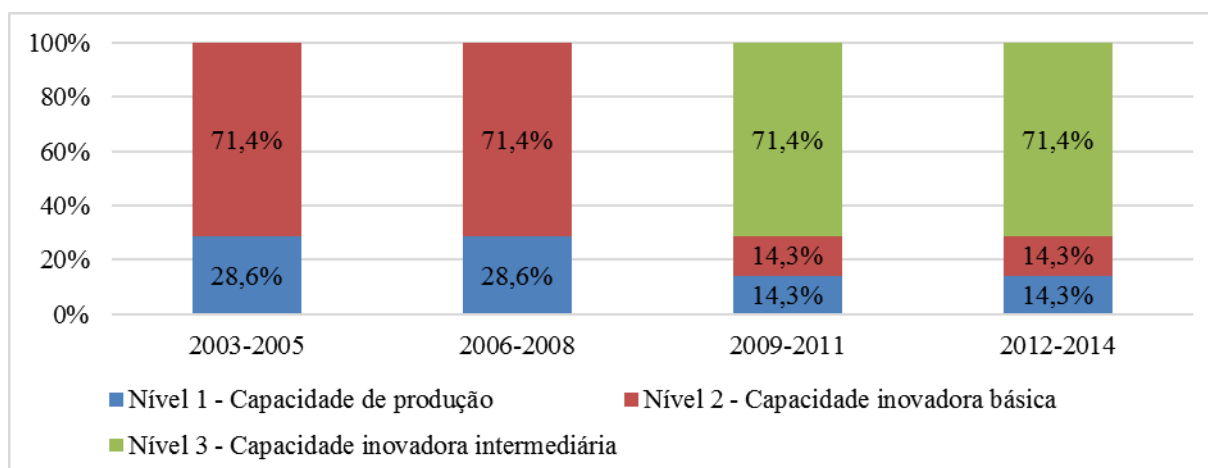
Já as Figuras 5.7 e 5.8 mostram a proporção de empresas que acumularam níveis máximos específicos de capacidade tecnológica na área industrial, respectivamente, para aquelas empresas que possuem florestas e aquelas que não as possuem. Evidencia-se que as empresas que possuem florestas acumularam níveis de capacidade tecnológica superiores em relação àquelas que não as possuem no período estudado. No último período, a Figura 5.7 demonstra que, para as empresas que possuem florestas, 37,5% acumularam no máximo o nível 4 referente à capacidade inovadora avançada e 62,5%, no máximo o nível 3 referente à capacidade inovadora intermediária na área industrial. Já a Figura 5.8 revela que, para as empresas que não possuem florestas, 71,4% acumularam no máximo o nível 3 referente à capacidade inovadora intermediária, 14,3%, no máximo o nível 2 referente à capacidade inovadora básica e outros 14,3%, no máximo o nível 1 referente à capacidade de produção.

Figura 5.7. Proporção de empresas que possuem florestas por níveis de capacidade tecnológica na área industrial (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

Figura 5.8. Proporção de empresas que não possuem florestas por níveis de capacidade tecnológica na área industrial (2003-2014)



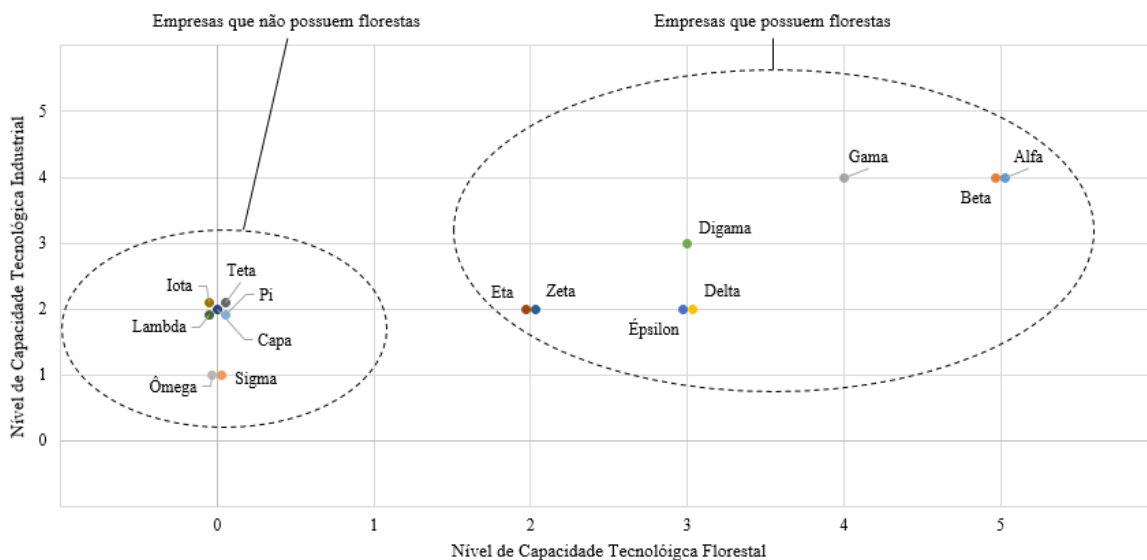
Fonte: Os autores (2016).

5.1.1.3 Comparação entre a acumulação de níveis de capacidade tecnológica nas áreas florestal e industrial

Esta subseção faz uma comparação entre a acumulação de níveis das áreas florestal e industrial das empresas de celulose e papel estudadas. A Figura 5.9 apresenta essa comparação para o primeiro triênio (2003-2005), enquanto a Figura 5.10 refere-se ao último triênio (2012-2014). Em ambas as figuras, o eixo vertical sinaliza os níveis de capacidade tecnológica na área industrial e o eixo horizontal, os níveis de capacidade tecnológica na área florestal. Cada uma das 15 empresas pesquisadas é representada por um ponto, que indica, ao mesmo tempo, a acumulação de níveis nas duas áreas. Como as empresas que não possuem florestas também

não acumulam capacidade tecnológica florestal, estão representadas pelo “nível zero” no eixo horizontal. Cada uma das duas circunferências pontilhadas representa um tipo de empresa: as que não possuem florestas e as que as possuem.

Figura 5.9. Relação entre nível de capacidade tecnológica máxima industrial e florestal (2003-2005)



Fonte: Os autores (2016).

Figura 5.10. Relação entre nível de capacidade tecnológica máxima industrial e florestal (2012-2014)



Fonte: Os autores (2016).

A Figura 5.9 mostra que, para o triênio 2003-2005, nove das 15 empresas, independentemente do seu tipo, acumularam no máximo o nível 2 referente à capacidade inovadora básica na área industrial. Já a Figura 5.10 indica que, para o triênio 2012-2014, dez

das 15 empresas acumularam no máximo o nível 3 referente à capacidade inovadora intermediária na área industrial. Isso evidencia que a maioria das empresas da amostra encontra-se na mesma acumulação de níveis de capacidade tecnológica na área industrial, bem como evoluiu na mesma magnitude quando comparados os dois períodos.

Ainda, as Figuras 5.9 e 5.10 mostram que dois grupos de empresas diferenciam-se do padrão descrito no parágrafo anterior: (i) as empresas Sigma e Ômega, que não possuem florestas e se encontram em níveis mais baixos de acumulação de capacidades tecnológicas na área industrial (níveis 1 e 2 no último período); (ii) as empresas Alfa, Beta e Gama, que possuem florestas e se encontram em níveis mais altos de acumulação de capacidades tecnológicas na área industrial (nível 4 no último período). Nesse segundo grupo, as empresas acumularam o nível 5 referente à capacidade inovadora de liderança mundial na área florestal.

Dessa maneira, as figuras ressaltam que nenhuma empresa que possui florestas encontra-se em um nível industrial abaixo de uma empresa que não as possui. As circunferências pontilhadas ajudam a visualizar os blocos de empresas que não possuem e que possuem florestas, o que evidencia um nível um pouco acima das empresas do segundo bloco. Em outras palavras, empresas que não possuem florestas apresentam, em média, acumulação de níveis de capacidade tecnológica na área industrial inferior à das empresas que possuem florestas. Essa observação leva a supor que possuir florestas é importante para um maior acúmulo de capacidades tecnológicas na área industrial, aspecto que será discutido nas próximas subseções.

5.1.2 Padrões de acumulação de capacidades tecnológicas da indústria de celulose e papel no Brasil (2003-2014)

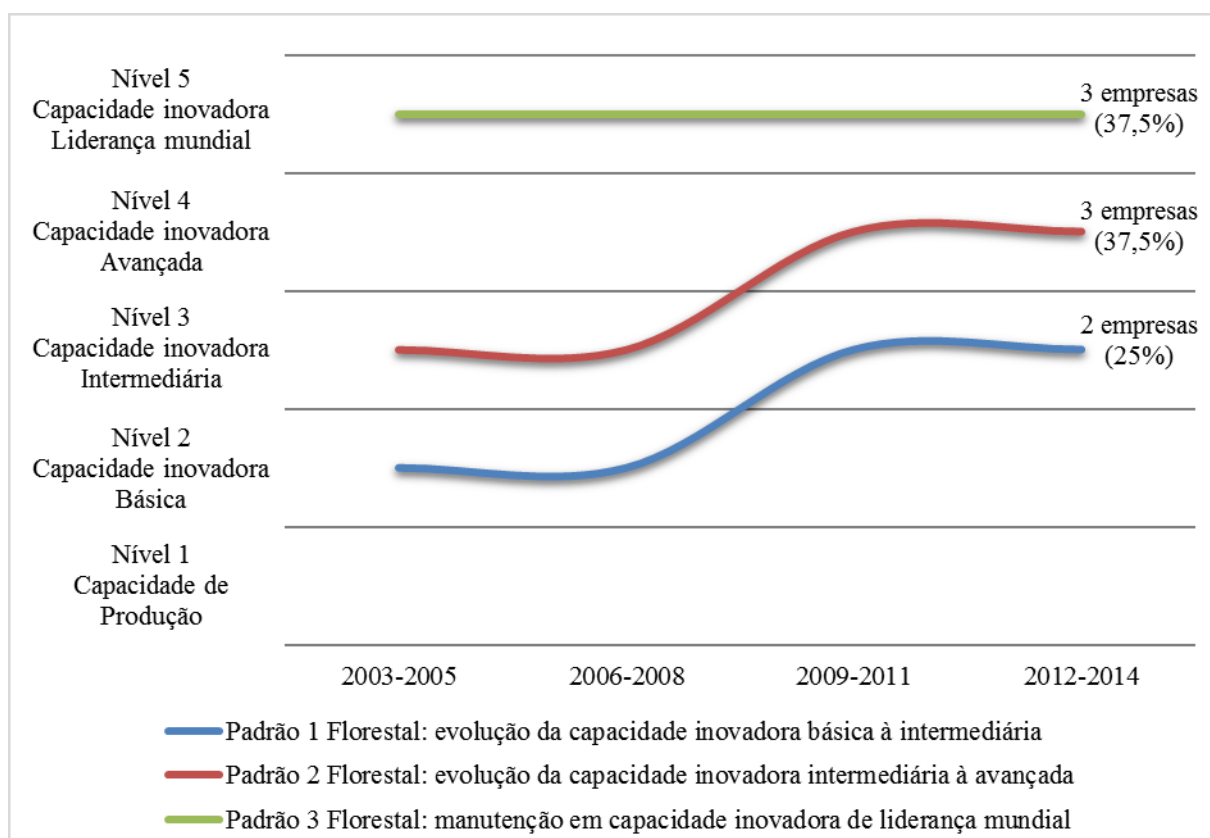
Esta subseção examina alguns padrões de acumulação de capacidades tecnológicas para as áreas florestal e industrial da indústria de celulose e papel no Brasil entre 2003 e 2014. Um padrão de acumulação de capacidades tecnológicas é uma combinação de empresas que acumularam níveis similares de capacidade tecnológica em um período de tempo. Dessa maneira, buscam-se empresas que apresentaram evoluções semelhantes de sua acumulação de níveis de capacidade tecnológica, evidenciando as atividades implementadas comuns ao longo do tempo. Esta subseção está organizada em outras duas subseções: a subseção 5.1.2.1

apresenta a evolução dos padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área florestal e a subseção o, a evolução dos padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área industrial.

5.1.2.1 Padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área florestal

A partir dos resultados encontrados na subseção 5.1.1.1, por meio das Figuras 5.1 e 5.2, que mostram o número e proporção de empresas que atingiram seus níveis máximos de capacidade tecnológica na área florestal para cada período, esta subseção traça três trajetórias distintas de acumulação de capacidades tecnológicas nessa área. A Figura 5.11 representa essas trajetórias.

Figura 5.11. Padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área florestal (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

A Figura 5.11 evidencia três padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área florestal: (i) Padrão 1 Florestal: evolução da capacidade inovadora básica à intermediária, representando 25% das empresas; (ii) Padrão 2 Florestal: evolução da capacidade inovadora

intermediária à avançada, representando 37,5% das empresas; (iii) Padrão 3 Florestal: manutenção em capacidade inovadora de liderança mundial, representando 37,5% das empresas. Enquanto o Padrão 3 Florestal manteve-se estável no maior nível em todo o período analisado, os outros dois padrões tiveram seu ponto de inflexão entre os triênios 2006-2008 e 2009-2011.

Duas observações gerais podem ser destacadas pela Figura 5.11. Primeiramente, as empresas de celulose e papel no Brasil elevaram suas capacidades tecnológicas na área florestal nos últimos anos, tendo 75% das empresas pesquisadas chegado ao nível de capacidade inovadora avançada ou de liderança mundial no último período. Em segundo lugar, é possível ver certa convergência da acumulação de níveis de capacidade tecnológica na área florestal entre as empresas estudadas, tendo os padrões menos elevados conseguido saltar de nível ao longo dos períodos. As características principais de cada um dos três padrões são destacadas a seguir.

(i) Padrão 1 Florestal de acumulação de capacidades tecnológicas: evolução da capacidade inovadora básica à intermediária

O Padrão 1 Florestal de acumulação de capacidades tecnológicas é composto por empresas que evoluíram sua capacidade inovadora básica para intermediária. Essa mudança de nível ocorreu entre os triênios 2006-2008 e 2009-2011. Em resumo, essas empresas, entre 2003 e 2008, apenas eram capazes de realizar pequenas adaptações em tecnologias de operações florestais e, a partir daí, acumularam suas capacidades de implementar modificações relativamente complexas baseadas em engenharias e experimentações.

As evidências da pesquisa sugerem que as empresas do Padrão 1 Florestal evoluíram suas capacidades de realizar atividades tecnológicas específicas na área florestal. Até o triênio 2006-2008, por exemplo, as empresas deste padrão realizavam reprodução clonal de mudas, com gerenciamento de variedades por área de solo, clima, tempo e demanda, além de pequenas adaptações em estruturas para viveiros. Já a partir do triênio 2009-2011, passaram também a realizar não só reprodução clonal de mudas, como também avaliação de variedades e clones, incluindo seleção e melhoramento na produção de mudas ou sementes e desenvolvimento de processos de maturação de plantas por meio de insumos químicos e

orgânicos. Essas empresas também passaram a realizar adaptação de equipamentos automatizados e computadorizados nos processos de plantio e colheita.

Uma característica das empresas que compõem o Padrão 1 Florestal é que, em 2003, todas já acumulavam, no mínimo, o nível 2 referente à capacidade inovadora básica. Um exemplo que confirma esse nível mínimo de capacidade tecnológica das empresas estudadas é que todas já possuíam certificados de manejo florestal sustentável adquiridos por organizações independentes. Entre esses certificados, incluem-se o internacionalmente reconhecido FSC e/ou o equivalente nacional Cerflor. Do total de florestas plantadas no Brasil, 63% possuem certificação por organizações independentes³². Como 34% das árvores plantadas no país são destinadas à indústria de celulose e papel, supõe-se que a proporção de certificações das florestas destinadas a essa indústria seja ainda maior.

As certificações são uma garantia internacionalmente reconhecida que permite identificar bens produzidos por meio de práticas restritivas e específicas nos vários aspectos ligados aos recursos naturais, serviços ambientais e engajamento em comunidades³³. Além das questões ambientais e sociais, possuem critérios de planejamento de gestão e monitoramento das operações florestais, como, por exemplo, exigências de monitoramento e crescimento dinâmico das florestas e levantamento de inventários florestais, com dados de custos, produtividade e eficiência do manejo florestal³⁴. As exigências das certificações no tocante à adoção de práticas mais eficientes de gestão e operações florestais forçam as empresas a acumular níveis mais elevados de capacidade tecnológica, além de serem requisitos indispensáveis para a exportação da celulose ou do papel para países desenvolvidos, sobretudo para a Europa. Como apresentado na subseção 4.2, 86% da celulose brasileira é exportada, exigindo que as empresas atendam às exigências internacionais de sustentabilidade e qualidade.

Como as empresas do Padrão 1 Florestal já estabeleciam práticas de gestão florestal eficientes e sustentáveis internacionalmente reconhecidas, conseguiram avançar em atividades com níveis de capacidade tecnológica maiores, neste caso, até o momento, em um nível de capacidade inovadora intermediária. Uma característica marcante dessas empresas após 2009-2011 com relação às suas áreas florestais é a capacidade de realizar adaptações

³² Ver Ibá (2015a).

³³ Ibid.

³⁴ Ver FSC (2002).

complexas em seus processos florestais, de acordo com características climáticas e de solo específicas. A empresa Zeta, por exemplo, planta eucalipto na região equatorial do Brasil, ao contrário da maioria das empresas de celulose e papel do país, que está localizada nas regiões Sul e Sudeste. Plantar e cultivar eucalipto em uma região não usual requer uma modificação tecnológica diferente da habitual. Essa peculiaridade é ressaltada pelo *Chief Executive Officer* (CEO) da empresa Zeta:

Enquanto nas regiões Sul e Sudeste do Brasil as empresas não possuem problemas com o sub-bosque, a região equatorial, amazônica, possui um sub-bosque riquíssimo, que tenta reconquistar a área na qual foi plantado o eucalipto. Esse sub-bosque traz uma série de dificuldades operacionais que precisam ser superadas. O desenvolvimento do eucalipto da empresa Zeta é voltado para aquele em que se requer um sub-bosque menor e isso pode ser propiciado por copas maiores das árvores, em que a luz não penetra e o sub-bosque não cresce. Então, há critérios de seleção de clones diferentes da maioria dos concorrentes.

A busca por soluções específicas da empresa Zeta não apenas envolveu as atividades de silvicultura, como também as de colheita. A introdução de um novo tipo de celulose, que exigiu uma madeira mais limpa no processo industrial, fez com que a empresa Zeta buscasse um novo sistema de colheita. No sistema de colheita anterior (*feller*), os troncos da madeira eram cortados por máquinas e arrastados no solo até a fábrica de celulose, enquanto, no sistema atual (*harvester*), as árvores são cortadas por máquinas que já as descascam e as colocam em transporte até a fábrica de celulose, sem contato com o solo. Como não há contato da madeira com o solo, não há contaminação com areia e outras impurezas, garantindo uma madeira de melhor qualidade para o processamento de um novo tipo de celulose. Essa mudança no sistema de colheita partiu de uma parceria com um fornecedor, pois as máquinas precisavam atender às características próprias da área da empresa, que possui regime de chuvas e condições topográficas diferentes dos habituais do setor.

A capacidade de realizar modificações complexas em tecnologias florestais baseadas em engenharias e experimentações, em parceria ou não, da empresa Zeta não significa, no entanto, que ela acumulou um nível de capacidade tecnológica inovadora avançada. A empresa não possui um departamento formal de P&D florestal, possui poucos pesquisadores internos e recorre a soluções pontuais não contínuas, trazidas por consultores e especialistas do setor externos à empresa. Esse aspecto foi ressaltado pelo CEO da empresa:

A empresa Zeta possui dois pesquisadores internos e uma equipe externa, que é acionada quando necessário. Por exemplo, se for necessário fazer um plano anual de adubação das terras, procura-se uma consultoria externa. A empresa faz todo o mapeamento e análise da área e a consultoria faz a sugestão de como fazer. Se houver alguma inovação de formulação de algum químico nesse aspecto, a empresa contratada trará isso. Esses consultores são independentes, ligados ao setor, e alguns poucos são ligados às universidades.

O próprio CEO da empresa Zeta reconheceu que ela está atrás da maioria de seus concorrentes em termos de capacidades tecnológicas florestais e precisa avançar mais em pesquisas de melhoramento genético e ganhos em produtividade das árvores:

O que a empresa precisa fazer é evoluir mais na questão de seleção genética, introdução de novos materiais genéticos e melhoria da produtividade das árvores, seguindo uma linha mais contínua.

De modo geral, as empresas que compõem o Padrão 1 Florestal de acumulação de capacidades tecnológicas conseguiram evoluir do nível 2 referente à capacidade inovadora básica ao nível 3 referente à capacidade inovadora intermediária, por meio da introdução de modificações mais complexas em suas operações florestais, envolvendo características específicas na avaliação, seleção e melhoramento na produção de mudas ou sementes, além de melhoria em processos de plantio e colheita mecanizados, de acordo com as especificidades da empresa.

No entanto, elas ainda não possuem departamentos formais de P&D e suas melhorias nos processos florestais são caracterizadas por serem realizadas de forma não contínua. Essas empresas produziram e implementaram modificações em tecnologias florestais e conseguem ser internacionalmente competitivas, mas ainda precisam avançar em linhas de pesquisa contínua em seleção e melhoramento genético, assim como outras empresas do setor no Brasil já são capazes de fazer. Outra característica das empresas deste padrão é que participaram pouco de parcerias de pesquisa com universidades e institutos de pesquisa. Para essas empresas, as parcerias deram-se mais com fornecedores e consultores, de forma não contínua. Projetos de P&D e parcerias com universidades e institutos de pesquisa, por outro lado, foram encontrados nas empresas dos padrões 2 e 3, retratados a seguir.

(ii) Padrão 2 Florestal de acumulação de capacidades tecnológicas: evolução da capacidade inovadora intermediária à avançada

O Padrão 2 Florestal de acumulação de capacidades tecnológicas é composto por empresas que evoluíram sua capacidade inovadora intermediária para avançada. Essa mudança de nível ocorreu entre os triênios 2006-2008 e 2009-2011. Tais empresas, entre 2003 e 2008, já eram capazes de implementar modificações relativamente complexas baseadas em engenharias e experimentações e, a partir daí, acumularam suas capacidades para implementar atividades inovadoras florestais próximas àquelas realizadas pelos líderes mundiais à base de P&D aplicados.

As evidências da pesquisa sugerem que as empresas do Padrão 2 Florestal evoluíram sua capacidade de realizar atividades tecnológicas específicas na área florestal. Até o triênio 2006-2008, por exemplo, as empresas deste padrão realizavam avaliação de variedades e clones, seleção e melhoramento na produção de mudas ou sementes, desenvolvimento de processos de maturação de plantas por meio de insumos químicos e orgânicos e adaptação de equipamentos automatizados e computadorizados nos processos de plantio e colheita. Já a partir do triênio 2009-2011, passaram também a realizar projetos de introdução de novos processos silviculturais por meio de linhas já existentes de P&D, como o melhoramento genético tradicional, seleção e melhoramento na produção de mudas em nível pré-competitivo, criação e manutenção de banco de germoplasma e realização da gestão e monitoramento das operações florestais, com suporte de sistema de informações geográficas.

Duas características são marcantes para empresas que compõem o Padrão 2 Florestal: (i) possuem programas de melhoria contínua na produtividade e qualidade de suas florestas, por meio de condução permanente de pesquisas e experimentos em áreas de controle de qualidade, melhoramento genético, sistemas de manejo, conservação dos solos e controle de pragas e doenças; (ii) participam ativamente de projetos de pesquisa em parceria com universidades, institutos de pesquisa e até empresas competidoras.

As evidências qualitativas sugerem que as empresas pertencentes ao Padrão 2 Florestal apresentaram programas de melhoria contínua relacionados às suas funções florestais nos últimos anos. Esse aspecto diferencia-as das empresas que compõem o Padrão 1 Florestal, que não possuem uma gestão de melhorias contínuas. Um exemplo de gestão de

inovação contínua foi apresentado pela empresa Delta. Neste caso, a gestão de inovação florestal tornou-se um dos aspectos mais importantes da empresa, que, apesar de não realizar atividades em nível de liderança mundial, apresenta um departamento de P&D florestal que objetiva buscas contínuas em eficiência e produtividade em todas as etapas do processo produtivo. Tal aspecto foi compartilhado pelo gerente Florestal da empresa Delta:

Junto ao nosso departamento de P&D florestal possuímos uma área de melhoria de processo, chamada 'manufacture excellent', que agrupa todas as ferramentas de engenharia de processo em busca de melhorias, ou seja, possuímos uma estrutura de pesquisadores e uma estrutura de analistas de projetos, que juntos dão suporte a toda a operação. Se eu tenho, por exemplo, uma operação de produção de mudas, há o suporte técnico dado pelos pesquisadores em melhoramento genético e o suporte dos engenheiros de produção, que juntos estudam toda a cadeia de produção do viveiro para poder analisar pontos de melhoria. A governança da nossa gestão de inovação é focada em melhorias contínuas, possuindo o aspecto positivo de alinhar os projetos e as necessidades e estratégias da organização. Acreditamos que o modelo de P&D com foco muito amplo ou sem foco não é bom. Acho que há empresas no Brasil com departamentos de P&D muito maiores e isso não quer dizer que façam algo mais do que a gente faz.

Outra característica marcante das empresas que compõem o Padrão 2 Florestal é a alta frequência de interação dessas empresas com outras organizações do sistema de inovação, como universidades e institutos de pesquisa, clientes, fornecedores e empresas competidoras. Um exemplo notório de pesquisa em rede que envolveu várias empresas, institutos de pesquisa e universidades é a Rede Brasileira de Pesquisa do Genoma de *Eucalyptus* (Genolyptus), desenvolvida entre 2002 e 2008 (ver Boxe 5.1). Outras parcerias em P&D com empresas competidoras e universidades também estão bastante presentes nas empresas pertencentes aos níveis 2 e 3 de acumulação de capacidades tecnológicas na área florestal. Essas interações interorganizacionais serão abordadas com mais detalhes na subseção 5.2.

Boxe 5.1. Genolyptus

A Genolyptus foi um projeto de pesquisa em rede que teve como objetivo o mapeamento genético e físico do eucalipto, com a finalidade de melhorar a competitividade comercial da madeira produzida no Brasil. O projeto foi desenvolvido entre 2002 e 2008 e executado em âmbito pré-competitivo pela Embrapa, aliada a mais sete universidades e 14 empresas florestais, e contou com financiamento privado e, em sua grande maioria, público, por meio do Ministério da Ciência e Tecnologia.

O projeto deu um salto importante na geração e integração de ferramentas moleculares no melhoramento do eucalipto no Brasil e criou massa crítica para a utilização do genoma, além de sua contribuição para o sequenciamento completo do genoma de eucalipto pela rede internacional *Eucalyptus Genome Network* (Eucagen), com participação de destaque de cientistas brasileiros.

Conforme várias empresas relataram nas entrevistas de campo desta pesquisa, os resultados do projeto trouxeram o conhecimento necessário para que as empresas, de maneira geral, conseguissem selecionar melhor as árvores dentro de uma lógica mais eficiente. Ademais, a Genolyptus causou outros avanços interessantes, além da própria seleção genética. O gerente Florestal da empresa Delta, por exemplo, ressaltou o impacto que o projeto trouxe em ferramentas de análises de dados: “[...] diria que a Genolyptus avançou muito mais em ferramentas, como bioinformática e análises. O que a gente levou cinco anos para fazer no projeto, hoje já há equipamentos que fazem em dois dias. A análise com *big data* cresceu muito desde então”. Já o CEO de uma empresa florestal que participou do *workshop* de pesquisa destacou, por exemplo, a capacidade que o projeto trouxe para algumas empresas de proteger o conhecimento tecnológico desenvolvido.

Fonte: Os autores (2016), com base em evidências da pesquisa e Embrapa (2014).

Quanto aos processos de plantio e colheita, percebe-se que as empresas deste padrão avançaram em tecnologias de mecanização de seus processos. Para o gerente Florestal da empresa Delta, as grandes máquinas de corte e de plantio, como subsoladores, tratores agrícolas e aplicadores de herbicida, são as mais importantes na operação florestal de plantio e colheita. Essas máquinas geralmente são desenvolvidas por grandes fornecedores estrangeiros, mas precisam de modificações e adaptações em parceria com empresas produtoras de celulose, pois a maioria é adaptada de outras culturas agrícolas. Já quanto ao monitoramento das florestas, destaca-se o uso, em parceria com fornecedores, de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) para análise de imagens via satélite. Contudo, alguns desafios quanto a essa tecnologia devem ser superados por envolverem áreas rurais. Esses aspectos foram ressaltados pelo gerente Florestal da empresa Delta:

A utilização de novas tecnologias para monitoramento das máquinas e das florestas, como o uso de veículos não tripuláveis, ainda esbarra na comunicação. É uma área rural, então nem sempre se consegue uma abrangência total. Se uma máquina for para uma região onde não há sinal, então não funcionará. Isso está evoluindo bem; já implantamos o uso dessa tecnologia, mas tem muita coisa ainda para acontecer. Fazer um monitoramento das máquinas de colheita e mapear a produção, a produtividade e a reposição das árvores são caminhos que estão avançando, mas ainda precisam de melhorias.

Dessa maneira, três aspectos principais diferenciam as empresas que integram o Padrão 2 Florestal das que compõem o Padrão 1 Florestal de acumulação de capacidades tecnológicas: (i) organização das atividades inovadoras, visto que as empresas do Padrão 1 Florestal não possuem centros de pesquisa formais estabelecidos como as do Padrão 2 Florestal; (ii) periodicidade dos processos inovadores, uma vez que as empresas do Padrão 1 Florestal fazem modificações complexas em seus processos florestais, mas não de maneira contínua, como as empresas do Padrão 2 Florestal; (iii) parcerias com universidades e institutos de pesquisa, dado que as empresas do Padrão 1 Florestal fazem poucas parcerias em atividades inovadoras florestais quando comparadas com as empresas do Padrão 2 Florestal. Vale destacar, no entanto, que as atividades inovadoras desempenhadas pelas empresas do Padrão 2 Florestal não são novas para o mundo ou buscam novas linhas de negócio. Esta é uma característica das empresas do Padrão 3 Florestal, abordadas a seguir.

(iii) Padrão 3 Florestal de acumulação de capacidades tecnológicas: manutenção em capacidade inovadora de liderança mundial

O Padrão 3 Florestal de acumulação de capacidades tecnológicas é composto por empresas que mantiveram suas capacidades inovadoras no patamar de liderança mundial em todo o período estudado. São empresas que estabilizaram sua capacidade de implementar atividades inovadoras à base de P&D e engenharia avançada relativas à criação e desenvolvimento de tecnologias novas para o mundo e que abrem oportunidades para a entrada em novos negócios na operação florestal. Neste caso, as empresas possuem departamentos formais de P&D florestal que envolvem produções florestais de ponta em direções substancialmente diferentes das linhas convencionais de P&D já realizadas pela indústria mundial de celulose e papel.

As evidências da pesquisa sugerem que as empresas do Padrão 3 Florestal desenvolveram, por meio de P&D em parceria ou não, tecnologias transgênicas ou de melhoramento genético para a produção florestal em nível comercial e/ou experimental; integração efetiva de *data mining* em bioinformática para aplicações operacionais de pesquisa genética; e novos meios de monitoramento para cálculo de produtividade, evotranspiração das áreas de plantio e preservação por tipo de material genético. Assim,

elas não apenas aplicaram essas atividades inovadoras, como também avançaram em nível de liderança mundial.

A pesquisa genética, seja em modificação, seja em melhoramento, é a característica principal das empresas que compõem o Padrão 3 Florestal de acumulação de capacidades tecnológicas. Neste caso, vale ressaltar que as trajetórias tecnológicas de melhoramento e modificação genética são passíveis de ser classificadas em termos de capacidade inovadora de liderança mundial, desde que ambas avancem em atividades inovadoras à base de P&D em linhas novas para o mundo.

Com relação à pesquisa de Organismos Geneticamente Modificados (OGMs), os estudos concentraram-se no eucalipto e já são realizados por empresas brasileiras desde a década de 1990. As três empresas pertencentes ao Padrão 3 Florestal, representadas pelas letras gregas Alfa, Beta e Gama, encontravam-se em estágios diferentes com relação ao eucalipto geneticamente modificado. A empresa Beta, por exemplo, lançou a primeira variedade transgênica de eucalipto do mundo, chamada H421, que foi permitida para uso comercial no Brasil em 2015 (ver Boxe 5.2). Já a empresa Alfa realizou estudos e experimentos de campo com o eucalipto geneticamente modificado, mas seus esforços são mais voltados para o melhoramento genético, possuindo uma visão estratégica que combina o melhoramento tradicional e a tecnologia transgênica. Por fim, a empresa Gama também realizou estudos e acompanhamento de tecnologias de OGM, mas ainda não em nível comercial, como a empresa Beta, ou experimental, como a empresa Alfa. A empresa Gama apostou na técnica de melhoramento genético tradicional, feito por meio de cruzamento de variedades, para garantir melhores resultados de produtividade e qualidade da madeira. A empresa, por exemplo, focou no desenvolvimento de eucalipto resistente ao frio da região Sul do Brasil, com a criação de três variedades de árvore para essa modalidade. Segundo avaliação do diretor Executivo de Planejamento, Projetos e Tecnologia da empresa Gama, ainda há muito para desenvolver no modelo de melhoramento tradicional, porém a modificação genética seria um caminho inevitável:

No que temos acompanhado até hoje, os resultados obtidos pela hibridização de espécies são muito mais rápidos e eficientes do que os da modificação genética. Ainda assim, internamente temos pessoas acompanhando esse desenvolvimento e formulando protocolos de pesquisa de como introduzir as modificações genéticas. No momento que decidirmos que se chegou ao limite do modelo tradicional de

hibridização, estaremos preparados para mudar a rota de desenvolvimento para a modificação genética.

Boxe 5.2. H421: a primeira variedade de eucalipto transgênico do mundo

Em junho de 2015, a CTNBio, órgão responsável no Brasil pela avaliação de produtos transgênicos, aprovou a comercialização de uma variedade de eucalipto geneticamente modificada. A variedade em questão trata-se do H421, eucalipto transgênico criado pelo departamento de tecnologia da empresa Beta. No Brasil, estudos de campo com árvores de eucalipto transgênicas são realizados desde a década de 1990; outras empresas brasileiras também realizam pesquisas e/ou experimentações de OGMs, mas nenhuma ainda em fase comercial. No exterior, empresas de biotecnologia, como a estadunidense ArborGen e a sueca SweTree Technologies, também se dedicam à pesquisa e ao desenvolvimento de árvores transgênicas.

O H421, no entanto, trata-se do primeiro produto transgênico que altera diretamente a produtividade de uma planta. Até o momento, as variedades vegetais transgênicas bem-sucedidas no mercado, como a soja e o milho, focavam, por exemplo, em mudanças mais simples relacionadas à resistência a herbicidas ou pragas. Entre as propriedades prometidas da nova variedade de eucalipto, pode-se destacar uma produtividade até 20% superior e um tempo de rotação de cinco anos e meio, contra os sete anos normais de uma variedade padrão no Brasil. Esse tipo de resultado impacta diretamente na produtividade e na redução do tamanho das florestas, o que ocasiona, por sua vez, redução de custos.

Apesar da liberalização de uso comercial pela CTNBio, o eucalipto transgênico da empresa Beta ainda esbarra na aceitação mundial e no uso de certificações. A quase totalidade dos grandes usuários globais de celulose e papel exige que as empresas do segmento adquiram selos e certificações verdes, como o FSC, cujo certificado é um pré-requisito para a entrada de produtos de origem florestal em países desenvolvidos. O uso comercial de produtos originados de OGMs é um tema delicado e polêmico e sofre muita resistência de associações ambientais e sociais devido às dúvidas que esses produtos podem causar em termos de segurança alimentar e impacto ambiental. Estudos feitos por técnicos da CTNBio garantiram o baixo impacto ambiental do H421. Falta a comunidade internacional avaliar o uso comercial do primeiro eucalipto geneticamente modificado do mundo.

Fonte: Os autores (2016), com base em evidências da pesquisa, CNI (2015) e Myburg et al. (2014).

Quanto à tecnologia de monitoramento florestal, as empresas pertencentes ao Padrão 3 Florestal destacaram-se por desenvolverem e utilizarem modelos para o cálculo de produtividade, conservação de nutrientes, melhoria da qualidade da água e preservação das áreas de plantio. O mapeamento é realizado discriminando os diferentes tipos de solo, alterações de clima e sucessivos ciclos de plantio por tipo de material genético. No tocante ao processo de plantio, essas empresas, como a Gama, já praticavam o plantio de mudas com tubetes de papel degradáveis, tecnologia estrangeira consolidada no mundo, que substitui os tubetes de plástico tradicionais e resulta em redução de custos significativos. O uso de tubetes de papel degradáveis gera ganhos de produtividade, uma vez que não precisam ser retirados na hora do plantio, evitando, assim, perda de substrato ou estresse da muda antes de ser plantada. Já a empresa Alfa vem investindo em um sistema de viveiro totalmente automatizado de todo o processo de produção de mudas de eucalipto, envolvendo as etapas de transporte, manuseio, seleção, irrigação, nutrição, controle

meteorológico e estatísticas mais precisas de material genético e desenvolvimento das plantas³⁵.

Portanto, a principal característica das empresas do Padrão 3 Florestal de acumulação de capacidades tecnológicas refere-se às pesquisas e desenvolvimento de tecnologias de modificação e melhoramento genético do eucalipto, compondo uma trajetória tecnológica própria de fibra curta. Esse é o principal critério que diferencia essas empresas das que pertencem aos padrões 1 e 2, destacados anteriormente. As atividades inovadoras das empresas do Padrão 3 Florestal, assim como das empresas do Padrão 2 Florestal, envolvem muitas parcerias com universidades, institutos de pesquisa e outras empresas competidoras. O projeto Genolyptus, descrito no Boxe 5.1, por exemplo, envolveu as empresas do Padrão 3 Florestal.

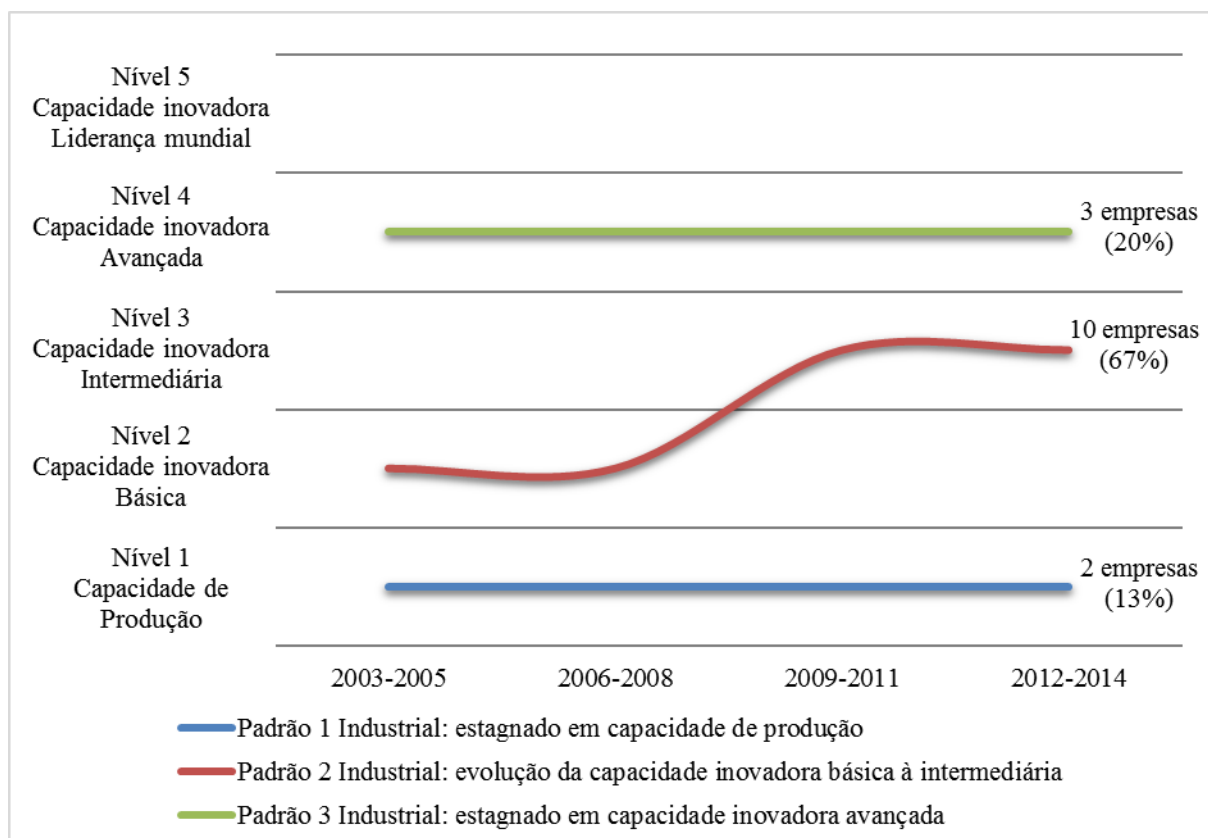
Cumprido destacar que as empresas deste padrão possuem um longo histórico de acumulação de capacidades tecnológicas na área florestal, como foi observado na subseção 4.3 sobre o *background* da indústria de celulose e papel no Brasil. Logo, a manutenção em um padrão de liderança mundial tem como pano de fundo um histórico de trajetória tecnológica longa, desenvolvida graças aos esforços de pesquisa e desenvolvimento genético de mudas, fomentados em seu início por políticas públicas de financiamento. Esses esforços continuaram nos últimos anos, muitas vezes realizados em parceria com universidades e institutos de pesquisa.

5.1.2.2 Padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área industrial

Assim como foi feito para a área florestal, a partir dos resultados encontrados na subseção 5.1.1.2, por meio da Figura 5.3 e da Figura 5.6, que mostram o número e proporção de empresas que atingiram seus níveis máximos de capacidade tecnológica na área industrial para cada período, esta subseção traça três trajetórias distintas de acumulação de capacidades tecnológicas na área industrial. A Figura 5.12 representa essas trajetórias.

³⁵ Site da empresa Alfa.

Figura 5.12. Padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área industrial (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

A Figura 5.12 evidencia três padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área industrial: (i) Padrão 1 Industrial: estagnado em capacidade de produção, representando 13% das empresas; (ii) Padrão 2 Industrial: evolução da capacidade inovadora básica à intermediária, representando 67% das empresas; (iii) Padrão 3 Industrial: estagnado em capacidade inovadora avançada, representando 20% das empresas. Somente o Padrão 2 Industrial não se manteve estável em todo o período analisado, porém representou a maioria das empresas da amostra. Assim como ocorreu com os padrões na área florestal, o ponto de inflexão do Padrão 2 Industrial foi entre os triênios 2006-2008 e 2009-2011.

Pode-se perceber que, ao contrário das capacidades tecnológicas encontradas na área florestal, nenhuma empresa de celulose e papel estudada possuía capacidade tecnológica em um padrão de liderança mundial na área industrial. Apesar de 76% das empresas terem acumulado capacidade inovadora avançada ou de liderança mundial na área florestal em 2012-2014, apenas 20% apresentaram capacidade inovadora avançada na área industrial no mesmo período. As características principais de cada um dos três padrões na área industrial são destacadas a seguir.

(i) Padrão 1 Industrial de acumulação de capacidades tecnológicas: estagnado em capacidade de produção

O Padrão 1 Industrial de acumulação de capacidades tecnológicas é composto por empresas que não acumularam níveis de capacidade inovadora ao longo dos quatro triênios observados, de modo que permaneceram estagnadas no nível de produção. Elas demonstraram capacidade para implementar atividades de produção com base no uso de tecnologias e sistemas de produção existentes, foram aptas a produzir de forma eficiente de acordo com as tecnologias disponíveis no mercado, utilizaram a padronização de solução de problemas e processo de produção e implantaram controles de qualidade e certificações relacionadas ao setor. Contudo, não realizaram atividades relacionadas à P&D, bem como não possuíam capacidade de fazer pequenas melhorias em processos e produtos.

As empresas deste padrão não possuem florestas próprias, sendo pequenas produtoras não integradas de papel, tampouco parcerias com universidades ou institutos de pesquisa. As parcerias, geralmente com fornecedores de máquinas e equipamentos e consultores, estão voltadas para o processo produtivo, não envolvendo troca de conhecimento ou desenvolvimento e adaptação em conjunto de novos processos e produtos.

As evidências da pesquisa sugerem que as empresas que pertencem ao Padrão 1 Industrial implementaram controles não sistemáticos de processos de qualidade de acordo com as recomendações ambientais e avaliação de processos de depuração e “desgargalamento” da linha de produção de forma autônoma. Com relação às atividades relacionadas a produtos, acumularam capacidades para garantir a qualidade de produtos por meio de processos de produção de acordo com as especificidades dos clientes e do órgão regulamentador da indústria, as normas técnicas de desempenho e as mudanças de demanda do mercado.

Como o Padrão 1 Industrial de acumulação de capacidades tecnológicas compreende, durante todos os períodos, o nível 1 de capacidade tecnológica e se refere ao mínimo que a empresa pode acumular, as atividades citadas no parágrafo anterior relacionam-se a práticas básicas, comuns e até obrigatórias das operações industriais. A empresa que não obedece às especificidades, normas e critérios de qualidade exigidos pelos seus clientes não sobrevive à concorrência do mercado. As empresas do Padrão 1 Industrial, assim como todas as outras

pesquisadas, cumpriram as exigências de qualidade da produção e do produto, aderentes às normas internacionais de gestão de qualidade, mas, por outro lado, não foram capazes de realizar pequenas adaptações ou melhorias em seus processos e produtos entre 2003 e 2014. Dessa maneira, o Padrão 1 Industrial é composto por empresas que não inovaram e que não fizeram pequenas melhorias em seus processos produtivos e produtos.

(ii) Padrão 2 Industrial de acumulação de capacidades tecnológicas: evolução da capacidade inovadora básica à intermediária

O Padrão 2 Industrial de acumulação de capacidades tecnológicas é composto por empresas que evoluíram sua capacidade inovadora básica para intermediária, entre os triênios 2006-2008 e 2009-2011. Essas empresas, entre 2003 e 2008, eram capazes de implementar pequenas adaptações e melhorias em tecnologias de processo e produto baseadas em engenharias e modificações e, a partir daí, acumularam suas capacidades para implementar modificações relativamente complexas.

As evidências da pesquisa sugerem que as empresas deste padrão evoluíram sua capacidade de realizar atividades tecnológicas específicas de melhorias de processos e produto na área industrial. Até o triênio 2006-2008, por exemplo, apenas eram capazes de selecionar e assimilar novidades e pequenas adaptações de forma não contínua em tecnologias de processos em fases como branqueamento, polpação e automação, além de aplicar sistemas de gerenciamento estratégico por métricas de desempenho, com suporte de tecnologias da informação (simulação de processos, *Enterprise Resource Planning* – ERP, sistemas de supervisão etc.). Já a partir do triênio 2009-2011, essas empresas passaram também a realizar modificações mais complexas, como novas características e diferenciação dos produtos, padronização como resultado de automação de forma contínua, processos de engenharia reversa e desenvolvimento de controles de sistema de avaliação e produção para elaboração de novos projetos.

Uma característica geral das empresas que compõem o Padrão 2 Industrial é a implementação de melhorias no processo industrial por meio de progressos em eficiência energética. Diretores e gestores dessas empresas ressaltaram a busca contínua por menor consumo de água, energia e vapor, menores perdas de fibras e reaproveitamento de insumos

e resíduos, como o licor negro, por meio da queima em caldeiras de biomassa para a geração de energia ou de outros produtos utilizados no próprio processo produtivo. Em estudo anterior³⁶, algumas das principais empresas de celulose e papel mostraram significativas melhorias em certos parâmetros de desempenho de processo na produção de celulose e papel no período entre 2000 e 2009. Entre os resultados médios encontrados, destaca-se uma redução no consumo de água de 1,3% ao ano na produção de celulose e de 5% ao ano na produção de papel, de energia elétrica de 2,8% ao ano e de vapor de 3,4% ao ano, como também nas perdas de fibras de 2% ao ano. Ressalta-se que os valores encontrados foram equivalentes aos obtidos pelos melhores padrões tecnológicos disponíveis na Finlândia e na União Europeia³⁷.

Nesse contexto de melhorias e ganhos em eficiência energética, as empresas que possuem florestas apresentaram maiores vantagens por poderem queimar cascos e galhos das árvores que não são aproveitados no processo produtivo. Esses avanços em eficiência energética geralmente são feitos em parceria com fornecedores, para serem adequados a uma planta de celulose e papel. Um exemplo de reaproveitamento de resíduos feito em parceria foi compartilhado pelo diretor Comercial da empresa Teta:

Fizemos uma joint venture com uma empresa estrangeira que nos deu know-how para sequestrar o carbono que é emitido pelo forno, que é transformado em bicarbonato de cálcio e utilizado na produção de papel.

A busca contínua por eficiência energética vem não só reduzindo os custos das empresas, como também as protegendo da crise energética enfrentada pelo Brasil nos últimos anos. Algumas empresas já conseguem não só ser autossuficientes em energia, mas também gerar excedentes para venda no mercado, tornando-se uma nova linha de negócio. Vinte por cento da receita da empresa Épsilon, por exemplo, é representada pela venda de energia elétrica. Vale ressaltar que a venda ou a autossuficiência em energia acontece mais nas empresas que possuem a celulose como produto final, enquanto as empresas integradas consomem mais energia para a posterior produção de papel. Entretanto, até mesmo algumas que não possuem florestas próprias e se encontram no Padrão 2 Industrial investiram em energia de biomassa. O gerente Industrial da empresa Lambda e o gerente Geral de Projetos

³⁶ Ver Figueiredo (2014).

³⁷ Ibid.

da empresa Iota, ambas apenas produtoras de papel, ressaltaram a modernização e as adaptações em suas fábricas no período recente, respectivamente:

Uma inovação para a empresa que fizemos foi a substituição de gás natural pela biomassa para geração de energia térmica na caldeira. Já era um processo conhecido, mas não existia para nossa empresa e para várias outras. Compramos uma caldeira de biomassa e usamos madeira reciclada nela.

Nossa empresa tem buscado sistematicamente a redução do consumo de água por m³/t de papel. Temos um projeto que adaptamos a partir de tecnologia nova estrangeira de tratamento de água de processo para conseguir uma reciclagem maior diminuindo o consumo de água fresca. Quando você diminui o consumo na entrada, conseqüentemente minimiza o efluente na saída, diminuindo os impactos que a empresa pode causar.

Para as empresas produtoras de papel não integradas, foi possível perceber maiores oportunidades no mercado de papéis sanitários (*tissue*). Para o gerente Geral de Projetos da empresa Iota, o mercado de papéis higiênicos abriu caminhos para a inserção da empresa em novas linhas de negócio, como fraldas e absorventes, e visa à entrada para outros novos produtos cosméticos. A busca constante por produtos de maior qualidade, aliada à inserção em novos produtos que aumentem a receita de venda, impacta diretamente na competitividade da empresa. Esta foi a visão do gerente Geral de Projetos da empresa Iota:

Desde que entramos no mercado de papéis higiênicos, viemos melhorando sistematicamente nosso produto final até alcançar uma ótima qualidade. Nosso produto de papel higiênico de folha dupla, por exemplo, tem uma característica muito diferente da dos nossos concorrentes no mercado. Incorporamos a tecnologia de 'ponta a ponta' dos papéis toalhas, que dá relevo ao produto, aos nossos papéis higiênicos. Isso faz o papel ganhar volume, apresentando maior maciez, melhor aparência na gôndola e uma absorção maior. O resultado disso é que aumentamos a participação de vendas no mercado nacional, com a produção na máxima capacidade instalada e com crescimento médio acima de 20% ao ano.

Ao contrário das oportunidades trazidas pelo mercado de papéis sanitários, o gerente Industrial da empresa Lambda, produtora não integrada de papel do tipo I&E, ressaltou as dificuldades de um mercado com menor crescimento e muito competitivo diante de grandes empresas integradas especializadas nesse tipo de produto no Brasil e no exterior. Dessa maneira, processos mais produtivos, por meio de melhorias em eficiência energética e modificações contínuas nas máquinas de papel em parceria com fornecedores, são fundamentais para que a empresa mantenha um nível de capacidade inovadora

intermediária da área industrial e, conseqüentemente, sua competitividade. O gerente Industrial da empresa Lambda ressaltou a necessidade de possuir capacidade de modificar, adaptar e até absorver processos produtivos complexos em conjunto com os fornecedores, para adoção de novos produtos para a empresa:

Fizemos um projeto de modernização e adaptação de uma máquina de papel nossa para a produção de papel reciclado. Como nós tínhamos um contexto de recessão de recursos próprios para fazer o trabalho com uma grande fornecedora multinacional, referência em máquinas de papel, optamos por fazer parcerias com empresas mais baratas nacionais, mas com qualidade. Foi um conjunto de 20 empresas. A tecnologia veio dos próprios fornecedores de equipamentos, mas houve necessidade de algumas soluções e modificações específicas para situações não usuais, feitas em parceria com esses fornecedores. O resultado é que conseguimos fazer um projeto muito mais econômico e ultrapassamos o limite de produtividade da máquina, tornando-nos referência no setor. Então, nós nos apoiamos muito em tecnologias já prontas no mercado de fornecedores de produtos químicos e equipamentos, mas, para isso, temos uma bagagem interna de conhecimento para poder escolher, modificar e até adotar essas soluções.

Consoante os exemplos levantados, a característica principal das empresas que compõem o Padrão 2 Industrial de acumulação de capacidades tecnológicas dá-se por meio de melhorias contínuas em eficiência energética nos processos de produção. Tal característica distingue as empresas deste padrão das do Padrão 1 Industrial, retratadas anteriormente, pois estas não implementaram nenhuma melhoria em seus processos produtivos no período de estudo. As melhorias contínuas implementadas pelas empresas do Padrão 2 Industrial ocorreram normalmente em parceria com fornecedores e geraram não só reduções de custo e ganhos de produtividade, mas também oportunidades de entrada em novas linhas de negócio, como venda de energia elétrica. A produção e venda de energia, no entanto, não chegam a ser caracterizadas como novas linhas de negócio em nível mundial, visto que estão bastante difundidas na indústria mundial de celulose e papel.

Entre as empresas do Padrão 2 Industrial, as que possuem florestas apresentaram vantagens com relação às que não as possuem, por meio do reaproveitamento dos resíduos das árvores na geração de energia e insumos utilizados na matéria-prima (licor negro, bicarbonato de cálcio etc.). Mesmo assim, as empresas que apenas produzem papel e se encontram no Padrão 2 Industrial também investiram em ganhos de eficiência energética na modernização de suas máquinas de papel, em parceria com fornecedores, para a produção de produtos de maior qualidade. Nesse aspecto, a relação com o fornecedor de

máquinas e equipamentos não se restringe apenas ao comercial, mas também envolve o desenvolvimento dos processos. Por fim, a falta de departamentos formais de P&D na área industrial diferencia as empresas do Padrão 2 Industrial das empresas do Padrão 3 Industrial, que serão retratadas a seguir.

(iii) Padrão 3 Industrial de acumulação de capacidades tecnológicas: estagnado em capacidade inovadora avançada

O Padrão 3 Industrial de acumulação de capacidades tecnológicas é composto por empresas que se mantiveram estagnadas no nível 4 de capacidade inovadora avançada durante todo o período estudado. As empresas deste padrão demonstraram capacidade para implementar atividades inovadoras próximas àquelas realizadas pelos líderes mundiais, refletindo uma estratégia *fast follower*, à base de P&D aplicados e engenharia, internamente e/ou em colaboração. No entanto, essas empresas não conseguiram evoluir para o nível 5 de capacidade inovadora de liderança mundial na área industrial, pois não avançaram em tecnologias novas para o mundo nem se envolveram em oportunidades de diversificação em novos produtos e processos.

As evidências da pesquisa sugerem que as empresas pertencentes ao Padrão 3 Industrial realizaram projetos de introdução de novos processos e produtos por meio de linhas já existentes de P&D industrial, como, por exemplo, produção de papel com misturas de fibras, novos processos de impressão de embalagens, introdução de novos produtos baseados em fibras não usuais e desenvolvimento de celuloses alternativas para fabricantes de papéis personalizados. Apesar de acumularem nível de capacidade inovadora avançada na área industrial, ainda não realizam atividades em nível de liderança mundial, como, por exemplo, desenvolvimento de novos processos coordenados por esforços de P&D nos vários estágios de produção e diversificação em novos setores e linhas de negócio, com a introdução de produtos baseados em P&D próprios.

O Padrão 3 Industrial é representado por três empresas que possuem florestas próprias, sendo as mesmas que se encontram no Padrão 3 Florestal, estabilizado em capacidade inovadora de liderança mundial, destacado na subseção 5.1.2.1. Uma característica comum dessas empresas é o desenvolvimento de produtos com novas

características e gramaturas de papel e/ou novas propriedades de celulose, bem como novos processos produtivos que adaptam essas novas características e propriedades dos produtos. Esses desenvolvimentos geralmente foram realizados em parceria com fornecedores e clientes.

Um exemplo de avanço tecnológico na área industrial foi implementado pela empresa Gama. Neste caso, a empresa desenvolveu, em parceria com um cliente específico, novas embalagens líquidas com propriedade de barreiras de calor e gordura destinadas à indústria alimentícia. O desenvolvimento dessa embalagem envolveu mistura de fibras curtas e longas, sendo seu meio composto por uma pasta de alto rendimento de eucalipto. O diretor Executivo de Planejamento, Projetos e Tecnologia da empresa Gama destacou que a mistura de fibras permite que novos tipos de papel e embalagem da empresa diferenciem-se dos papéis dos concorrentes, trazendo propriedades específicas e redução de custos para novos produtos:

Na área industrial de nossa empresa, buscamos muito a redução da gramatura do papel, isto é, usar menos celulose para fazer o papel ter a resistência desejada para o cliente, o que também implica redução de custo. Por exemplo, o papel de embalagem tradicional é feito com 100% de fibra de Pinus ou produto reciclado, enquanto nós conseguimos fazer com até 80% de eucalipto, algo que não é feito em nenhum lugar do mundo. Há também uma redução no peso do produto, o que reduz seu gasto com logística.

O exemplo da criação de um novo produto da empresa Gama também envolveu o desenvolvimento e melhorias em novos processos para atendê-lo. Neste caso, as parcerias dependeram mais dos fornecedores. Não se tratava de processos completamente novos, mas de melhorias contínuas realizadas para atender e adaptar o processo de um novo produto que utiliza novas matérias-primas, como ocorre com a mistura de fibras. Segundo o diretor Executivo de Planejamento, Projetos e Tecnologia da empresa Gama, esta investiu muito nos últimos anos em qualificação de mão de obra, automação industrial, concentração de informações em salas de controle e aumento da geração de dados (*big data*). Logo, a área industrial das empresas que compõem o Padrão 3 Industrial foca-se em melhorias contínuas de seus processos produtivos. O gerente Florestal da empresa Delta ressaltou esses aspectos em termos de processos produtivos:

A área industrial está sempre trabalhando com um foco maior em processo, pensando em inovações de melhoria da eficiência aproveitadas de fornecedores, como novas máquinas, novos aditivos etc. A grande inovação que houve nesta indústria foi a adaptação do processo para fazer celulose de eucalipto. Mas o foco, hoje, até onde eu enxergo, é muito maior em melhoria de processo, de como fazer mais eficiente, do que em inovação.

O exemplo de inovação de produto da empresa Gama mostra as diferenças entre as empresas que compõem o Padrão 3 Industrial e as do Padrão 2 Industrial. Os esforços inovadores destas voltaram-se para melhorias de processos mais eficientes em termos energéticos, com envolvimento de fornecedores e sem a implementação de departamentos internos de P&D industrial. Já as empresas do Padrão 3 Industrial, além dos esforços em eficiência energética, voltaram-se ao desenvolvimento de novas características e propriedades de produtos para o mercado de celulose e papel, bem como desenvolvimento e melhoria de processos produtivos para atender a essas novas características, por meio de P&D industrial interno e/ou parcerias.

Destaca-se que nenhuma empresa pertencente ao Padrão 3 Industrial, em nenhum período, acumulou o nível 5 referente à capacidade inovadora de liderança mundial na área industrial. Isso se deve por essas empresas ainda não implementarem outras tecnologias que saiam do mercado de celulose e papel, ou seja, que abram oportunidades de diversificação em novas linhas de negócio. Como ressaltado na subseção 4.1, exemplos de novos negócios para além da celulose e papel estão sendo implementados por empresas do setor em outros países. Esses novos negócios compreendem, por exemplo, aplicações em biorrefinarias, com potencial desenvolvimento de novos bioprodutos e biocombustíveis (ver Boxe 5.3), nanocelulose e outros novos materiais que podem ser aplicados em diversas outras indústrias.

Boxe 5.3. Biorrefinarias integradas à indústria de celulose e papel

Segundo relatório da Embrapa de 2011, a biorrefinaria pode ser conceituada como uma instalação que integra processos de conversão de biomassa em biocombustíveis, insumos químicos, materiais, alimentos, rações e energia. Seu objetivo é otimizar o uso de recursos e minimizar os efluentes, maximizando os benefícios e o lucro. Esse conceito enquadra-se na indústria de celulose e papel, pois a biomassa de natureza lignocelulósica é uma fonte de carbono renovável, que potencialmente pode ser convertida em biocombustíveis ou bioprodutos, como químicos, polímeros e demais materiais. Visto a natureza da indústria de celulose tratar-se de uma *commodity*, o aproveitamento de resíduos do processo produtivo e sua conversão em novos produtos para além do papel propriamente dito surgem como oportunidades de diversificação em novos produtos, além dos ganhos de eficiência energética e menor impacto ambiental.

Existem diferentes vias tecnológicas de biorrefinarias, que variam conforme a escolha do processo, da matéria-prima e dos produtos finais a ser obtidos. Os principais processos de conversão estão associados a duas plataformas tecnológicas: bioquímica e termoquímica. Na bioquímica, enquadram-se os processos de extração, separação e conversão química ou biológica dos componentes da biomassa. Alguns exemplos de possibilidade bioquímica seriam a conversão de açúcares em biocombustíveis ou bioprodutos e da lignina em bioquímicos ou extração de compostos para valorização cosmética e farmacêutica. Já a termoquímica inclui conjuntos de processos em que tratamentos térmicos são aplicados para a conversão da biomassa em produtos como bio-óleos ou gás de síntese. Processos como pirólise, torrefação, gaseificação de biomassa e licor negro constituem exemplos dessa plataforma.

Considerando o atual processo fabril da indústria de celulose e papel no Brasil, com a grande maioria das empresas já possuindo caldeiras de biomassa para a queima de lignina e casca da madeira para geração de vapor e energia elétrica, poder-se-ia afirmar que já há algum estágio de biorrefinaria nas plantas produtivas. No entanto, há uma tentativa de expandir o conceito de biorrefinaria também a produtos mais primários da biomassa para fabricação de biocombustíveis ou bioprodutos. É justamente a expansão desse conceito que falta à maioria das empresas de celulose e papel brasileiras. Não só a criação e o desenvolvimento de novos biocombustíveis e bioprodutos necessitam de estudos e superação de desafios tecnológicos, como também competem diretamente em custo e preço com a geração de energia elétrica e com combustíveis fósseis e materiais substitutos mais baratos disponíveis no mercado.

Fonte: Os autores (2016), com base em evidências da pesquisa, Martin (2013) e Vaz Jr. (2011).

Há movimentos de algumas empresas brasileiras na direção de estudos e pesquisas nos novos segmentos descritos no Boxe 5.3, mas nenhum ainda em escala comercial. O primeiro movimento prático de uma planta de biorrefinaria integrada à indústria de celulose no Brasil é uma *joint venture* entre a empresa Alfa e outra empresa norte-americana para a produção de bio-óleos. O projeto foi anunciado em 2013, mas ainda se encontra em fase de viabilidade³⁸. A empresa norte-americana é desenvolvedora e detentora de uma tecnologia capaz de produzir combustíveis líquidos e químicos a partir de biomassa não proveniente de alimentos (*Rapid Thermal Processing* – RTP). Outras empresas no Brasil, como a empresa Gama, também dizem estar envolvidas em pesquisas de tecnologias de biorrefinaria, como geração de biocombustíveis e transformação da lignina em fibra de carbono, nada, no entanto, em escala experimental e/ou comercial.

³⁸ Segundo *site* da empresa norte-americana.

Esses pequenos esforços pontuais em tecnologias de biorrefinarias e novos produtos para além da celulose e papel perdem força diante do que está sendo verificado pela maioria dos novos investimentos da indústria de celulose e papel no Brasil em comparação com essa mesma indústria nos países desenvolvidos. Percebe-se que os novos investimentos no país estão voltados muito mais para a produção de celulose como *commodity* em larga escala. Devido à alta competitividade brasileira da celulose de eucalipto, cada vez mais as empresas estão se especializando na produção e venda da *commodity* principal. Nesse aspecto, segundo especialistas da indústria de celulose e papel presentes no *workshop* realizado pela pesquisa, as tecnologias de biorrefinarias adjacentes aos atuais parques de celulose estão se fortalecendo primeiramente na Europa e nos Estados Unidos. Como as empresas desses países são menos competitivas na venda de celulose, estes possuem motivos maiores para investir em produtos de maior valor agregado.

Quando representantes de algumas empresas estudadas foram questionados a respeito de produtos provenientes de biorrefinarias, deixaram claro que não correrão os riscos de desenvolver um novo produto incerto, com preços ainda não competitivos, esperando que essas novas tecnologias amadureçam primeiramente por meio das empresas líderes. Esta foi a visão do gerente Industrial da empresa Eta (Padrão 2 Industrial) e do diretor Executivo de Planejamento, Projetos e Tecnologia da empresa Gama (Padrão 3 Industrial), respectivamente:

Nossa empresa é fast follower em se tratando de biorrefinarias, uma vez que essa tecnologia não será exclusiva. Quem vai tentar ser líder é quem for fazer para vender. Se der certo e achamos interessante, entraremos no mercado.

Ainda achamos que os processos não são competitivos nos níveis de custo do petróleo atual. Acompanhamos iniciativas no setor para o aumento da densidade das florestas e geração de maiores níveis de biomassa para refinarias, mas a empresa não possui nenhuma atividade nessa direção, seja com, seja sem parceria.

Dessa maneira, ao contrário do Padrão 3 Florestal, o Padrão 3 Industrial não avançou para o nível 5 referente à capacidade inovadora de liderança mundial. Devido à alta produtividade e competitividade da celulose das empresas no Brasil, a busca por novas oportunidades de diversificação em novos produtos tornou-se menor, mesmo que alguns pequenos esforços tenham sido feitos. Como apresentado na subseção 4.2, a indústria de celulose no Brasil passa por um bom momento em termos de competitividade, produção e inserção internacional, porém pouca atenção é dada aos processos de biorrefinarias ou de

outros produtos novos para o mundo das empresas brasileiras, em comparação com as empresas de outros países. Esse contexto revela uma postura estratégica conservadora na área industrial das empresas de celulose e papel brasileiras, visão compartilhada por um consultor Florestal no *workshop* da pesquisa:

Enquanto o Brasil aproveita seu ganho atual de competitividade, empresas de países do hemisfério norte já perceberam a necessidade de diversificação de suas bases florestais e estão na frente na busca por essas soluções e estratégias visando ao longo prazo, como o uso, por exemplo, de biorrefinarias. Se o Brasil continuar a olhar apenas para o sucesso da celulose, com destaque em apenas um produto, e não se voltar para a diversificação como uma solução interessante, correrá o risco de perder essa janela de oportunidade tecnológica, que geraria, no longo prazo, ganhos de produtividade e competitividade.

As empresas do Padrão 3 Industrial avançaram, por meio de atividades de P&D contínuas, na introdução de novos produtos de papel com misturas de fibras, novos processos de impressão de embalagens, introdução de novos produtos baseados em fibras não usuais e desenvolvimento de celuloses alternativas. Essas atividades foram feitas em parceria com universidades, institutos de pesquisa, fornecedores e clientes. No entanto, todas essas inovações continuaram no mercado de celulose e papel. Falta a essas empresas o engajamento em novas fronteiras tecnológicas, que poderiam estar integradas a uma planta de celulose e papel, como é o caso das biorrefinarias e suas oportunidades em novos produtos. Algumas empresas de outros países e regiões, como Estados Unidos e Europa, estão à frente do Brasil quando se considera a área industrial da indústria de celulose e papel.

5.2 Influência dos mecanismos de aprendizagem na acumulação de capacidades tecnológicas na indústria de celulose e papel no Brasil (2003-2014)

O objetivo desta subseção é examinar alguns dos principais mecanismos de aprendizagem que a indústria de celulose e papel implementou de 2003 a 2014 e relacioná-los, por meio de inferências estatísticas e dados qualitativos, com os padrões de acumulação de capacidades tecnológicas nas áreas florestal e industrial identificados na subseção 5.1. 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 interna de conhecimento; (ii) *interorganizacionais*, ou seja, fluxos e ligações de saber tecnológico entre empresas e demais organizações do sistema de inovação, como universidades, institutos de pesquisa, consultores, competidores ou 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 organizadas por área tecnológica (florestal e industrial) e divididas em quatro 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 no período; a subseção 5.2.2 apresenta a relação dos mecanismos de aprendizagem com os padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área florestal; a subseção 5.2.3, por outro lado, apresenta a relação dos mecanismos de aprendizagem com os padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área industrial; por fim, a subseção 5.2.4 apresenta uma síntese dos resultados encontrados.

5.2.1 Evolução dos mecanismos de aprendizagem utilizados pela indústria de celulose e papel 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. Entende-se, como já ressaltado na seção 2, que os esforços de aprendizagem, quando realizados de forma interna, possibilitam à empresa aprofundar suas capacidades tecnológicas. Os mecanismos intraorganizacionais considerados nesta pesquisa foram detalhados no Quadro 3.8 e são representados por quatro tipos: (i) codificação de conhecimento; (ii) compartilhamento de conhecimento; (iii) integração de conhecimento; (iv) criação de conhecimento.

A quantificação do uso desses mecanismos por parte da empresa foi realizada por meio de aplicação de questionários (ver seção 3). Para cada um dos quatro mecanismos internos, até oito resultados não excludentes poderiam ser obtidos. Foram considerados

resultados: (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; (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 em produtos existentes e criação de novos conhecimentos científicos, receberá um valor igual a 2. Logo, cada empresa pode apresentar um valor que varia entre 0 e 8 para cada um de seus quatro mecanismos intraorganizacionais em cada período de tempo. Nesse mesmo exemplo, a empresa possui uma frequência de 25% (valor 2) na utilização do mecanismo de aprendizagem de codificação de conhecimento em um período de tempo específico.

Em outras palavras, a intensidade pela qual o i -ésimo mecanismo intraorganizacional é utilizado por uma empresa é definida por:

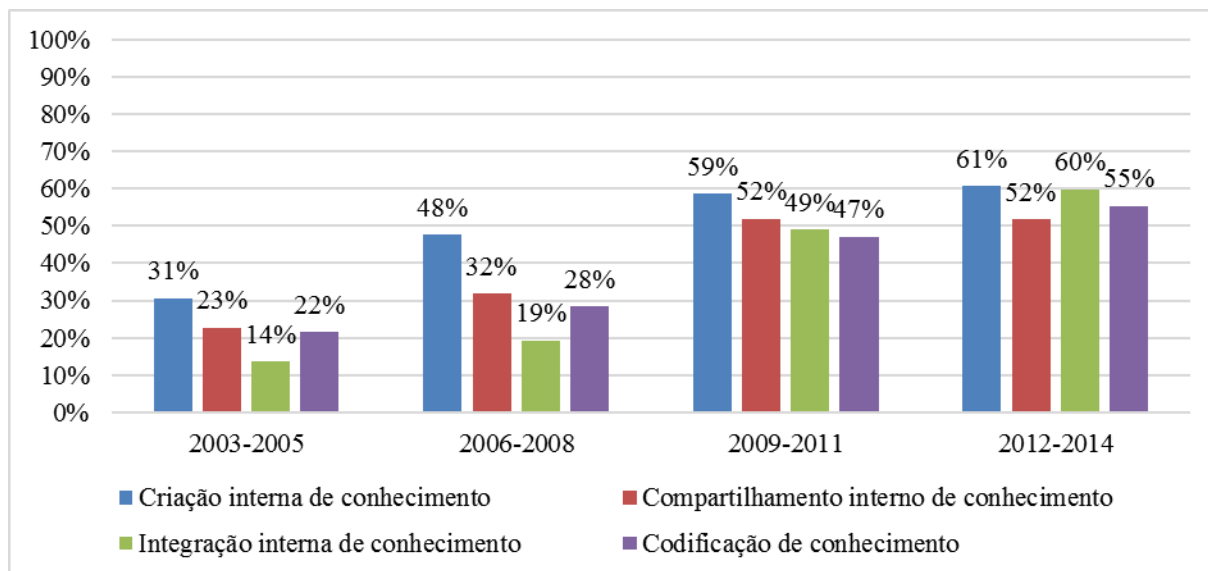
$$y_{it} = \frac{\sum_{j=1}^J y_{ijt}}{J} \quad (1)$$

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 5.13 apresenta um quadro geral da incidência de uso dos quatro tipos de mecanismo de aprendizagem intraorganizacional das empresas estudadas para cada período de tempo. Os valores em porcentagem da figura são representados pelas médias aritméticas das 15 empresas pesquisadas. Percebe-se que, ao longo do tempo, os valores de todos os mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais aumentaram, além de as diferenças entre eles terem ficado menores. Em todos os períodos, o mecanismo mais

utilizado pelas empresas estudadas foi a criação interna de conhecimento, chegando a possuir uma frequência média de 61% para o triênio 2012-2014.

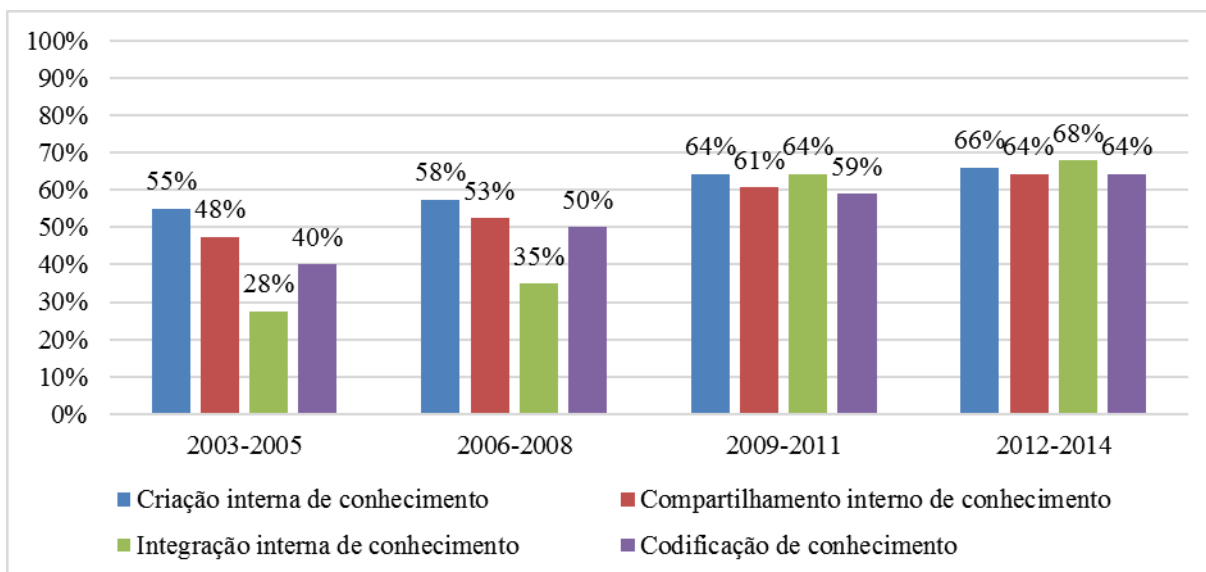
Figura 5.13. Evolução dos tipos de mecanismo de aprendizagem intraorganizacional, valores médios em % (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

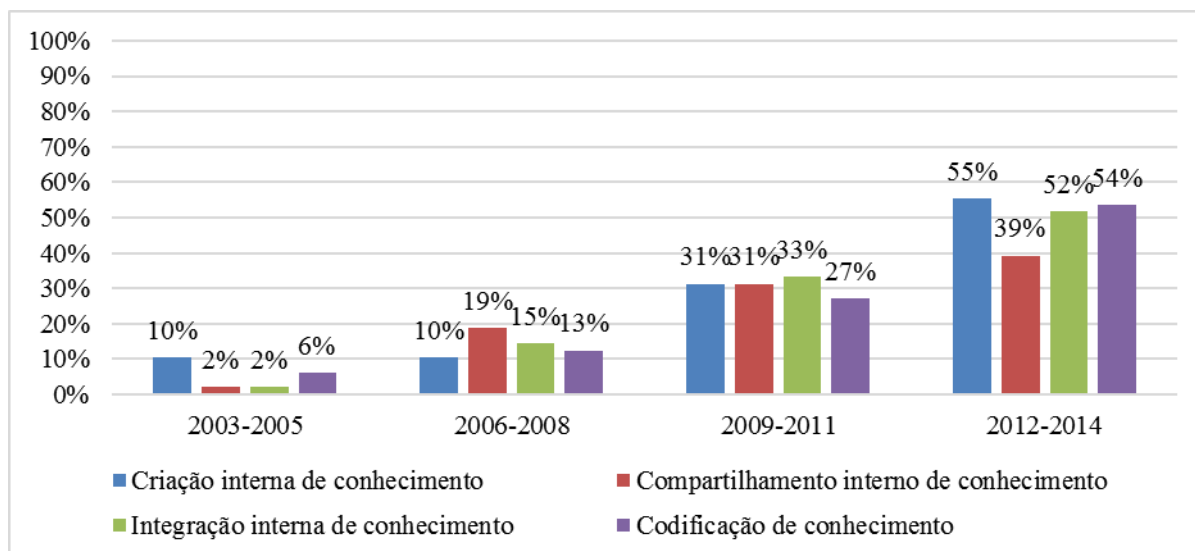
As Figuras 5.14 e 5.15 apresentam, respectivamente, a evolução dos mecanismos intraorganizacionais das empresas que possuem florestas e das empresas que não as possuem. Em ambos os tipos de empresa, houve aumento dos valores dos mecanismos ao longo do tempo, porém percebe-se uma frequência maior para as empresas que possuem florestas. Comparando os dois tipos de empresa, percebe-se também que as diferenças das frequências médias do uso dos mecanismos internos diminuíram ao longo do tempo. Por exemplo, enquanto a frequência do uso de criação interna de conhecimento em 2003-2005 foi de 55% para as empresas que possuem florestas e de 10% para as demais, essas frequências foram, respectivamente, de 66% e 55% em 2012-2014.

Figura 5.14. Evolução dos tipos de mecanismo de aprendizagem intraorganizacional para as empresas que possuem florestas, valores médios em % (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

Figura 5.15. Evolução dos tipos de mecanismo de aprendizagem intraorganizacional para as empresas que não possuem florestas, valores médios em % (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

Tipos de resultado gerados pelos mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais

Entre os oito resultados possíveis gerados pelos mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais, cada empresa pode atingir um valor que varia entre 0 e 4, representado em porcentagem, para cada período de tempo, o que equivale à quantidade de tipos de

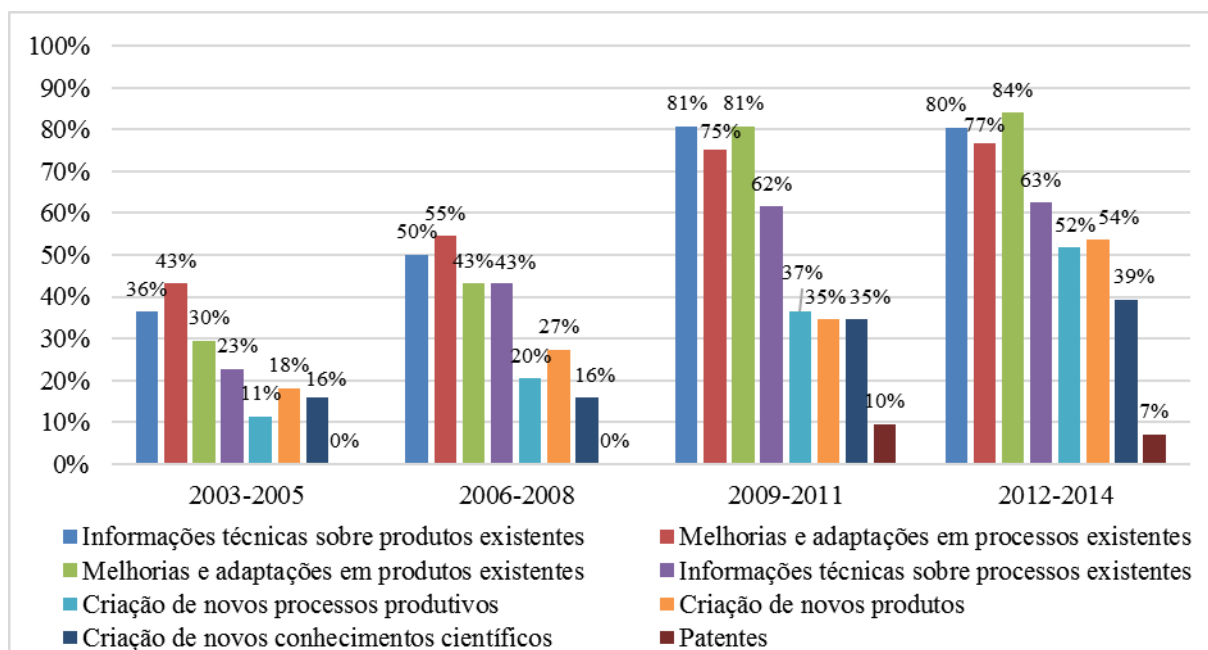
mecanismo intraorganizacional. Em outras palavras, a intensidade pela qual o j -ésimo resultado é utilizado por uma empresa é definida por:

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

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 intraorganizacionais possíveis.

A Figura 5.16 apresenta as médias desses valores em porcentagem para as 15 empresas estudadas para cada período de tempo. Observa-se que, em geral, houve aumento nos valores médios dos resultados obtidos pelos mecanismos intraorganizacionais ao longo do tempo. Para os dois primeiros períodos, o resultado mais frequente foi de melhorias e adaptações em processos existentes (43% em 2003-2005 e 55% em 2006-2008), enquanto, nos dois últimos períodos, melhorias e adaptações em produtos existentes foram mais frequentes (81% em 2009-2011 e 84% em 2012-2014). Os valores dos resultados em patentes foram inexistentes para os dois primeiros períodos e baixos para os dois últimos (10% e 7%, respectivamente).

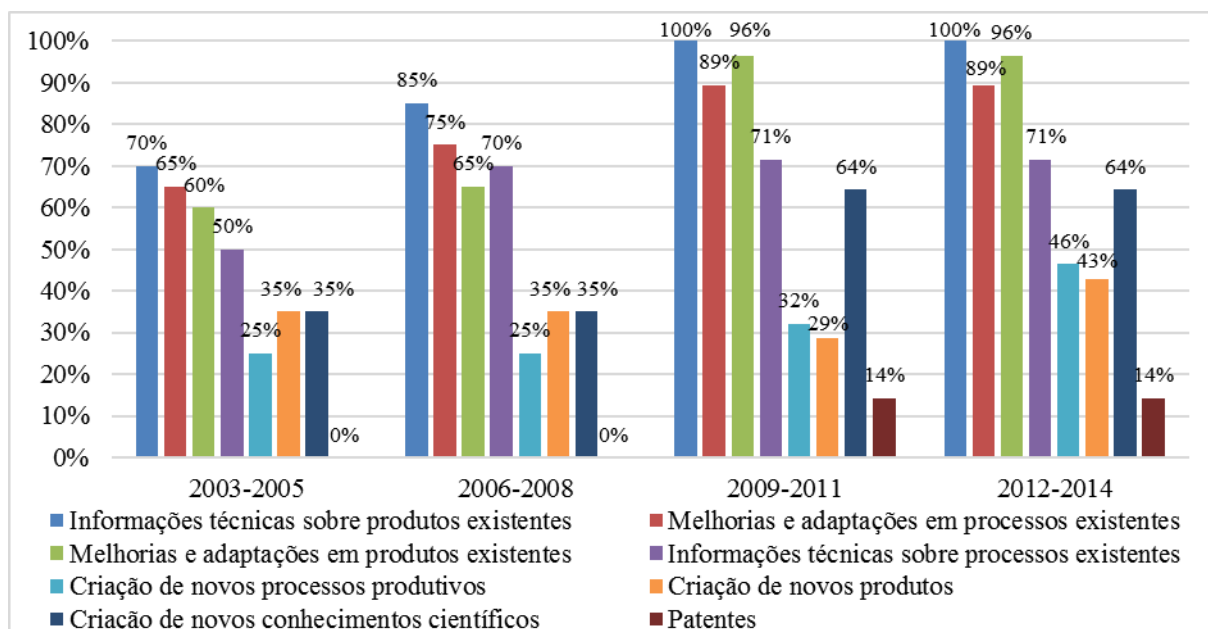
Figura 5.16. Evolução dos tipos de resultado dos mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais, valores médios em % (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

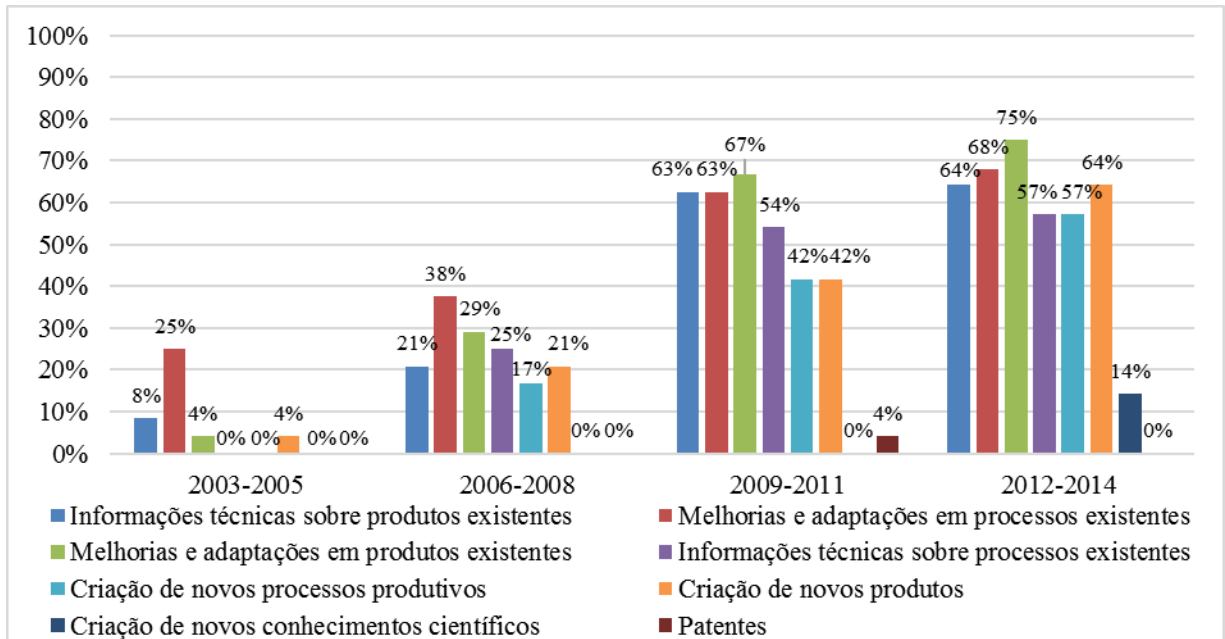
As Figuras 5.17 e 5.18 apresentam, respectivamente, a evolução dos resultados gerados pelos mecanismos intraorganizacionais das empresas que possuem florestas e das empresas que não as possuem. Percebe-se que os resultados mais frequentes foram para as empresas que possuem florestas. Destacam-se os resultados em criação de novos conhecimentos científicos e patentes, muito mais frequentes para as empresas que possuem florestas próprias. Por outro lado, a criação de novos produtos e processos por meio de mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais foi um pouco mais frequente para as empresas que não as possuem.

Figura 5.17. Evolução dos tipos de resultado dos mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais para as empresas que possuem florestas, valores médios em % (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

Figura 5.18. Evolução dos tipos de resultado dos mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais para as empresas que não possuem florestas, valores médios em % (2003-2014)

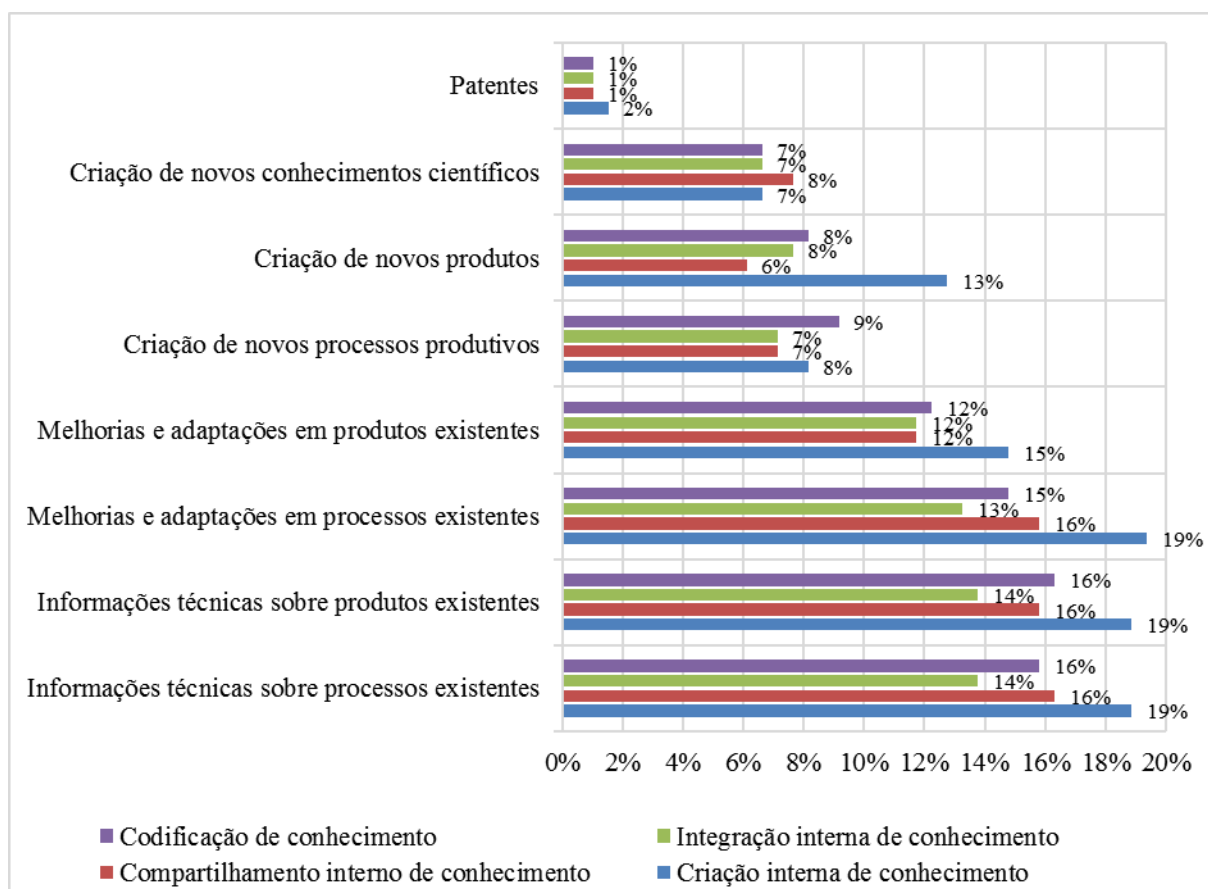


Fonte: Os autores (2016).

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

Por fim, a Figura 5.19 relaciona os tipos de mecanismo de aprendizagem intraorganizacional e seus tipos de resultado possíveis. Neste caso, foram utilizados os valores médios em porcentagem para os quatro períodos de tempo em conjunto. A figura revela que os quatro tipos de mecanismo de aprendizagem intraorganizacional estiveram presentes em todos os tipos de resultado mais ou menos na mesma proporção. Um destaque maior foi dado, no entanto, ao mecanismo de criação interna de conhecimento, com uma frequência maior na maioria dos resultados obtidos. As exceções, mas com uma diferença muito baixa, foram dos resultados em criação de novos conhecimentos científicos, com uma presença maior de compartilhamento interno de conhecimento, e criação de novos processos produtivos, com uma presença maior de codificação de conhecimento.

Figura 5.19. Relação entre os tipos de mecanismo de aprendizagem intraorganizacional e seus tipos de resultado, valores médios em % (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

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. Entende-se, como ressaltado na seção 2, que os mecanismos interorganizacionais representam os esforços de aprendizagem quando realizados de forma externa, possibilitando à empresa aprofundar suas capacidades tecnológicas. Os mecanismos interorganizacionais considerados nesta pesquisa foram detalhados no Quadro 3.9 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, por exemplo; (vii) P&D.

A quantificação do uso desses mecanismos por parte da empresa foi realizada por meio de aplicação de questionários (ver seção 3). 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 no Quadro 3.9 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; (vi) clientes. Para cada um dos seis parceiros envolvidos em cada um dos sete mecanismos interorganizacionais, até oito resultados não excludentes poderiam ser obtidos, tendo sido considerados os mesmos resultados apresentados nos mecanismos intraorganizacionais, destacados anteriormente.

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 pesquisa locais, fornecedores e firmas competidoras em um período específico (ou seja, três tipos de parceiro) e essas interações geraram, com cada um desses parceiros, criação de novos produtos, novos conhecimentos científicos e patentes (ou seja, três resultados para cada parceiro), o mecanismo interorganizacional P&D receberá um valor igual a 6 no período especificado. Logo, para cada mecanismo de aprendizagem interorganizacional, cada empresa pode apresentar um valor que varia entre 0 e 48 para cada período de tempo (seis tipos de parceiro x oito tipos de resultado interorganizacional). Nesse mesmo exemplo, a empresa possui uma frequência de 13% (valor 6 de 48 possíveis) na incidência do mecanismo de aprendizagem P&D em um período de tempo específico.

Em outras palavras, a intensidade pela qual o e -ésimo mecanismo interorganizacional é utilizado por uma empresa é definida por:

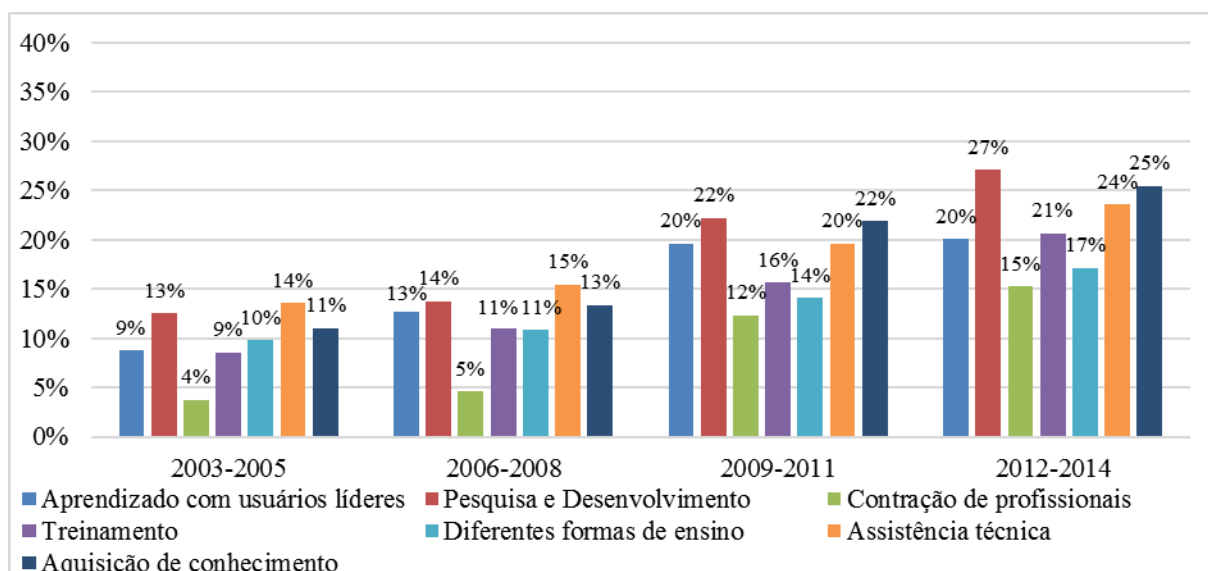
$$y_{et} = \frac{\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K Y_{ejkt}}{JK} \quad (3)$$

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 5.20 apresenta um quadro geral das empresas estudadas quanto ao uso dos sete tipos de mecanismo de aprendizagem interorganizacional para cada período de tempo. Os valores da figura são representados pelas médias aritméticas em porcentagem das 15 empresas pesquisadas. Percebe-se que, ao longo do tempo, os valores de todos os mecanismos de aprendizagem interorganizacionais aumentaram. Em todos os períodos, os mecanismos mais utilizados pelas empresas foram P&D (27% em 2012-2014), aquisição de conhecimento (25% em 2012-2014) e assistência técnica (24% em 2012-2014).

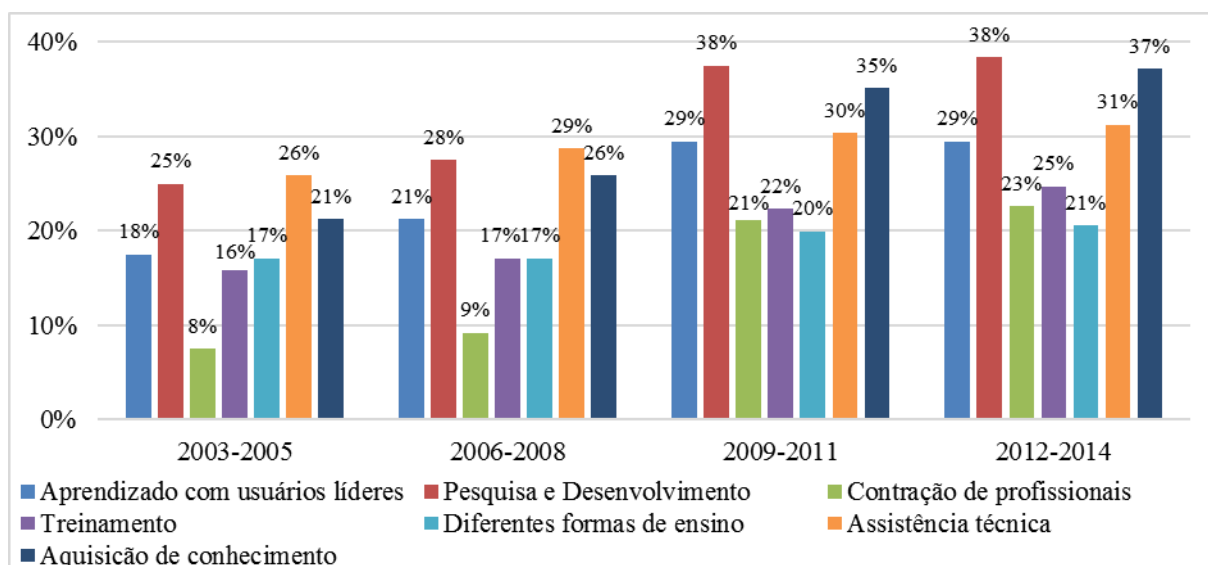
Figura 5.20. Evolução dos tipos de mecanismo de aprendizagem interorganizacional, valores médios em % (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

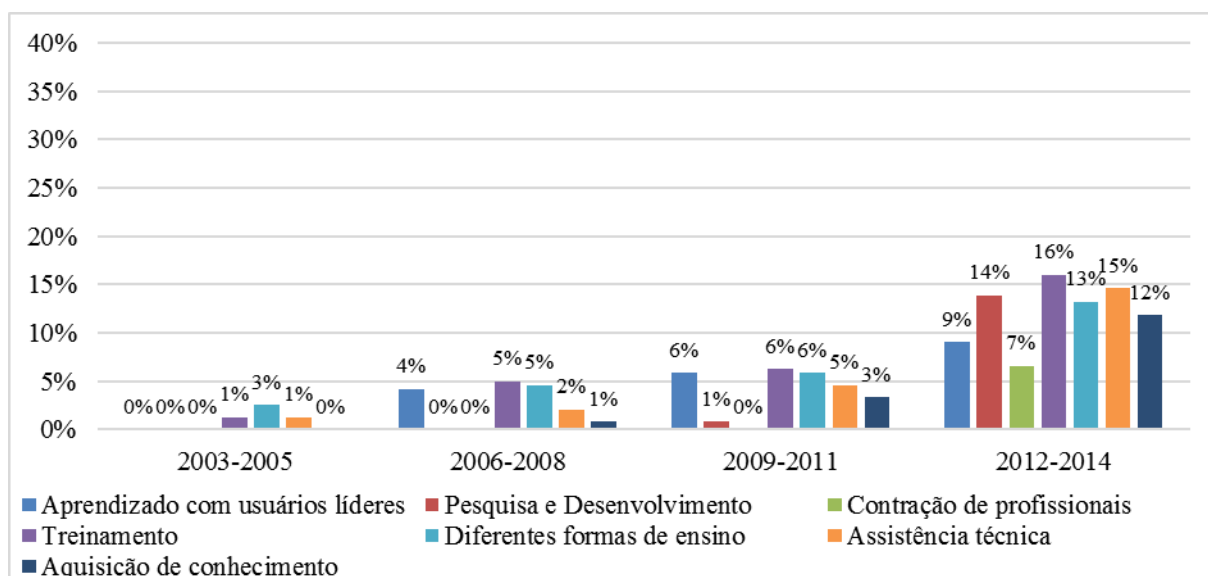
As Figuras 5.21 e 5.22 apresentam, respectivamente, a evolução dos mecanismos interorganizacionais das empresas que possuem florestas e das empresas que não as possuem. Em ambos os tipos de empresa, houve aumento dos valores dos mecanismos ao longo do tempo, porém percebe-se uma frequência bem maior para as empresas que possuem florestas. Nota-se que os mecanismos P&D e aquisição de conhecimento apresentaram incidências maiores para empresas que possuem florestas, enquanto o mecanismo treinamento apresentou uma incidência maior para empresas que não as possuem.

Figura 5.21. Evolução dos tipos de mecanismo de aprendizagem interorganizacional para as empresas que possuem florestas, valores médios em % (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

Figura 5.22. Evolução dos tipos de mecanismo de aprendizagem interorganizacional para as empresas que não possuem florestas, valores médios em % (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

Tipos de parceiro interorganizacional

Entre os seis possíveis parceiros com os quais foram realizados os mecanismos de aprendizagem interorganizacionais, cada empresa pode atingir um valor que varia entre 0 e 56, representado em porcentagem, para cada período de tempo. Esse valor equivale ao número de mecanismos de aprendizagem interorganizacionais, que são sete, multiplicado

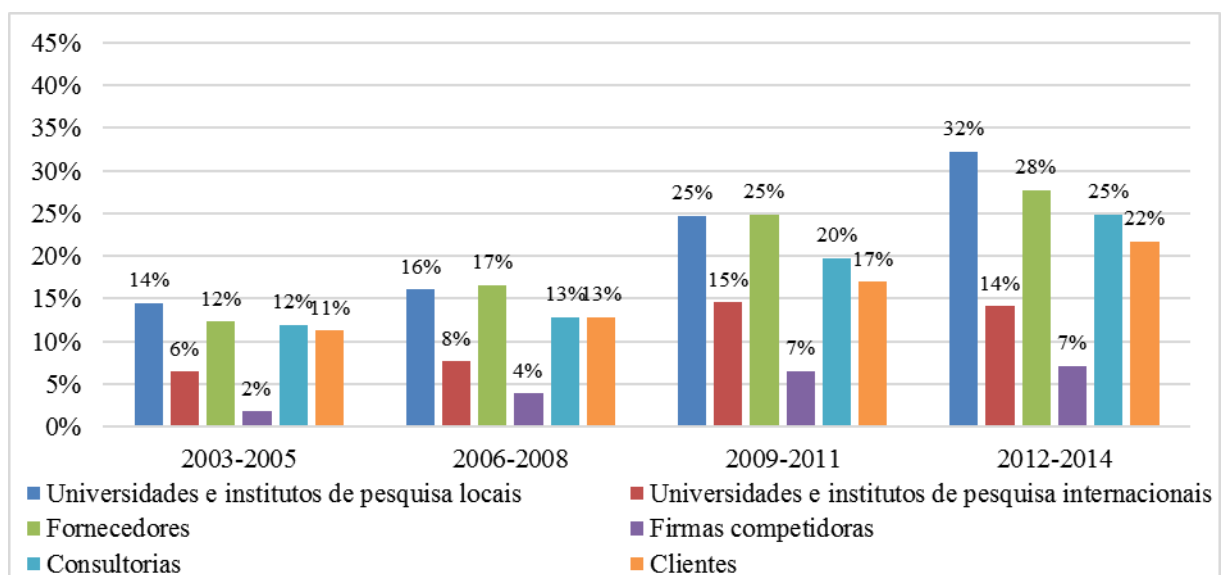
pelo número de resultados possíveis gerados por esses mecanismos, que são oito. Em outras palavras, a intensidade pela qual o k -ésimo parceiro é utilizado por uma empresa é definida por:

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

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 interorganizacionais possíveis, respectivamente.

A Figura 5.23 apresenta as médias desses valores em porcentagem para as 15 empresas estudadas em cada período de tempo. Observa-se que, em geral, houve aumento nos valores médios da incidência de parceiros interorganizacionais ao longo do tempo. Para todos os períodos, os parceiros mais frequentes foram universidades e institutos de pesquisa locais (32% em 2012-2014), fornecedores (28% em 2012-2014) e consultorias (25% em 2012-2014). As parcerias com firmas competidoras foram menos frequentes em todos os períodos.

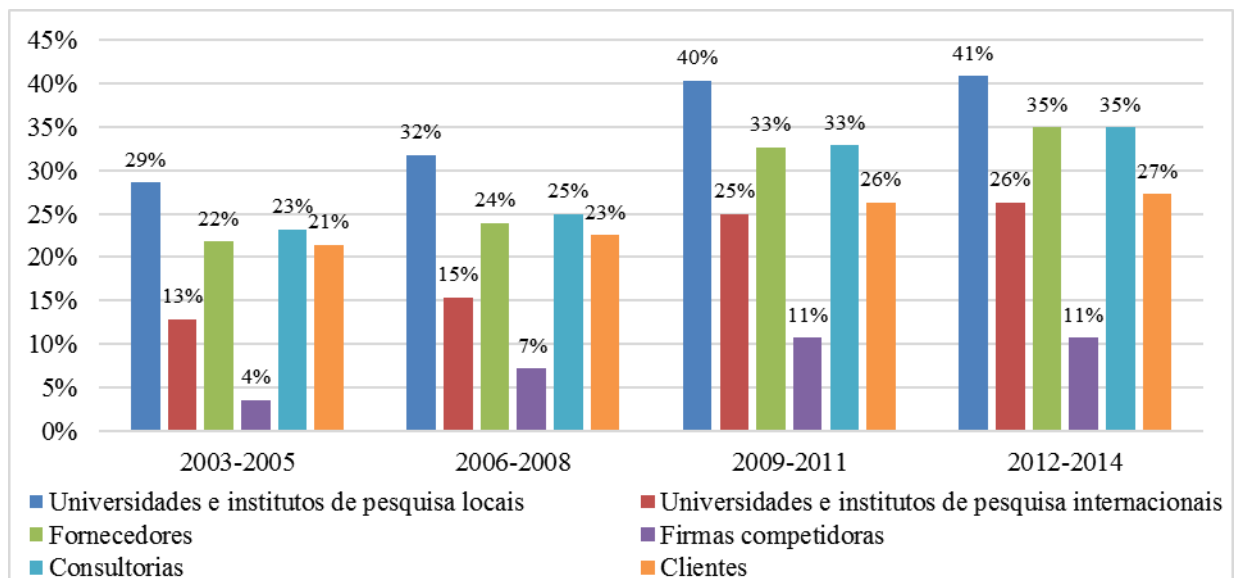
Figura 5.23. Evolução dos tipos de parceiro interorganizacional de aprendizagem, valores médios em % (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

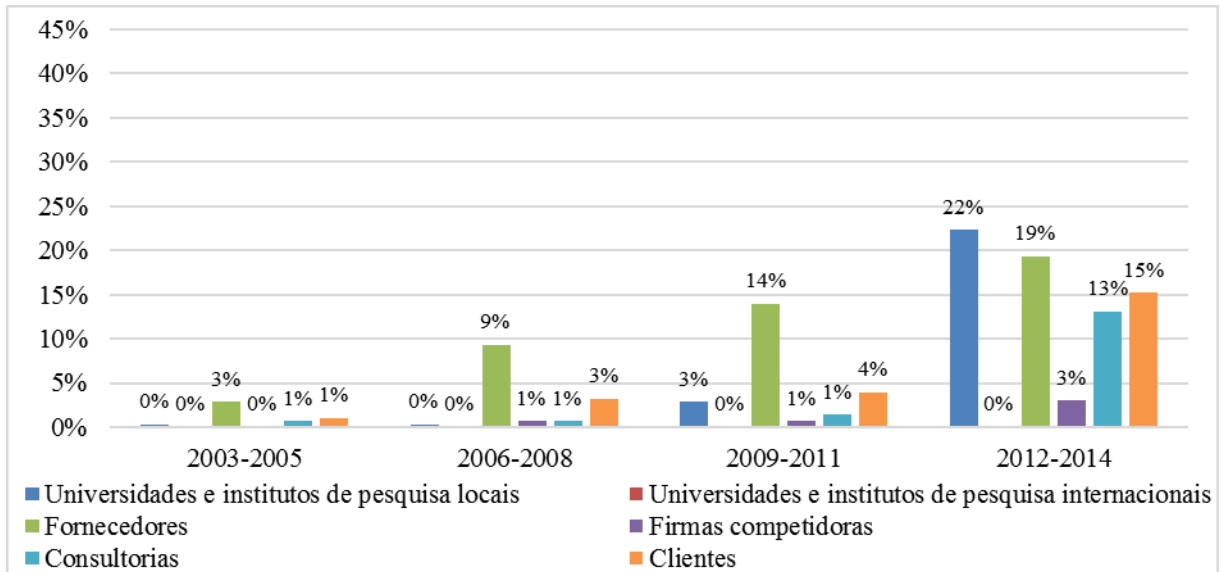
As Figuras 5.24 e 5.25 apresentam, respectivamente, a evolução da incidência de parcerias interorganizacionais das empresas que possuem florestas e das empresas que não as possuem. Percebe-se que as parcerias foram mais frequentes para a amostra de empresas que possuem florestas. Para as empresas que não as possuem, as parcerias com fornecedores destacaram-se, com uma frequência maior com universidades e institutos de pesquisa locais apenas no último período (22%). Por outro lado, parcerias com universidades e institutos de pesquisa locais apresentaram uma frequência alta para as empresas que possuem florestas em todos os períodos (41% em 2012-2014).

Figura 5.24. Evolução dos tipos de parceiro interorganizacional de aprendizagem para as empresas que possuem florestas, valores médios em % (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

Figura 5.25. Evolução dos tipos de parceiro interorganizacional de aprendizagem para as empresas que não possuem florestas, valores médios em % (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

Tipos de resultado gerados pelos mecanismos de aprendizagem interorganizacionais

Entre os oito resultados possíveis gerados pelos mecanismos de aprendizagem interorganizacionais, cada empresa pode atingir um valor que varia entre 0 e 42, representado em porcentagem, para cada período de tempo. Esse valor equivale ao número de tipos de parceiro, que são seis, multiplicado pelo número de tipos de mecanismo interorganizacional, que são sete. Em outras palavras, a intensidade pela qual o j -ésimo resultado é utilizado por uma empresa é definida por:

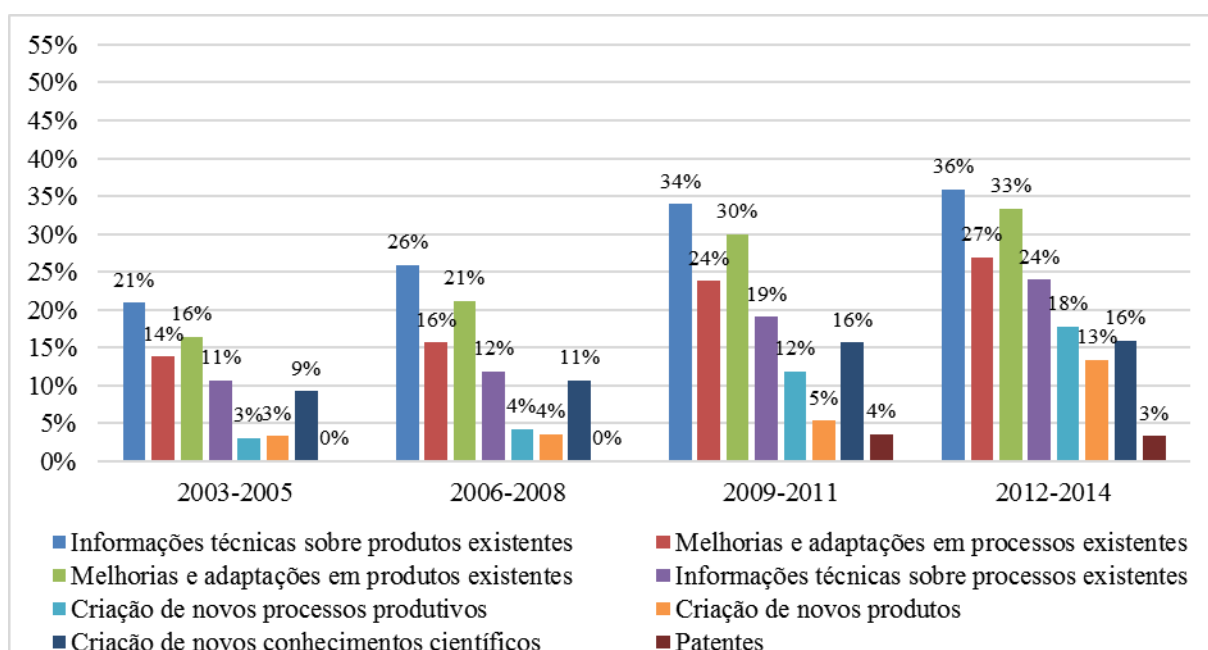
$$y_{jt} = \frac{\sum_{k=1}^K \sum_{e=1}^E Y_{ejkt}}{KE} \quad (5)$$

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 5.26 apresenta as médias desses valores em porcentagem para as 15 empresas estudadas em cada período de tempo. Observa-se que, em geral, houve aumento

nos valores médios dos resultados obtidos pelos mecanismos interorganizacionais ao longo do tempo. Para todos os períodos, os resultados mais frequentes foram informações técnicas sobre produtos existentes e melhorias e adaptações em processos e produtos existentes. Os valores mais baixos foram representados pelos resultados em patentes e criação de novos produtos e processos. Os dois últimos, porém, apresentaram frequências maiores nos dois últimos períodos.

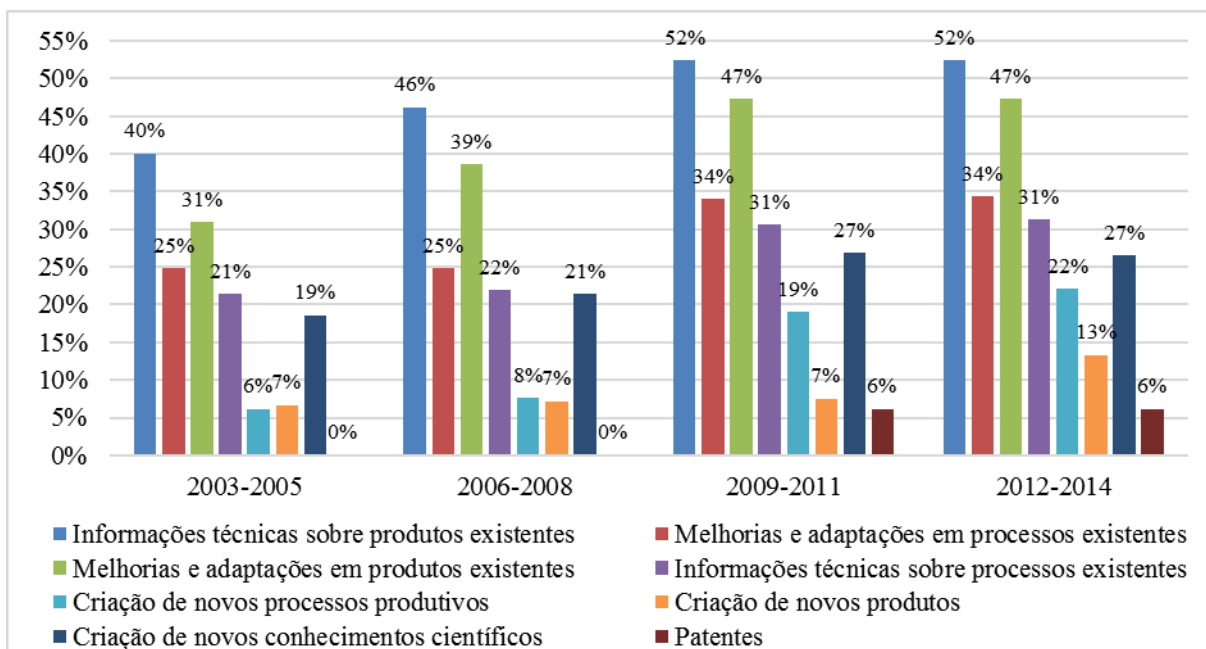
Figura 5.26. Evolução dos tipos de resultado dos mecanismos de aprendizagem interorganizacionais, valores médios em % (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

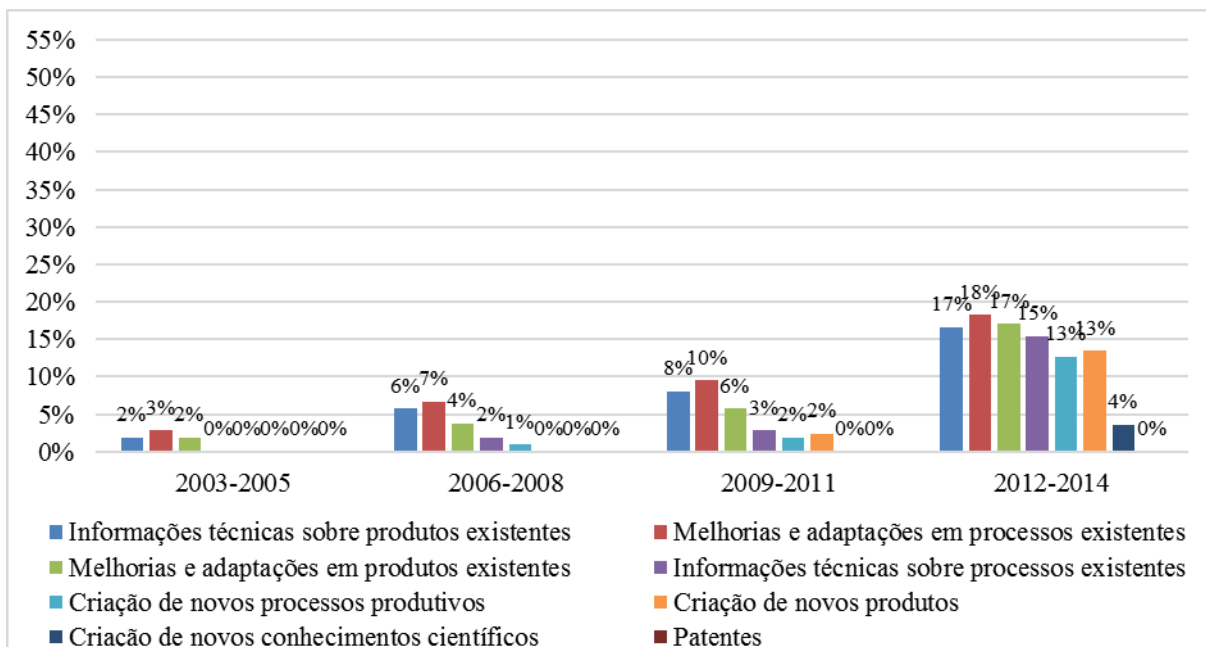
As Figuras 5.27 e 5.28 apresentam, respectivamente, a evolução dos resultados gerados pelos mecanismos interorganizacionais das empresas que possuem florestas e das empresas que não as possuem. Percebe-se, mais uma vez, que os resultados dos mecanismos de aprendizagem interorganizacionais foram mais frequentes para as empresas que possuem florestas. Para ambos os tipos de empresa, para todos os períodos e em proporções distintas, os resultados em informações técnicas sobre produtos existentes e melhorias e adaptações em produtos e processos existentes destacaram-se. Os resultados em patentes e criação de novos conhecimentos científicos também se destacaram para as empresas que possuem florestas próprias.

Figura 5.27. Evolução dos tipos de resultado dos mecanismos de aprendizagem interorganizacionais para as empresas que possuem florestas, valores médios em % (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

Figura 5.28. Evolução dos tipos de resultado dos mecanismos de aprendizagem interorganizacionais para as empresas que não possuem florestas, valores médios em % (2003-2014)

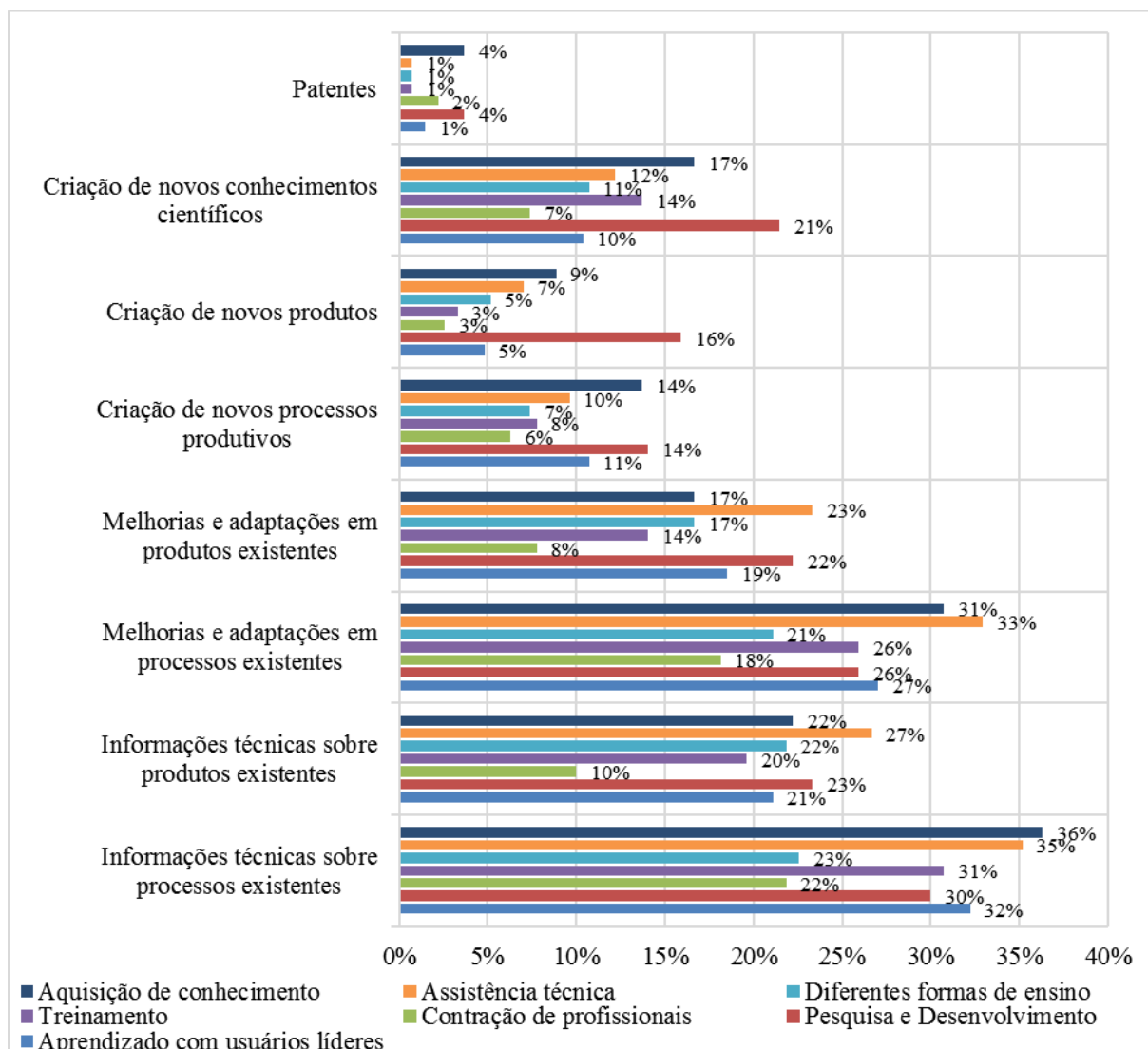


Fonte: Os autores (2016).

Relações entre os tipos de mecanismo de aprendizagem interorganizacionais, tipos de parceiro e tipos de resultado

Algumas relações entre as variáveis relacionadas aos mecanismos de aprendizagem interorganizacionais podem ser realizadas. A Figura 5.29 relaciona os tipos de mecanismo interorganizacional com seus possíveis resultados. Neste caso, foram utilizados os valores médios em porcentagem para os quatro períodos de tempo em conjunto. Percebe-se que, como um todo, a frequência dos resultados em informações técnicas e melhorias e adaptações em produtos e processos foi maior do que a criação de novos produtos, processos e conhecimentos científicos. Verifica-se, também, que os resultados em informações técnicas e melhorias e adaptações em processos existentes foram gerados com maior frequência por meio de assistência técnica, aquisição de conhecimento e aprendizado com usuários líderes, enquanto os resultados em informações técnicas e melhorias e adaptações em produtos existentes, por meio de assistência técnica e P&D. Já os resultados em criação de novos produtos, processos, conhecimentos científicos e patentes foram gerados com maior frequência por meio de P&D e aquisição de conhecimento.

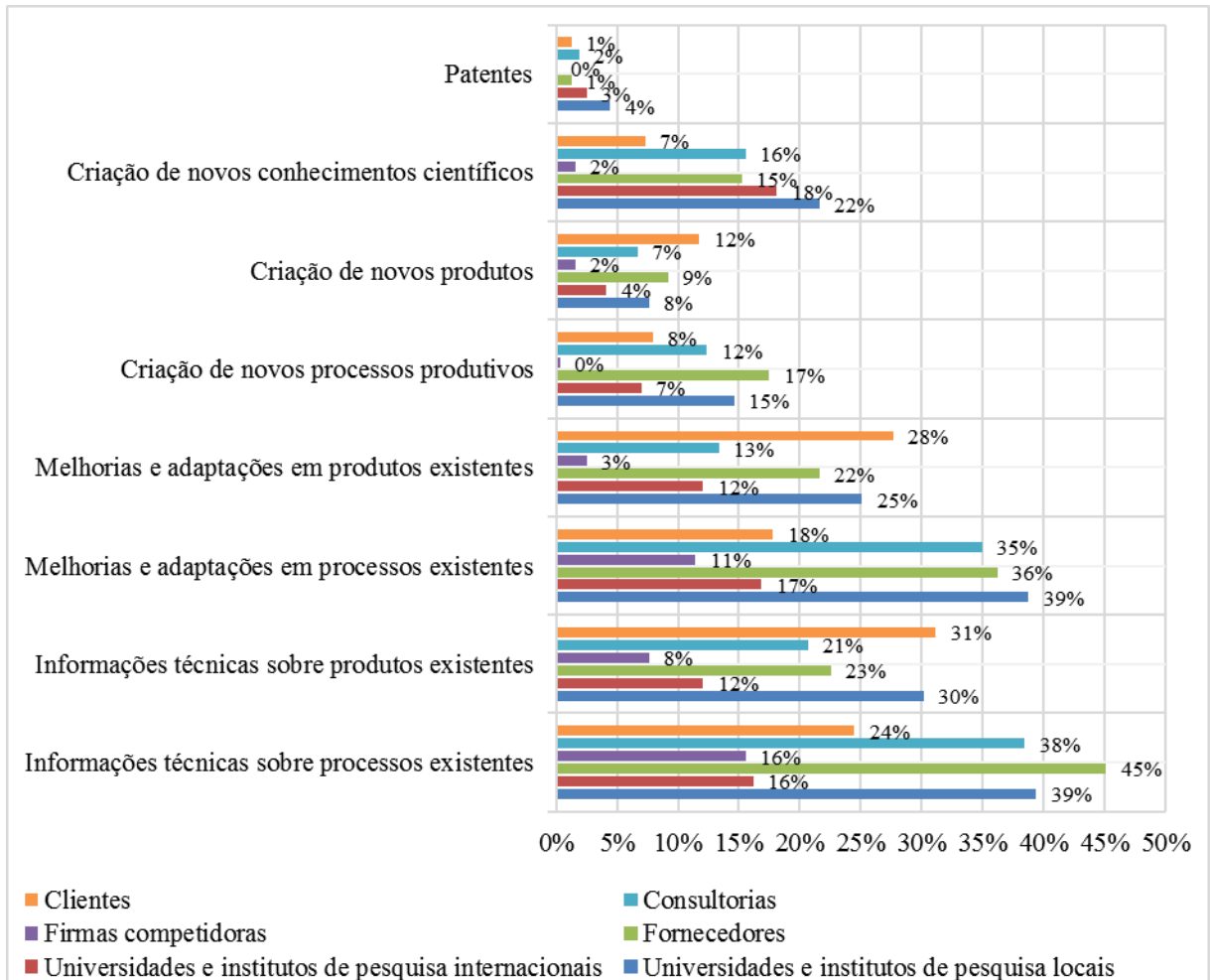
Figura 5.29. Relação entre os tipos de mecanismo de aprendizagem interorganizacional e seus tipos de resultado, valores médios em % (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

A Figura 5.30 relaciona os resultados gerados pelos mecanismos interorganizacionais com os parceiros envolvidos nessas interações. Mais uma vez, foram utilizados os valores médios em porcentagem para os quatro períodos de tempo em conjunto. Verifica-se que os resultados relacionados a processos estavam envolvidos em maior frequência com os fornecedores, universidades e institutos de pesquisa locais e consultores, enquanto os resultados relacionados a produtos estavam envolvidos em maior frequência com clientes e universidades e institutos de pesquisa locais. Já os resultados em criação de novos conhecimentos científicos e patentes apareceram com uma frequência maior nas parcerias com universidades e institutos de pesquisa locais e internacionais.

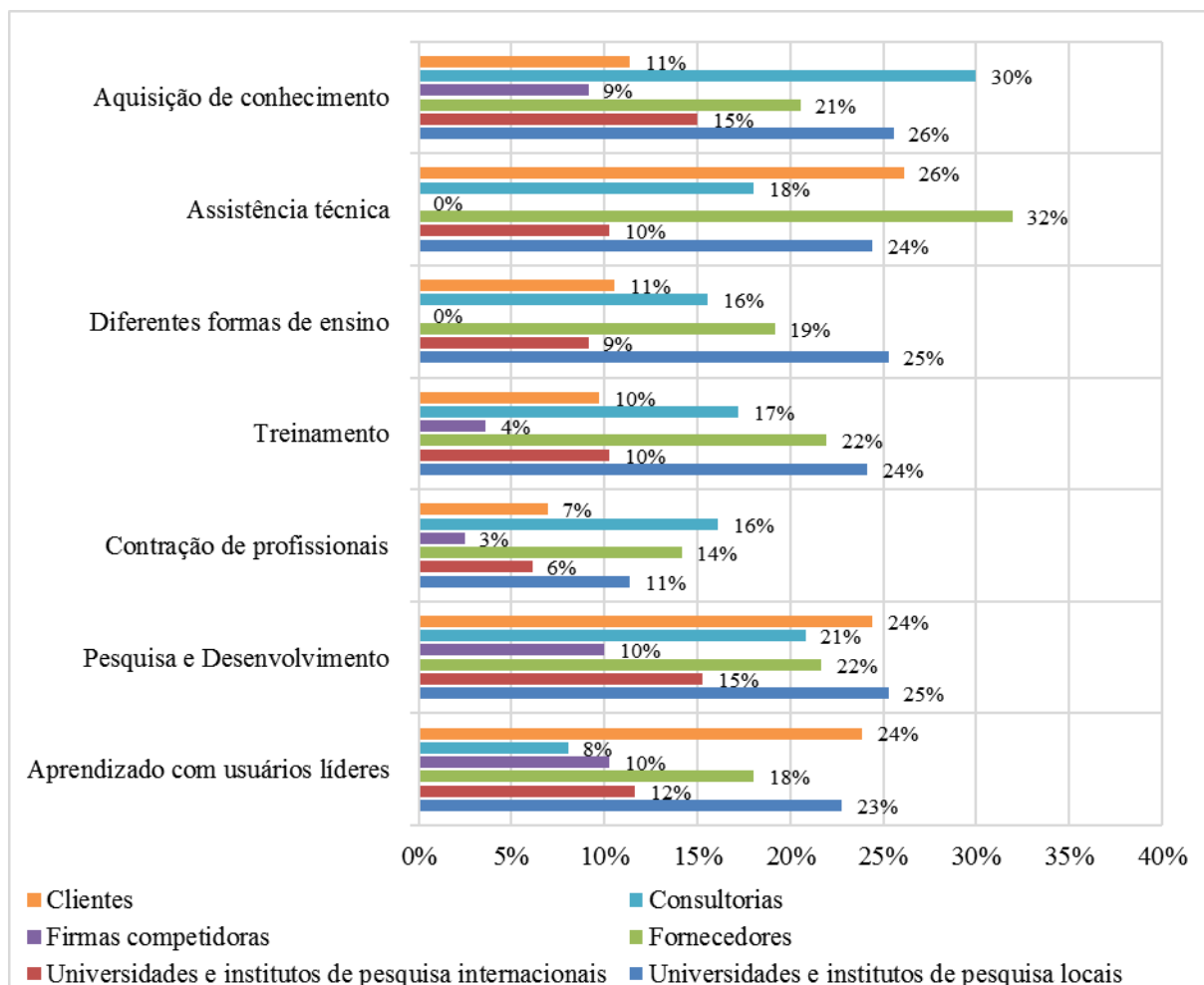
Figura 5.30. Relação entre os tipos de parceiro e resultados dos mecanismos de aprendizagem interorganizacionais, valores médios em % (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

Por fim, a Figura 5.31 relaciona, por meio dos valores médios em porcentagem para os quatro períodos de tempo em conjunto, os tipos de mecanismo interorganizational com os parceiros envolvidos nessas interações. Percebe-se, em geral e para todos os mecanismos, uma frequência maior de parcerias com universidades e institutos de pesquisa locais, fornecedores, consultores e clientes, enquanto as parcerias com firmas competidoras e universidades e institutos de pesquisa internacionais foram realizadas com uma frequência menor. Destaca-se a influência dos consultores e das universidades e institutos de pesquisa locais para a aquisição de conhecimento; dos fornecedores e clientes para a assistência técnica; das universidades e institutos de pesquisa locais e fornecedores para as diferentes formas de ensino e treinamento; e das universidades e institutos de pesquisa locais, clientes e fornecedores para P&D e aprendizado com usuários líderes.

Figura 5.31. Relação entre os tipos de mecanismo de aprendizagem interorganizacional e os tipos de parceiro, valores médios em % (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

5.2.2 Influência dos mecanismos de aprendizagem sobre os padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área florestal da indústria de celulose e papel no Brasil (2003-2014)

5.2.2.1 Padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área florestal e mecanismos de aprendizagem: diferenças e similaridades

Para capturar diferenças entre a frequência relativa do uso dos mecanismos de aprendizagem nos diversos padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área florestal, foi utilizado o teste estatístico de análise de variância (ANOVA)³⁹. Para o caso da

³⁹ Sobre detalhes estatísticos do teste ANOVA, ver Cardinal e Aitken (2013).

área florestal, o número de observações foi composto pelas oito empresas pesquisadas que possuem florestas próprias em quatro períodos de tempo: 2003-2005, 2006-2008, 2009-2011 e 2012-2014, totalizando, assim, um máximo de 32 observações.

Os padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área florestal foram detalhados na subseção 5.1.2.1, tendo sido definidos três padrões distintos de empresa: (i) Padrão 1 Florestal: evolução da capacidade inovadora básica à intermediária; (ii) Padrão 2 Florestal: evolução da capacidade inovadora intermediária à avançada; (iii) Padrão 3 Florestal: manutenção em capacidade inovadora de liderança mundial. Busca-se, assim, associar esses padrões com os quatro mecanismos intraorganizacionais, os sete mecanismos interorganizacionais, os seis parceiros e os oito possíveis resultados dos mecanismos intra e interorganizacionais ao longo dos períodos estabelecidos.

Tipos de mecanismo de aprendizagem intraorganizacional

A Tabela 5.5 apresenta, para cada um dos mecanismos intraorganizacionais, um teste ANOVA para diferenças na frequência média do uso dos referidos mecanismos⁴⁰. Basicamente, a aceitação da hipótese nula para um determinado mecanismo indica que em média ele é usado com a mesma frequência por todos os padrões. Neste caso, do ponto de vista estatístico, como a hipótese nula foi aceita para os quatro mecanismos, não é possível distinguir as diferenças entre os padrões no que diz respeito ao uso dos mecanismos intraorganizacionais, ou seja, provavelmente não é a diferença de intensidade do uso desses mecanismos que explica os diferentes padrões de acumulação de capacidades tecnológicas das empresas na área florestal.

⁴⁰ O teste ANOVA possui uma distribuição F , que mede a relação entre o modelo médio dos quadrados e o erro quadrático médio de duas amostras de variáveis. Essa distribuição estatística testa se existe relação entre uma variável dependente (que nesta pesquisa são os padrões de acumulação de capacidades tecnológicas) e uma independente (que nesta pesquisa são os mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais).

Tabela 5.1. Área florestal: ANOVA e teste de Duncan para diferenças entre os padrões na frequência média do uso de mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais

Mecanismo de aprendizagem intraorganizacional	ANOVA	Teste de Duncan		
		Frequência baixa	Frequência média	Frequência alta
Codificação de conhecimento	0,434	Padrão 1 Florestal Padrão 2 Florestal Padrão 3 Florestal 53,1%	-	-
Compartilhamento interno de conhecimento	0,444	Padrão 1 Florestal Padrão 2 Florestal Padrão 3 Florestal 55,9%	-	-
Criação interna de conhecimento	0,423	Padrão 1 Florestal Padrão 2 Florestal Padrão 3 Florestal 55,5%	-	-
Integração interna de conhecimento	0,750	Padrão 1 Florestal Padrão 2 Florestal Padrão 3 Florestal 51,4%	-	-

Fonte: Os autores (2016).

Notas: Os valores apresentados na segunda coluna dizem respeito à estatística-teste (com distribuição *F*) para o teste de diferença entre os padrões na área florestal e suas frequências médias do uso dos mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais (ANOVA). As demais colunas referem-se aos resultados do teste de Duncan. Padrões alocados na mesma coluna não apresentam diferença estatisticamente significativa na frequência com que usam os mecanismos. O Padrão 1 Florestal diz respeito às empresas que evoluíram da capacidade inovadora básica à intermediária. O Padrão 2 Florestal contém empresas que evoluíram da capacidade inovadora intermediária à avançada. O Padrão 3 Florestal é composto por empresas que se mantiveram na capacidade inovadora de liderança mundial.

Para investigar em mais detalhes as diferenças entre os padrões, foi necessário usar um teste estatístico no qual cada padrão foi comparado com cada um dos demais (e não todos ao mesmo tempo, como no teste ANOVA). A esse respeito, optou-se pelo teste de Duncan⁴¹. Neste caso, como foram identificados três distintos padrões, foram feitas três comparações. No limite, o teste pode indicar que, do ponto de vista estatístico, cada um dos padrões tem uma frequência média distinta (frequência baixa, moderada e alta, de acordo com a Tabela 5.5). No entanto, como esperado pelos resultados encontrados no teste ANOVA, a Tabela 5.5 indica que em nenhuma das comparações a diferença entre os padrões, no que diz respeito à frequência média no uso de mecanismos intraorganizacionais, mostrou-se estatisticamente significativa. Desse modo, todos os padrões foram alocados na mesma coluna (frequência baixa).

⁴¹ Após uma inferência estatística, análises *post hoc* consistem em identificar padrões que não foram especificados *a priori*. Entre essas análises, uma das mais utilizadas é o teste de Duncan, que se refere a um procedimento de comparação múltipla que utiliza técnicas de diferenças de desvios padrões da amostra para a comparação de grupos de médias. Para mais detalhes, ver Cardinal e Aitken (2013).

Ressalta-se que esses resultados não significam que os mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais não são importantes para a acumulação de capacidades tecnológicas na área florestal. Na verdade, houve pouca variabilidade na intensidade com a qual as empresas implementaram esses mecanismos. Sendo assim, é pouco provável que diferenças na frequência do seu uso expliquem os distintos padrões com relação à evolução da capacidade tecnológica das empresas na área florestal.

Tipos de resultado gerados pelos mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais

Os mesmos testes apresentados na Tabela 5.5 foram feitos para os resultados dos mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais (ver Tabela 5.6). Mais uma vez, os padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área florestal foram as variáveis dependentes, enquanto as variáveis independentes foram representadas pelos oito possíveis resultados dos mecanismos intraorganizacionais: informações técnicas sobre processos e produtos existentes, melhorias e adaptações em processos e produtos existentes, criação de novos processos e produtos, criação de novos conhecimentos científicos e patentes.

Tabela 5.6. Área florestal: ANOVA e teste de Duncan para diferenças entre os padrões na frequência média dos resultados intraorganizacionais

Resultado intraorganizacional	ANOVA	Teste de Duncan		
		Frequência baixa	Frequência média	Frequência alta
Informações técnicas sobre processos existentes	2,625*	Padrão 1 Florestal Padrão 2 Florestal Padrão 3 Florestal 89,0%	-	-
Informações técnicas sobre produtos existentes	8,511***	Padrão 3 Florestal 41,8%	Padrão 1 Florestal Padrão 2 Florestal 91,8%	-
Melhorias e adaptações em processos existentes	4,012**	Padrão 2 Florestal Padrão 3 Florestal 75,0%	Padrão 1 Florestal Padrão 3 Florestal 93,8%	-
Melhorias e adaptações em produtos existentes	1,056	Padrão 1 Florestal Padrão 2 Florestal Padrão 3 Florestal 59,8%	-	-
Criação de novos processos produtivos	2,930*	Padrão 1 Florestal Padrão 2 Florestal 25,0%	Padrão 2 Florestal Padrão 3 Florestal 50,0%	-

Resultado intraorganizacional	ANOVA	Teste de Duncan		
		Frequência baixa	Frequência média	Frequência alta
Criação de novos produtos	3,244*	Padrão 2 Florestal Padrão 3 Florestal 18,8%	Padrão 1 Florestal 66,8%	-
Criação de novos conhecimentos científicos	8,967***	Padrão 1 Florestal 0,0%	Padrão 2 Florestal Padrão 3 Florestal 60,5%	-
Patentes	3,938**	Padrão 1 Florestal Padrão 2 Florestal 0,0%	Padrão 3 Florestal 33,3%	-

Fonte: Os autores (2016).

Notas: Os valores apresentados na segunda coluna dizem respeito à estatística-teste (com distribuição *F*) para o teste de diferença entre os padrões na área florestal e suas frequências médias dos resultados intraorganizacionais (ANOVA). Os símbolos *, ** e *** indicam *p*-valores menores do que 10%, 5% e 1%, respectivamente. As demais colunas referem-se aos resultados do teste de Duncan, no qual cada par de padrões foi comparado separadamente. Padrões alocados na mesma coluna não apresentam diferença estatisticamente significativa na frequência com que usam os mecanismos. O Padrão 1 Florestal diz respeito às empresas que evoluíram da capacidade inovadora básica à intermediária. O Padrão 2 Florestal contém empresas que evoluíram da capacidade inovadora intermediária à avançada. O Padrão 3 Florestal é composto por empresas que se mantiveram na capacidade inovadora de liderança mundial.

A Tabela 5.6 indica que, com exceção de melhorias e adaptações em produtos existentes, houve diferenças estatisticamente significativas (pelo menos a 10%) entre os padrões de resultados intraorganizacionais. Contudo, quando se analisam as diferenças de médias (teste de Duncan), verifica-se que alguns resultados intraorganizacionais com níveis menos elevados de capacidade tecnológica apresentaram frequências maiores. Este foi o caso, por exemplo, das informações técnicas sobre produtos existentes. Enquanto as empresas dos padrões 1 e 2 utilizaram bastante esse tipo de mecanismo (uma frequência média de 91,8%), as empresas do Padrão 3 Florestal utilizaram com uma frequência bem menor (41,8%). Isso também ocorreu com o resultado em criação de novos produtos, apesar da significância estatística baixa a 10%.

Por outro lado, os resultados mais intensivos em ciência e pesquisa básica, apresentados nas duas últimas linhas da tabela, estavam associados com padrões de níveis mais elevados de capacidade tecnológica. Para criação de novos conhecimentos científicos, as empresas do Padrão 1 Florestal apresentaram uma frequência de 0%, enquanto as empresas dos padrões 2 e 3 revelaram uma frequência média de 60,5%. Já para patentes, as empresas dos padrões 1 e 2 apresentaram frequência de 0%, enquanto as empresas do Padrão 3 Florestal indicaram uma frequência média de 33,3%.

O que se pode verificar por meio dos resultados estatísticos dos mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais e seus possíveis resultados na área florestal, apresentados

na Tabela 5.5 e na Tabela 5.6, é que, de maneira geral, não conseguiram explicar as diferenças existentes entre os três padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área florestal. Percebe-se que a frequência do uso de mecanismos intraorganizacionais foi bem próxima entre empresas de padrões distintos. Algumas diferenças aparecem na Tabela 5.6 a respeito dos resultados. Parece que os mecanismos intraorganizacionais para as empresas do Padrão 1 Florestal estavam mais voltados para os produtos, com destaque para a criação de produtos, comparando a outros padrões. Para as empresas do Padrão 2 Florestal, houve destaque para criação de novos conhecimentos científicos, enquanto para as empresas do Padrão 3 Florestal o destaque ficou com a geração de patentes, bem como conhecimentos científicos.

Tipos de mecanismo de aprendizagem interorganizacional

As inferências estatísticas feitas para os mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais foram replicadas para os mecanismos de aprendizagem interorganizacionais. Nesse sentido, a Tabela 5.7 indica que, com exceção da contratação de profissionais, houve diferenças estatisticamente significativas (pelo menos a 10%) entre os padrões no uso desses mecanismos. Investigando essas diferenças com um pouco mais de detalhe, o teste de Duncan identificou que tipicamente não houve diferença substancial entre as empresas dos padrões 2 e 3 (alocadas na coluna de frequência intermediária) e que estas, por sua vez, usavam mais intensamente os mecanismos de aprendizagem interorganizacionais do que as empresas do Padrão 1 Florestal (alocadas na coluna de frequência baixa).

Por exemplo, as empresas que compõem o Padrão 1 Florestal possuíam frequência média de parcerias para aprendizado com usuários líderes de apenas 6,9%, enquanto as que compõem os padrões 2 e 3 apresentaram frequência média de 33,3%, quase cinco vezes maior. Em P&D, a diferença entre a média do Padrão 1 Florestal (3,5%) e dos padrões 2 e 3 (40,4%) foi ainda maior. Isso evidencia que as empresas classificadas nos dois padrões com níveis relativamente mais elevados de capacidade tecnológica utilizaram os mecanismos de aprendizagem interorganizacionais com intensidade bem maior.

Tabela 5.7. Área florestal: ANOVA e teste de Duncan para diferenças entre os padrões na frequência média do uso de mecanismos de aprendizagem interorganizacionais

Mecanismo de aprendizagem interorganizacional	ANOVA	Teste de Duncan		
		Frequência baixa	Frequência média	Frequência alta
Aprendizado com usuários líderes	8,303***	Padrão 1 Florestal 6,9%	Padrão 2 Florestal Padrão 3 Florestal 33,3%	-
Aquisição de conhecimento	4,144**	Padrão 1 Florestal 10,8%	Padrão 2 Florestal Padrão 3 Florestal 37,9%	-
Assistência técnica	5,517**	Padrão 1 Florestal 19,8%	Padrão 2 Florestal Padrão 3 Florestal 32,7%	-
Contratação de profissionais	1,513	Padrão 1 Florestal Padrão 2 Florestal Padrão 3 Florestal 23,1%	-	-
Diferentes formas de ensino	3,251*	Padrão 1 Florestal 1,4%	Padrão 2 Florestal Padrão 3 Florestal 24,0%	-
P&D	4,813**	Padrão 1 Florestal 3,5%	Padrão 2 Florestal Padrão 3 Florestal 40,4%	-
Treinamento	11,265***	Padrão 1 Florestal 4,5%	Padrão 2 Florestal Padrão 3 Florestal 25,3%	-

Fonte: Os autores (2016).

Notas: Os valores apresentados na segunda coluna dizem respeito à estatística-teste (com distribuição *F*) para o teste de diferença entre os padrões na área florestal e suas frequências médias do uso de mecanismos de aprendizagem interorganizacionais (ANOVA). Os símbolos *, ** e *** indicam *p*-valores menores do que 10%, 5% e 1%, respectivamente. As demais colunas referem-se aos resultados do teste de Duncan, no qual cada par de padrões foi comparado separadamente. Padrões alocados na mesma coluna não apresentam diferença estatisticamente significativa na frequência com que usam os mecanismos. O Padrão 1 Florestal diz respeito às empresas que evoluíram da capacidade inovadora básica à intermediária. O Padrão 2 Florestal contém empresas que evoluíram da capacidade inovadora intermediária à avançada. O Padrão 3 Florestal é composto por empresas que se mantiveram na capacidade inovadora de liderança mundial.

Tipos de parceiro interorganizacional

A Tabela 5.8 apresenta os resultados do teste ANOVA para os diferentes tipos de parceiro – clientes, consultorias, firmas competidoras, fornecedores, universidades e institutos de pesquisa locais e internacionais – com os quais os mecanismos de aprendizagem interorganizacionais foram colocados em prática. Para todos esses parceiros, os resultados dos testes indicaram diferenças estatisticamente significativas nas frequências pelas quais as empresas associaram-se a eles.

Tabela 5.8. Área florestal: ANOVA e teste de Duncan para diferenças entre os padrões na frequência média das parcerias interorganizacionais

Parceiro	ANOVA	Teste de Duncan		
		Frequência baixa	Frequência média	Frequência alta
Clientes	3,359*	Padrão 1 Florestal 12,5%	Padrão 2 Florestal Padrão 3 Florestal 29,5%	-
Consultorias	4,572**	Padrão 1 Florestal 15,5%	Padrão 2 Florestal Padrão 3 Florestal 38,8%	-
Firmas competidoras	6,530***	Padrão 1 Florestal Padrão 2 Florestal 4,1%	Padrão 3 Florestal 15,2%	-
Fornecedores	4,349**	Padrão 1 Florestal 18,2%	Padrão 2 Florestal Padrão 3 Florestal 37,8%	-
Universidades e institutos de pesquisa internacionais	3,262*	Padrão 1 Florestal 0,0%	Padrão 2 Florestal Padrão 3 Florestal 29,4%	-
Universidades e institutos de pesquisa locais	11,571***	Padrão 1 Florestal 1,8%	Padrão 2 Florestal Padrão 3 Florestal 44,5%	-

Fonte: Os autores (2016).

Notas: Os valores apresentados na segunda coluna dizem respeito à estatística-teste (com distribuição *F*) para o teste de diferença entre os padrões na área florestal e suas frequências médias das parcerias interorganizacionais (ANOVA). Os símbolos *, ** e *** indicam *p*-valores menores do que 10%, 5% e 1%, respectivamente. As demais colunas referem-se aos resultados do teste de Duncan, no qual cada par de padrões foi comparado separadamente. Padrões alocados na mesma coluna não apresentam diferença estatisticamente significativa na frequência com que usam os mecanismos. O Padrão 1 Florestal diz respeito às empresas que evoluíram da capacidade inovadora básica à intermediária. O Padrão 2 Florestal contém empresas que evoluíram da capacidade inovadora intermediária à avançada. O Padrão 3 Florestal é composto por empresas que se mantiveram na capacidade inovadora de liderança mundial.

Novamente, o teste de Duncan apontou que, com exceção das parcerias com empresas competidoras, não foi possível distinguir estatisticamente diferenças entre as empresas dos padrões 2 e 3 (alocadas na coluna de frequência moderada), mas que estas, em média, fizeram parcerias mais frequentemente do que as empresas do Padrão 1 Florestal (alocadas na coluna de frequência baixa). Essa diferença foi especialmente marcante nas parcerias com universidades e institutos de pesquisa. Com as universidades e institutos de pesquisa internacionais, as empresas pertencentes ao Padrão 1 Florestal não realizaram nenhuma parceria no período analisado, enquanto a frequência média para as empresas dos padrões 2 e 3 foi de 29,4%. Para as universidades e institutos de pesquisa locais, as empresas dos padrões 2 e 3 mantiveram parcerias com uma frequência 25 vezes maior do que as do Padrão 1 Florestal (44,5% contra 1,8%). Ressalta-se que, no caso das parcerias com competidores, a média da

frequência do Padrão 3 Florestal (15,2%) foi estatisticamente maior do que a dos demais padrões (que foi indistinguível entre si).

Tipos de resultado gerados pelos mecanismos de aprendizagem interorganizacionais

Por fim, a Tabela 5.9 explora a diferença na frequência dos objetivos declarados dos mecanismos interorganizacionais (informações técnicas sobre processos e produtos existentes, melhorias e adaptações em processos e produtos existentes, criação de novos processos e produtos, criação de novos conhecimentos científicos e patentes).

Tabela 5.9. Área florestal: ANOVA e teste de Duncan para diferenças entre os padrões na frequência média dos resultados interorganizacionais

Resultado interorganizacional	ANOVA	Teste de Duncan		
		Frequência baixa	Frequência média	Frequência alta
Informações técnicas sobre processos existentes	18,154***	Padrão 1 Florestal 20,6%	Padrão 2 Florestal Padrão 3 Florestal 59,0%	-
Informações técnicas sobre produtos existentes	4,049**	Padrão 1 Florestal 7,9%	Padrão 2 Florestal Padrão 3 Florestal 39,1%	-
Melhorias e adaptações em processos existentes	11,577***	Padrão 1 Florestal 19,0%	Padrão 2 Florestal Padrão 3 Florestal 53,0%	-
Melhorias e adaptações em produtos existentes	2,660*	Padrão 1 Florestal Padrão 2 Florestal 20,1%	Padrão 2 Florestal Padrão 3 Florestal 34,8%	-
Criação de novos processos produtivos	1,150	Padrão 1 Florestal Padrão 2 Florestal Padrão 3 Florestal 15,3%	-	-
Criação de novos produtos	0,653	Padrão 1 Florestal Padrão 2 Florestal Padrão 3 Florestal 8,7%	-	-
Criação de novos conhecimentos científicos	9,071***	Padrão 1 Florestal 0,0%	Padrão 2 Florestal Padrão 3 Florestal 30,3%	-
Patentes	3,938**	Padrão 1 Florestal Padrão 2 Florestal 0,0%	Padrão 3 Florestal 14,3%	-

Fonte: Os autores (2016).

Notas: Os valores apresentados na segunda coluna dizem respeito à estatística-teste (com distribuição F) para o teste de diferença entre os padrões na área florestal e suas frequências médias dos resultados interorganizacionais (ANOVA). Os símbolos *, ** e *** indicam p-valores menores do que 10%, 5% e 1%, respectivamente. As demais colunas referem-se aos

resultados do teste de Duncan, no qual cada par de padrões foi comparado separadamente. Padrões alocados na mesma coluna não apresentam diferença estatisticamente significativa na frequência com que usam os mecanismos. O Padrão 1 Florestal diz respeito às empresas que evoluíram da capacidade inovadora básica à intermediária. O Padrão 2 Florestal contém empresas que evoluíram da capacidade inovadora intermediária à avançada. O Padrão 3 Florestal é composto por empresas que se mantiveram na capacidade inovadora de liderança mundial.

Nota-se que não houve diferença estatisticamente significativa na frequência média, na qual as empresas dos diferentes padrões voltaram-se para a criação de novos processos e produtos. Nos demais casos, os testes conseguiram capturar diferenças entre os padrões. Na maioria dos casos, mais uma vez as frequências médias das empresas dos padrões 2 e 3 foram maiores do que a das empresas do Padrão 1 Florestal e indistinguíveis entre si do ponto de vista estatístico. Uma das exceções disse respeito às patentes, atividade que as empresas dos padrões 2 e 3 não perseguiram no período analisado e que apenas as empresas do Padrão 3 Florestal, com níveis maiores de acumulação de capacidades tecnológicas, foram capazes de desenvolver.

Aliás, aparentemente boa parte das atividades inovadoras na área florestal esteve voltada para os processos de produção (e não para o produto). De longe, os resultados mais perseguidos pelas empresas foram aqueles relacionados à obtenção de informações técnicas e adaptações em processos existentes. Neste caso, mesmo as empresas do Padrão 1 Florestal, com capacidade tecnológica mais limitada, perseguiram esses resultados com alguma frequência.

Em resumo, as diferenças na intensidade do uso de mecanismos de aprendizagem interorganizacionais, na formação de parcerias e nos resultados perseguidos pelas empresas conseguem explicar as distintas acumulações das empresas com relação às suas capacidades tecnológicas. Em especial, houve diferenças bem marcadas entre as empresas do Padrão 1 Florestal e as demais. No entanto, as diferenças entre as empresas dos padrões 2 e 3 foram mais sutis e se concentraram na frequência maior com a qual as empresas do Padrão 3 Florestal realizaram parcerias com competidores e obtiveram resultados em termos de patentes. Algumas características específicas por padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área florestal são ressaltadas a seguir.

5.2.2.2 Exame dos mecanismos de aprendizagem sob a perspectiva dos padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área florestal

Considerando os testes estatísticos levantados na subseção anterior, esta subseção busca ressaltar alguns aspectos do uso de mecanismos de aprendizagem por tipo de padrão de acumulação de capacidades tecnológicas na área florestal. Cada um dos três padrões da área florestal é destacado a seguir.

(i) Padrão 1 Florestal: evolução da capacidade inovadora básica à intermediária

O Padrão 1 Florestal é representado por empresas que, durante 2003 a 2014, elevaram seus níveis de capacidade inovadora básica à intermediária na área florestal. Percebe-se pelas estatísticas levantadas na Tabela 5.5 que esse padrão não pode ser explicado estatisticamente por meio dos mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais. Houve pouca variabilidade entre as empresas de cada padrão em termos de capacidades de aprendizagem intraorganizacionais, podendo-se interpretar que a codificação, o compartilhamento, a criação e a integração interna de conhecimento são práticas comuns para todas as empresas estudadas que possuem área florestal.

Quanto aos resultados gerados por meio dos mecanismos intraorganizacionais, o Padrão 1 Florestal destacou-se por informações técnicas sobre produtos existentes, melhorias e adaptações em processos existentes e criação de novos produtos. Todos esses resultados encontraram-se em um valor médio intermediário, que foi superior ou equivalente quando comparado com o valor dos outros padrões. Chama atenção a busca interna por novos produtos. A empresa Eta, que se encontra nesse padrão, por exemplo, buscou no período estudado mudar o tipo de sua celulose para conseguir competir com as grandes produtoras de celulose líderes mundiais, uma vez que não possui as mesmas condições de escalada. Para isso, a empresa fez estudos internos, com o objetivo de diversificar e modificar seu produto final. Esse caso foi compartilhado pelo CEO da empresa Eta:

Fizemos um estudo interno e percebemos que, com uma escala tão menor do que a dos concorrentes, a empresa não conseguiria ser competitiva no longo prazo. A empresa percebeu que deveria se modificar, sendo as saídas crescer ou se diversificar. Primeiramente, foi uma etapa muito grande de estudo sobre o que era possível fazer. Foi pensado em soluções e diversos produtos. O estudo foi feito com consultoria e também com conhecimento interno, conduzido por pessoas internas, como também foram comprados alguns estudos para embasar. Uma vez que se optou pelo novo tipo de produto, se pensou em como fazer, em como adquirir tecnologia, conhecimento etc.

A citação da empresa Eta também revela a importância de parcerias e estudos externos para implantar mudanças nos produtos e processos.

Ao contrário do que ocorreu com os mecanismos intraorganizacionais, os mecanismos interorganizacionais estavam, em geral, relacionados com a acumulação de capacidades tecnológicas na área florestal, como foi verificado na Tabela 5.7. Para o caso das empresas que se encontram no Padrão 1 Florestal, a frequência com que utilizaram os mecanismos de aprendizagem interorganizacionais foi bem menor do que a das empresas dos padrões 2 e 3, mas mesmo assim é possível ver algumas características importantes.

Entre os tipos de mecanismo de aprendizagem interorganizacional apresentados na Tabela 5.7, as empresas do Padrão 1 Florestal possuíam uma frequência maior com o mecanismo de assistência técnica e, em segundo lugar, com a aquisição de conhecimento. Já mecanismos mais intensivos em conhecimento, como diferentes formas de ensino, treinamento e P&D, apresentaram frequências médias muito baixas para empresas do Padrão 1 Florestal. Isso foi confirmado nas entrevistas realizadas com os diretores e gestores das empresas que se encontram nesse padrão, em que foi possível perceber uma baixa participação dessas empresas em redes de pesquisa.

Pela Tabela 5.8, é possível perceber que os parceiros mais frequentes para as empresas que compõem o Padrão 1 Florestal foram os fornecedores e consultores. Por outro lado, as parcerias com universidades e institutos de pesquisa, locais ou internacionais, foram praticamente inexistentes. O uso mais frequente de assistência técnica e aquisição de conhecimento está em consonância com as parcerias realizadas com fornecedores e consultores, assim como a baixa participação em mecanismos interorganizacionais de P&D e diferentes formas de ensino está em consonância com as poucas parcerias realizadas com universidades e institutos de pesquisa.

Quanto aos resultados gerados por meio dos mecanismos interorganizacionais, as empresas que compõem o Padrão 1 Florestal possuíam uma frequência maior em melhorias e adaptações em processos e produtos existentes, apesar de apresentarem valores muito menores do que os das empresas dos padrões 2 e 3. Por outro lado, as empresas do Padrão 1 Florestal não apresentaram resultados em criação de novos processos e produtos, criação de novos conhecimentos científicos e geração de patentes.

Em síntese, pode-se dizer que o Padrão 1 Florestal é composto por empresas que, em média, realizaram mecanismos de aprendizagem interorganizacionais em maior intensidade com fornecedores e consultores, envolvendo interações por meio de aquisição de conhecimento e assistência técnica, que resultaram, em sua maioria, em melhorias e adaptações em produtos e processos.

(ii) Padrão 2 Florestal: evolução da capacidade inovadora intermediária à avançada

O Padrão 2 Florestal é representado por empresas que, durante 2003 a 2014, elevaram seus níveis de capacidade inovadora intermediária à avançada na área florestal. Assim como no Padrão 1 Florestal, percebe-se pelas estatísticas levantadas na Tabela 5.5 que o Padrão 2 Florestal não pode ser explicado estatisticamente por meio dos mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais, devido à pouca variabilidade entre as empresas para esses dados.

Quanto aos resultados gerados por meio dos mecanismos intraorganizacionais, o Padrão 2 Florestal destacou-se por informações técnicas sobre produtos existentes e criação de novos conhecimentos científicos. Todos esses resultados encontraram-se em uma frequência média intermediária, que foi superior ou equivalente quando comparada com os valores dos outros padrões. Assim, chamam atenção os resultados em criação de novos conhecimentos científicos, que apresentaram frequências estatisticamente iguais às das empresas líderes que compõem o Padrão 3 Florestal. Isso evidencia os avanços que essas empresas realizaram em pesquisas florestais durante o período estudado. Como ressaltado na subseção 5.1.2, as empresas que compõem o Padrão 2 Florestal possuem departamentos de P&D florestal. Este é o caso, por exemplo, da empresa Delta, que apresenta uma estrutura de P&D florestal interna que une as equipes de pesquisadores e de engenharia de produção em busca de melhorias incrementais em todos os seus processos produtivos. Isso foi compartilhado pelo gerente Florestal da empresa Delta:

Junto ao nosso departamento de P&D florestal possuímos uma área de melhoria de processo, chamada manufacture excellent, que agrupa todas as ferramentas de engenharia de processo em busca de melhorias, ou seja, possuímos uma estrutura de pesquisadores e uma estrutura de analistas de projetos, que juntas dão suporte a toda a

operação. [...] A governança da nossa gestão da inovação é focada em melhorias contínuas.

Já os mecanismos de aprendizagem interorganizacionais apresentaram relações com a acumulação de capacidades tecnológicas na área florestal. Para o caso das empresas que se encontram no Padrão 2 Florestal, a frequência com que utilizaram os mecanismos interorganizacionais foi bem maior do que a das empresas do Padrão 1 Florestal e equivalente, em geral, à das empresas do Padrão 3 Florestal. Entre os tipos de mecanismo de aprendizagem interorganizacional apresentados na Tabela 5.7, as empresas do Padrão 2 Florestal possuem uma frequência maior em P&D, seguido por aquisição de conhecimento, aprendizado com usuários líderes e assistência técnica. Apesar de menos utilizados, os mecanismos de aprendizagem interorganizacionais referentes às diferentes formas de ensino e treinamento ainda assim apresentaram valores muito superiores aos das empresas do Padrão 1 Florestal.

Pela Tabela 5.8, é possível perceber que os parceiros mais frequentes para as empresas do Padrão 2 Florestal foram as universidades e os institutos de pesquisa locais, consultores e fornecedores. Houve parcerias com frequências menores, mas ainda superiores às das empresas do Padrão 1 Florestal, como clientes e institutos de pesquisa internacionais. Por outro lado, parcerias envolvendo firmas competidoras apresentaram frequências baixas, ao contrário do que ocorre com as empresas do Padrão 3 Florestal. Nas entrevistas feitas com os gestores e representantes de algumas empresas pesquisadas, a interação entre empresas e demais organizações do sistema de inovação foi ressaltada como uma das principais características de acumulação de capacidades tecnológicas na área florestal. Na visão do gerente Florestal da empresa Delta, que se encontra no Padrão 2 Florestal, o setor florestal no Brasil cresceu graças ao trabalho colaborativo:

O setor florestal possui uma característica interessante no Brasil, que cresceu com o trabalho colaborativo. Sempre o setor se organiza em projetos muitas vezes guiados por universidades, por algum projeto de mecanização ou de interação de material genético. De todos os programas que possuem pesquisa ou redes de pesquisa, como o Genolyptus, estamos participando.

Como já ressaltado no Boxe 5.1 na subseção 5.1.1.1, o projeto Genolyptus foi desenvolvido entre 2002 e 2008 e executado em âmbito pré-competitivo pela Embrapa, aliada

a mais sete universidades e 14 empresas florestais. O projeto deu um salto importante na geração e integração de ferramentas moleculares no melhoramento do eucalipto. Assim, foi responsável por aproximar e intensificar o relacionamento entre os atores do setor. Conforme as empresas relataram nas entrevistas, os resultados do projeto provocaram avanços não só no sequenciamento e melhoramento do eucalipto, como também permitiram às empresas produtoras de base florestal avançar em ferramentas de análise de dados.

Quanto aos resultados gerados por meio dos mecanismos interorganizacionais, o Padrão 2 Florestal possuía uma frequência maior em informações técnicas e melhorias e adaptações em processos e produtos existentes, com valores bem superiores aos das empresas do Padrão 1 Florestal. Destacaram-se também, em menor medida, os resultados em criação de novos conhecimentos científicos. Por outro lado, as empresas do Padrão 2 Florestal não apresentaram resultados em geração de patentes, como as empresas do Padrão 3 Florestal, e, assim como as empresas do Padrão 1 Florestal, revelaram resultados baixos em criação de novos produtos e processos.

Em síntese, pode-se dizer que o Padrão 2 Florestal é composto por empresas que realizaram, em média, mecanismos de aprendizagem interorganizacionais em maior intensidade com universidades e institutos de pesquisa locais, fornecedores e consultores, envolvendo interações por meio de P&D, aquisição de conhecimento, assistência técnica e aprendizado com usuários líderes, que resultaram, em sua maioria, em informações técnicas e melhorias e adaptações em produtos e processos. As empresas do Padrão 2 Florestal também apresentaram uma estrutura interna de P&D contínuos, o que gerou resultados importantes, como novos conhecimentos científicos.

(iii) Padrão 3 Florestal: manutenção em capacidade inovadora de liderança mundial

O Padrão 3 Florestal é representado por empresas que, durante 2003 a 2014, mantiveram seus níveis de capacidade inovadora de liderança mundial. Assim como nos padrões anteriores, percebe-se pelas estatísticas levantadas na Tabela 5.5 que o Padrão 3 Florestal não pode ser explicado estatisticamente por meio dos mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais, devido à pouca variabilidade entre as empresas para esses dados.

Quanto aos resultados gerados por meio dos mecanismos intraorganizacionais, o Padrão 3 Florestal destacou-se por criação de novos conhecimentos científicos e patentes. Todos esses resultados encontraram-se em uma frequência média intermediária, que foi superior ou equivalente quando comparada com os valores dos outros padrões. Entre as empresas estudadas, as do Padrão 3 Florestal foram as únicas capazes de lançar patentes em decorrência de mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais. Por serem empresas líderes mundiais em tecnologias florestais, a prática de patentear suas inovações é mais comum para empresas desse nível, que geralmente possuem áreas internas voltadas para a propriedade intelectual. Este é o caso, por exemplo, da empresa Gama, que possui um departamento jurídico próprio envolvido em propriedade intelectual. Isso também pode evidenciar que as empresas que compõem o Padrão 3 Florestal geram inovações de maior complexidade tecnológica do que as outras empresas.

Já os mecanismos interorganizacionais apresentaram relações com a acumulação de capacidades tecnológicas na área florestal. Para o caso das empresas que se encontram no Padrão 3 Florestal, a frequência com que utilizaram os mecanismos de aprendizagem interorganizacionais foi bem maior do que a das empresas que compõem o Padrão 1 Florestal e equivalente, em geral, à das empresas que compõem o Padrão 2 Florestal. Entre os tipos de mecanismo de aprendizagem interorganizacional apresentados na Tabela 5.7, as empresas do Padrão 3 Florestal possuíam frequências muito semelhantes à das empresas do Padrão 2 Florestal, ou seja, valores mais altos para mecanismo de P&D, aquisição de conhecimento, aprendizado com usuários líderes e assistência técnica.

Pela Tabela 5.8, é possível perceber que, assim como no Padrão 2 Florestal, os parceiros mais frequentes das empresas do Padrão 3 Florestal foram as universidades e os institutos de pesquisa locais, consultores e fornecedores. No entanto, as parcerias com as firmas competidoras diferenciam as empresas desse padrão daquelas do Padrão 2 Florestal, visto que as primeiras foram classificadas com valores médios maiores do que os das segundas. O projeto Genolyptus, por exemplo, enquadra-se em um tipo de parceria com firmas competidoras, por envolver concorrentes. Parcerias com universidades e institutos de pesquisa internacionais também estão bastante presentes em empresas do Padrão 3 Florestal. A empresa Gama, que se encontra nesse padrão, destacou as parcerias com instituições do Canadá, Estados Unidos, Nova Zelândia, Suécia, Finlândia e Noruega, além de

parcerias com empresas dos Estados Unidos em estudos de sequenciamento genético de árvores. A empresa ressaltou a importância do desenvolvimento em conjunto de protocolos, que numa etapa posterior poderiam ser internalizados em ferramentas úteis para a empresa.

Uma característica também importante em termos de parcerias para o desenvolvimento de capacidades tecnológicas na área florestal é a relação com fornecedores. Neste caso, os fornecedores estão envolvidos mais nas fases de plantio, colheita e transporte do que na fase de melhoramento genético, muito mais voltada a parcerias com universidades, institutos de pesquisa e firmas competidoras. A participação dos fornecedores entra com especial destaque nas fases de plantio e colheita, com o aumento crescente da mecanização. Pelas entrevistas de campo, foi possível perceber que todas as empresas estudadas, independentemente de seu padrão de capacidade tecnológica, possuem algum processo mecânico de colheita das árvores, com máquinas mais produtivas, que substituíram o uso da motosserra nos últimos anos. Contudo, o que diferencia as empresas em termos de capacidade tecnológica nessa fase de colheita é justamente seu envolvimento com os fornecedores. Segundo relato do diretor Executivo da empresa Gama, que se encontra no Padrão 3 Florestal, o desenvolvimento de máquinas em conjunto com fornecedores de bens de capital é o que destaca a empresa com relação aos seus concorrentes:

Geralmente, os fornecedores possuem a tecnologia desenvolvida e as empresas de celulose e papel compram. Nós atuamos diretamente com as empresas para adaptar as máquinas e equipamentos para a nossa região.

Quanto aos resultados gerados por meio dos mecanismos interorganizacionais, o Padrão 3 Florestal possuía, assim como o Padrão 2 Florestal, uma frequência maior em informações técnicas e melhorias e adaptações em processos e produtos existentes. Destacaram-se também, em menor medida, os resultados em criação de novos conhecimentos científicos e geração de patentes. Esse último foi inexistente para as empresas do Padrão 2 Florestal. No entanto, assim como nos padrões 1 e 2, as empresas do Padrão 3 Florestal apresentaram resultados com valores baixos em criação de novos processos e produtos, em decorrência de mecanismos de aprendizagem interorganizacionais.

Em síntese, pode-se dizer que o Padrão 3 Florestal é composto por empresas que, em média, realizaram mecanismos de aprendizagem interorganizacionais com intensidades muito semelhantes às das empresas do Padrão 2 Florestal. As parcerias foram mais voltadas a

universidades e institutos de pesquisa locais, fornecedores, consultores e firmas competidoras. Essas parcerias envolveram interações por meio de P&D, aquisição de conhecimento, assistência técnica e aprendizado com usuários líderes e resultaram, em sua maioria, em informações técnicas e melhorias e adaptações em produtos e processos, bem como novos conhecimentos científicos e geração de patentes. Também apresentaram uma estrutura interna de P&D contínuos, o que vem apresentando resultados importantes, como novos conhecimentos científicos e patentes.

5.2.3 Influência dos mecanismos de aprendizagem sobre os padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área industrial da indústria de celulose e papel no Brasil (2003-2014)

5.2.3.1 Padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área industrial e mecanismos de aprendizagem: diferenças e similaridades

Esta subseção busca relacionar os mecanismos de aprendizagem e os padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área industrial da indústria de celulose e papel no Brasil entre 2003 e 2014. Mais uma vez, isto foi feito por meio de um teste de diferenças de média (ANOVA), além de evidências qualitativas com diretores e gestores de algumas empresas da amostra. Para o caso da área industrial, o número de observações foi composto por todas as 15 empresas estudadas, em quatro períodos de tempo: 2003-2005, 2006-2008, 2009-2011 e 2012-2014, totalizando, assim, um máximo de 60 observações.

Os padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área industrial foram detalhados na subseção 5.1.2.2, tendo sido definidos três padrões distintos de empresa: (i) Padrão 1 Industrial: estagnado em capacidade de produção; (ii) Padrão 2 Industrial: evolução da capacidade inovadora básica à intermediária; (iii) Padrão 3 Industrial: estagnado em capacidade inovadora avançada. Busca-se, assim, associar esses padrões com os quatro mecanismos intraorganizacionais, os sete mecanismos interorganizacionais, os seis parceiros e os oito possíveis resultados dos mecanismos intra e interorganizacionais ao longo dos períodos estabelecidos.

Tipos de mecanismo de aprendizagem intraorganizacional

A Tabela 5.10 indica que, com exceção da integração interna de conhecimento, houve diferenças estatisticamente significativas entre os padrões no que tange à frequência média com que as empresas usam os mecanismos intraorganizacionais. A interpretação dos resultados segue a mesma lógica utilizada para a área florestal, na qual primeiramente se verificou a significância estatística da diferença entre as frequências médias dos padrões (ANOVA) e depois se investigou com mais detalhes a origem dessas diferenças pela comparação de cada par de padrões (teste de Duncan).

Tabela 5.10. Área industrial: ANOVA e teste de Duncan para diferenças entre os padrões na frequência média do uso de mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais

Mecanismo de aprendizagem intraorganizacional	ANOVA	Teste de Duncan		
		Frequência baixa	Frequência média	Frequência alta
Codificação de conhecimento	10,023***	Padrão 1 Industrial Padrão 2 Industrial 36,1%	Padrão 3 Industrial 89,6%	-
Compartilhamento interno de conhecimento	5,709***	Padrão 1 Industrial Padrão 2 Industrial 30,0%	Padrão 3 Industrial 72,9%	-
Criação interna de conhecimento	6,154***	Padrão 1 Industrial Padrão 2 Industrial 44,4%	Padrão 3 Industrial 81,3%	-
Integração interna de conhecimento	1,646 (2;46)	Padrão 1 Industrial Padrão 2 Industrial Padrão 3 Industrial 38,6%	-	-

Fonte: Os autores (2016).

Notas: Os valores apresentados na segunda coluna dizem respeito à estatística-teste (com distribuição *F*) para o teste de diferença entre os padrões na área industrial e suas frequências médias do uso dos mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais (ANOVA). Os símbolos *, ** e *** indicam *p*-valores menores do que 10%, 5% e 1%, respectivamente. As demais colunas referem-se aos resultados do teste de Duncan, no qual cada par de padrões foi comparado separadamente. Padrões alocados na mesma coluna não apresentam diferença estatisticamente significativa na frequência com que usam os mecanismos. O Padrão 1 Industrial diz respeito às empresas que estagnaram em capacidade de produção. O Padrão 2 Industrial contém empresas que evoluíram da capacidade inovadora básica à intermediária. O Padrão 3 Industrial é composto por empresas que estagnaram na capacidade inovadora avançada.

Nesse sentido, convém examinar com mais detalhes as diferenças entre os padrões nos quais a intensidade do uso dos mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais mostrou-se distinta do ponto de vista estatístico. Diferentemente do que ocorreu na área florestal, tipicamente o Padrão 3 Industrial apresentou uso relativamente mais intenso desses

mecanismos do que os demais padrões, que se mostraram indistinguíveis. Tipicamente, as empresas do Padrão 3 Industrial implementam mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais com frequência duas vezes maior do que as empresas dos padrões 1 e 2.

Tipos de resultado gerados pelos mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais

A Tabela 5.11 mostra que, entre os resultados dos mecanismos intraorganizacionais, informações técnicas sobre produtos existentes e criação de novos processos e produtos não mostraram uma relação estatisticamente significativa com os padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área industrial. Houve, no entanto, diferenças estatisticamente significativas (pelo menos a 10%) entre os padrões para os resultados em informações técnicas de processos, melhorias e adaptações em produtos e processos, criação de conhecimentos científicos e patentes.

Tabela 5.11. Área industrial: ANOVA e teste de Duncan para diferenças entre os padrões na frequência média dos resultados intraorganizacionais

Resultado intraorganizacional	ANOVA	Teste de Duncan		
		Frequência baixa	Frequência média	Frequência alta
Informações técnicas sobre processos existentes	3,289**	Padrão 1 Industrial Padrão 2 Industrial 51,8%	Padrão 2 Industrial Padrão 3 Industrial 77,3%	-
Informações técnicas sobre produtos existentes	2,100	Padrão 1 Industrial Padrão 2 Industrial Padrão 3 Industrial 71,5%	-	-
Melhorias e adaptações em processos existentes	3,049*	Padrão 1 Industrial Padrão 2 Industrial 52,0%	Padrão 2 Industrial Padrão 3 Industrial 75,8%	-
Melhorias e adaptações em produtos existentes	4,265**	Padrão 1 Industrial Padrão 2 Industrial 41,8%	Padrão 3 Industrial 91,8%	-
Criação de novos processos produtivos	0,901	Padrão 1 Industrial Padrão 2 Industrial Padrão 3 Industrial 38,3%	-	-
Criação de novos produtos	1,456	Padrão 1 Industrial Padrão 2 Industrial Padrão 3 Industrial 39,5%	-	-

Criação de novos conhecimentos científicos	16,876***	Padrão 1 Industrial Padrão 2 Industrial 10,0%	Padrão 3 Industrial 91,8%	-
Patentes	9,464***	Padrão 1 Industrial Padrão 2 Industrial 1,5%	Padrão 3 Industrial 33,3%	-

Fonte: Os autores (2016).

Notas: Os valores apresentados na segunda coluna dizem respeito à estatística-teste (com distribuição *F*) para o teste de diferença entre os padrões na área industrial e suas frequências médias dos resultados intraorganizacionais (ANOVA). Os símbolos *, ** e *** indicam *p*-valores menores do que 10%, 5% e 1%, respectivamente. As demais colunas referem-se aos resultados do teste de Duncan, no qual cada par de padrões foi comparado separadamente. Padrões alocados na mesma coluna não apresentam diferença estatisticamente significativa na frequência com que usam os mecanismos. O Padrão 1 Industrial diz respeito às empresas que estagnaram em capacidade de produção. O Padrão 2 Industrial contém empresas que evoluíram da capacidade inovadora básica à intermediária. O Padrão 3 Industrial é composto por empresas que estagnaram na capacidade inovadora avançada.

A Tabela 5.11 também mostra que, para os resultados significativos, padrões com níveis mais elevados de capacidade tecnológica na área industrial apresentaram frequências médias mais altas. Este foi o caso, por exemplo, das melhorias e adaptações em produtos existentes. Enquanto as empresas dos padrões 1 e 2 apresentaram uma frequência média de 41,8%, as empresas do Padrão 3 Industrial revelaram uma frequência média de 91,8%. No tocante a informações técnicas e melhorias e adaptações em processos existentes, as empresas que compõem o Padrão 2 Industrial encontraram-se nos grupos de frequência baixa e média. Isso ocorreu devido à baixa diferenciação desse padrão para esses resultados específicos, podendo-se, em termos estatísticos, configurar em ambos os grupos de frequência.

O destaque dos mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais deu-se pelas empresas que compõem o Padrão 3 Industrial, que, tanto na Tabela 5.10 quanto na Tabela 5.11, apresentaram frequências médias maiores ao analisar a área industrial. Por outro lado, os resultados em criação de novos processos e produtos apresentaram baixa variabilidade entre os padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área industrial. Isso pode sugerir que os esforços intraorganizacionais das empresas pesquisadas pouco se voltaram para a criação de novos produtos e processos no período recente, voltando-se mais para melhorias e adaptações em processos e produtos existentes.

Tipos de mecanismo de aprendizagem interorganizacional

Para os mecanismos interorganizacionais, as diferenças entre os padrões foram ainda mais marcadas (ver Tabela 5.12). Para alguns deles, não apenas as empresas do Padrão 3 Industrial implementaram mecanismos mais intensamente do que as demais, como também houve diferenças estatisticamente significativas entre os padrões 1 e 2. Este foi o caso da aquisição de conhecimento, assistência técnica e diferentes formas de ensino. A esse respeito, chama atenção o uso muito pouco intenso desses mecanismos pelas empresas do Padrão 1 Industrial: nenhuma delas fez aquisição de conhecimento no período analisado, por exemplo. Além disso, também chama atenção a diferença na intensidade do uso dos mecanismos interorganizacionais entre as empresas do Padrão 3 Industrial e as demais, que foi muito grande. A título de ilustração, em diferentes formas de ensino, a diferença para o Padrão 2 Industrial chegou a ser de mais do que 40% (9,1% para o Padrão 2 Industrial contra 51,4% para o Padrão 3 Industrial). Em P&D, a diferença entre os padrões 1 e 2 foi de quase 70%.

Tabela 5.12. Área industrial: ANOVA e teste de Duncan para diferenças entre os padrões na frequência média do uso de mecanismos de aprendizagem interorganizacionais

Mecanismo de aprendizagem interorganizacional	ANOVA	Teste de Duncan		
		Frequência baixa	Frequência média	Frequência alta
Aprendizado com usuários líderes	14,063***	Padrão 1 Industrial Padrão 2 Industrial 10,2%	Padrão 3 Industrial 43,8%	-
Aquisição de conhecimento	51,350***	Padrão 1 Industrial 0,0%	Padrão 2 Industrial 14,5%	Padrão 3 Industrial 61,8%
Assistência técnica	29,813***	Padrão 1 Industrial 1,0%	Padrão 2 Industrial 18,2%	Padrão 3 Industrial 43,1%
Contratação de profissionais	3,578**	Padrão 1 Industrial Padrão 2 Industrial 7,0%	Padrão 2 Industrial Padrão 3 Industrial 19,8%	-
Diferentes formas de ensino	81,132***	Padrão 1 Industrial 0,0%	Padrão 2 Industrial 9,1%	Padrão 3 Industrial 51,4%
P&D	76,792***	Padrão 1 Industrial Padrão 2 Industrial 6,4%	Padrão 3 Industrial 76,0%	-
Treinamento	15,911***	Padrão 1 Industrial 2,1%	Padrão 2 Industrial 12,7%	Padrão 3 Industrial 33,3%

Fonte: Os autores (2016).

Notas: Os valores apresentados na segunda coluna dizem respeito à estatística-teste (com distribuição *F*) para o teste de diferença entre os padrões na área industrial e suas frequências médias do uso dos mecanismos de aprendizagem interorganizacionais (ANOVA). Os símbolos *, ** e *** indicam *p*-valores menores do que 10%, 5% e 1%, respectivamente. As demais colunas referem-se aos resultados do teste de Duncan, no qual cada par de padrões foi comparado separadamente.

Padrões alocados na mesma coluna não apresentam diferença estatisticamente significativa na frequência com que usam os mecanismos. O Padrão 1 Industrial diz respeito às empresas que estagnaram em capacidade de produção. O Padrão 2 Industrial contém empresas que evoluíram da capacidade inovadora básica à intermediária. O Padrão 3 Industrial é composto por empresas que estagnaram na capacidade inovadora avançada.

Tipos de parceiro interorganizacional

A Tabela 5.13 explora a diferença entre os padrões com relação aos tipos de parceiro – clientes, consultorias, firmas competidoras, fornecedores, universidades e institutos de pesquisa locais e internacionais – com os quais foram adotados os mecanismos de aprendizagem interorganizacionais na área industrial. Novamente, o teste ANOVA indicou diferenças estatisticamente significativas (pelo menos a 10%) entre os padrões. Como no caso dos mecanismos, as empresas do Padrão 3 Industrial tipicamente fazem mais intensamente parcerias interorganizacionais do que as demais (exceção feita às parcerias com competidores) e essa diferença tende a ser muito expressiva. Ademais, em alguns casos também foram identificadas diferenças entre as empresas dos padrões 1 e 2 (parcerias com consultorias, fornecedores e institutos de pesquisas e universidades locais).

Tabela 5.13. Área industrial: ANOVA e teste de Duncan para diferenças entre os padrões na frequência média das parcerias interorganizacionais

Parceiro	ANOVA	Teste de Duncan		
		Frequência baixa	Frequência média	Frequência alta
Clientes	25,647***	Padrão 1 Industrial Padrão 2 Industrial 8,7%	Padrão 3 Industrial 47,9%	-
Consultorias	11,573***	Padrão 1 Industrial 0,4%	Padrão 2 Industrial 19,2%	Padrão 3 Industrial 47,0%
Firmas competidoras	2,474*	Padrão 1 Industrial Padrão 2 Industrial 2,6%	Padrão 2 Industrial Padrão 3 Industrial 6,6%	-
Fornecedores	20,906***	Padrão 1 Industrial 4,9%	Padrão 2 Industrial 21,6%	Padrão 3 Industrial 51,8%
Universidades e institutos de pesquisa internacionais	97,979***	Padrão 1 Industrial Padrão 2 Industrial 2,5%	Padrão 3 Industrial 63,4%	-
Universidades e institutos de pesquisa locais	31,388***	Padrão 1 Industrial 0,0%	Padrão 2 Industrial 16,0%	Padrão 3 Industrial 68,2%

Fonte: Os autores (2016).

Notas: Os valores apresentados na segunda coluna dizem respeito à estatística-teste (com distribuição *F*) para o teste de diferença entre os padrões na área industrial e suas frequências médias das parcerias interorganizacionais (ANOVA). Os

símbolos *, ** e *** indicam p -valores menores do que 10%, 5% e 1%, respectivamente. As demais colunas referem-se aos resultados do teste de Duncan, no qual cada par de padrões foi comparado separadamente. Padrões alocados na mesma coluna não apresentam diferença estatisticamente significativa na frequência com que usam os mecanismos. O Padrão 1 Industrial diz respeito às empresas que estagnaram em capacidade de produção. O Padrão 2 Industrial contém empresas que evoluíram da capacidade inovadora básica à intermediária. O Padrão 3 Industrial é composto por empresas que estagnaram na capacidade inovadora avançada.

Tipos de resultado gerados pelos mecanismos de aprendizagem interorganizacionais

Por fim, a Tabela 5.14 apresenta o teste ANOVA para os resultados dos mecanismos de aprendizagem interorganizacionais na área industrial, indicando que todos os resultados apresentaram uma relação estatisticamente significativa a 1% com os padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área industrial (exceção para criação de novos conhecimentos científicos, que é significativa a 5%).

Tabela 5.14. Área industrial: ANOVA e teste de Duncan para diferenças entre os padrões na frequência média dos resultados interorganizacionais

Resultado Interorganizacional	ANOVA	Teste de Duncan		
		Frequência baixa	Frequência média	Frequência alta
Informações técnicas sobre processos existentes	16,886***	Padrão 1 Industrial 3,9%	Padrão 2 Industrial 29,6%	Padrão 3 Industrial 67,5%
Informações técnicas sobre produtos existentes	46,439***	Padrão 1 Industrial 3,9%	Padrão 2 Industrial 16,3%	Padrão 3 Industrial 67,5%
Melhorias e adaptações em processos existentes	28,063***	Padrão 1 Industrial 1,5%	Padrão 2 Industrial 24,6%	Padrão 3 Industrial 67,5%
Melhorias e adaptações em produtos existentes	69,063***	Padrão 1 Industrial Padrão 2 Industrial 6,7%	Padrão 3 Industrial 66,7%	-
Criação de novos processos produtivos	42,251***	Padrão 1 Industrial Padrão 2 Industrial 3,4%	Padrão 3 Industrial 41,7%	-
Criação de novos produtos	19,635***	Padrão 1 Industrial Padrão 2 Industrial 3,0%	Padrão 3 Industrial 28,2%	-
Criação de novos conhecimentos científicos	4,264**	Padrão 1 Industrial Padrão 2 Industrial 6,9%	Padrão 2 Industrial Padrão 3 Industrial 21,8%	-
Patentes	9,1***	Padrão 1 Industrial Padrão 2 Industrial 0,0%	Padrão 3 Industrial 14,3%	-

Fonte: Os autores (2016).

Notas: Os valores apresentados na segunda coluna dizem respeito à estatística-teste (com distribuição F) para o teste de diferença entre os padrões na área industrial e suas frequências médias dos resultados interorganizacionais (ANOVA). Os

símbolos *, ** e *** indicam p -valores menores do que 10%, 5% e 1%, respectivamente. As demais colunas referem-se aos resultados do teste de Duncan, no qual cada par de padrões foi comparado separadamente. Padrões alocados na mesma coluna não apresentam diferença estatisticamente significativa na frequência com que usam os mecanismos. O Padrão 1 Industrial diz respeito às empresas que estagnaram em capacidade de produção. O Padrão 2 Industrial contém empresas que evoluíram da capacidade inovadora básica à intermediária. O Padrão 3 Industrial é composto por empresas que estagnaram na capacidade inovadora avançada.

As três últimas colunas da Tabela 5.14 apresentam as diferenças de frequências médias entre os resultados dos mecanismos interorganizacionais. Verifica-se que os resultados em informações técnicas sobre produtos e processos existentes e melhorias em processos apresentaram médias distintas para cada padrão. Já os resultados em melhorias em produtos, criação de novos produtos e processos e patentes foram classificados em dois conjuntos de frequências médias: os padrões 1 e 2 classificados como frequência baixa e o Padrão 3 Industrial classificado como frequência média. Em todos os casos, evidenciou-se que os padrões com níveis mais elevados de capacidade tecnológica na área industrial implementaram os mecanismos de aprendizagem interorganizacionais em uma frequência maior do que os padrões com níveis menos elevados de capacidade tecnológica.

O que se pode verificar por meio dos resultados estatísticos dos mecanismos de aprendizagem interorganizacionais, de seus parceiros e de seus possíveis resultados na área industrial, apresentados nas Tabelas 5.12, 5.13 e 5.14, é que, de maneira geral, conseguem explicar as diferenças que existem entre os padrões 1 e 2 e o Padrão 3 Industrial. Percebe-se que a frequência do uso de mecanismos interorganizacionais é bem próxima entre as empresas dos padrões 1 e 2, mas bem distinta do Padrão 3 Industrial. Para as empresas do Padrão 2 Industrial, algumas parcerias diferenciaram-se com frequências médias maiores do que as empresas do Padrão 1 Industrial, como foi o caso das consultorias, dos fornecedores e das universidades e institutos de pesquisa locais, bem como dos resultados em informações técnicas e melhorias e adaptações em processos existentes. Destacaram-se, também, as parcerias com clientes e universidades e institutos de pesquisa internacionais realizadas pelas empresas do Padrão 3 Industrial, bem como suas interações interorganizacionais em P&D e aquisição de conhecimento e seus resultados em geração de patentes.

Ao contrário do que ocorreu com a área florestal na Tabela 5.9, as variáveis de criação de novos processos e produtos por meio de mecanismos de aprendizagem interorganizacionais, na Tabela 5.14, apresentaram uma relação estatisticamente significativa com os padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área industrial. Dessa

maneira, o uso de mecanismos de aprendizagem interorganizacionais foi importante para a criação de novos produtos e processos para a área industrial das empresas estudadas nos anos mais recentes. Na área florestal, os resultados sugerem uma importância maior dada às melhorias e adaptações em produtos e processos existentes. Algumas características por padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área industrial são ressaltadas a seguir.

5.2.3.2 Exame dos mecanismos de aprendizagem sob a perspectiva dos padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área industrial

Dados os testes estatísticos levantados na subseção anterior, esta subseção busca ressaltar alguns aspectos do uso de mecanismos de aprendizagem por tipo de padrão de acumulação de capacidades tecnológicas na área industrial. Cada um dos três padrões da área industrial é destacado a seguir.

(i) Padrão 1 Industrial: estagnado em capacidade de produção

O Padrão 1 Industrial é representado por empresas que, durante 2003 a 2014, se mantiveram estagnadas no nível de capacidade de produção. Como ressaltado na subseção 5.1.2.2, todas as empresas que compõem este padrão não possuem florestas próprias, produzindo apenas papel. Pelas Tabelas 5.10 e 5.11, é possível perceber que, para todos os mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais e seus resultados, essas empresas situaram-se na classificação de menor frequência média. Assim, as empresas do Padrão 1 Industrial utilizaram os mecanismos intraorganizacionais em menor intensidade, principalmente em comparação com as empresas situadas no Padrão 3 Industrial.

Essa menor frequência também ocorreu com os mecanismos interorganizacionais. Entre os tipos de mecanismo de aprendizagem interorganizacional apresentados na Tabela 5.12, as empresas do Padrão 1 Industrial possuíram uma frequência um pouco maior em aprendizado com usuários líderes. Os outros mecanismos apresentaram valores iguais ou muito próximos de zero, como foi o caso de aquisição de conhecimento, assistência técnica, diferentes formas de ensino e treinamento.

Pela Tabela 5.13, é possível perceber que os parceiros mais frequentes das empresas que compõem o Padrão 1 Industrial foram clientes e fornecedores. Parcerias com consultorias, universidades e institutos de pesquisa locais e internacionais foram praticamente inexistentes. Quanto aos resultados dos mecanismos de aprendizagem interorganizacionais da Tabela 5.14, não se pode destacar nenhum tipo, pois apresentaram valores muito próximos de zero e muito baixos em relação aos outros padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área industrial.

Em síntese, pode-se dizer que o Padrão 1 Industrial é composto por empresas que realizaram poucos mecanismos de aprendizagem intra e interorganizacionais e possuíam poucas parcerias. Isso se deve pelo fato de serem empresas que ainda não avançaram em níveis de capacidade inovadora, estando estagnadas no nível de capacidade de produção.

(ii) Padrão 2 Industrial: evolução da capacidade inovadora básica à intermediária

O Padrão 2 Industrial é representado por empresas que, durante 2003 a 2014, elevaram seus níveis de capacidade inovadora básica à intermediária. Como ressaltado na subseção 5.1.2.2, este padrão é composto tanto por empresas que possuem florestas quanto por empresas que não as possuem. Com relação aos tipos de mecanismo de aprendizagem intraorganizacional apresentados na Tabela 5.10, percebe-se a importância da codificação, compartilhamento e criação de conhecimento interno, porém seus valores médios não se diferenciaram dos valores das empresas que compõem o Padrão 1 Industrial.

Quanto aos resultados gerados por meio dos mecanismos intraorganizacionais apresentados na Tabela 5.11, o Padrão 2 Industrial destacou-se por informações técnicas sobre processos existentes e melhorias e adaptações em processos existentes. Dessa maneira, verifica-se que os esforços interorganizacionais concentraram-se mais em resultados de processos do que de produtos. Como salientado na subseção 5.1.2.2, as empresas deste padrão avançaram muito em melhorias em processos baseados em ganhos de eficiência energética. Esse tipo de esforço foi feito muito em parceria com fornecedores, mas também por meio de mecanismos intraorganizacionais. O gerente Industrial da empresa Teta, por exemplo, citou a necessidade de não apenas adquirir tecnologia, mas também de possuir a capacidade interna de absorver, modificar e adotar novas tecnologias:

Nós nos apoiamos muito em tecnologias já prontas de fornecedores de produtos químicos e equipamentos, mas para isso é necessário possuir uma bagagem interna de conhecimento para poder escolher, modificar e até adotar as soluções. Então, coisas que inicialmente estava entendendo que seriam uma aquisição, hoje eu já entendo que a solução se passa muito internamente. Aos poucos vamos adotando as novas tecnologias, observando e testando empiricamente.

Quanto aos tipos de mecanismo de aprendizagem interorganizacional apresentados na Tabela 5.12, as empresas do Padrão 2 Industrial possuíam uma frequência maior em relação aos mecanismos de aquisição de conhecimento, assistência técnica, diferentes formas de ensino e treinamento. Já os mecanismos de aprendizado com usuários líderes e P&D apresentaram valores baixos, semelhantes aos das empresas do Padrão 1 Industrial. Pela Tabela 5.13, é possível perceber que os parceiros mais frequentes foram os fornecedores, consultores e universidades e institutos de pesquisa locais, enquanto as parcerias com clientes e universidades e institutos de pesquisa internacionais apresentaram valores baixos, semelhantes aos das empresas do Padrão 1 Industrial. As parcerias envolvendo firmas competidoras também apresentaram frequências baixas, mas, neste caso, até as empresas do Padrão 3 Industrial revelaram valores baixos para a área industrial.

Nas entrevistas de campo com as empresas que pertencem ao Padrão 2 Industrial, foi possível perceber a grande importância dada às parcerias com fornecedores. Apesar de as grandes empresas fornecedoras de máquinas e equipamentos serem estrangeiras, chama atenção o fato de que algumas firmas importantes estejam desenvolvendo tecnologias no Brasil. Um exemplo disso é a empresa Voith, de capital alemão, que possui um centro de tecnologia de processos em papéis *tissue* em São Paulo.

Outra característica interessante foi levantada em trabalho anterior⁴², ressaltando-se que a acumulação de capacidades tecnológicas da indústria de celulose e papel no Brasil estimulou a emergência de *spin-offs* e *spillovers* das empresas do setor. Algumas empresas produtoras passaram a se engajar nas atividades de fornecimento de máquinas e equipamentos para o setor de celulose e papel por meio da criação de novas empresas especializadas no segmento. Esse processo marcou a diversificação horizontal do setor, iniciada no começo dos anos 1980. As empresas fornecedoras que emergiram das empresas produtoras focaram suas atividades principalmente em projetos de engenharia, serviços de manutenção, metalurgia, sistemas de informação tecnológica, entre outros.

⁴² Ver Figueiredo (2014).

Dessa maneira, nas entrevistas de campo foi possível identificar a proximidade e o desenvolvimento de processos industriais das empresas produtoras de celulose e papel sempre em conjunto com seus fornecedores. Entretanto, alguns grandes fornecedores de bens de capital para essa indústria ressaltaram o conservadorismo da indústria nacional, visto que muitas das soluções propostas só passam a ser aceitas a partir de pressões externas, competitivas e ambientais. Este foi o relato, por exemplo, do presidente de uma empresa de bens de capital que fornece máquinas e equipamentos para a indústria de papel e participou do *workshop* da pesquisa:

O modelo de inovação utilizado no setor é de que os fornecedores se antecipam em ter as soluções, ainda que parciais, para o mercado. Os fornecedores estão atentos à demanda futura e o cliente as aceita quando as pressões externas, competitivas ou ambientais ficam mais próximas dele e vai calibrando seu processo produtivo para suplantar essas pressões. Um exemplo disso é que há pouco tempo não era prevista nas plantas novas de celulose a retirada de subprodutos para reintegrar a biorrefinarias no processo. Contudo, os fornecedores já sabem que é uma demanda que virá e já possuem uma solução pronta de adaptação das plantas atuais para oferecer.

Quanto aos resultados gerados por meio dos mecanismos interorganizacionais apresentados na Tabela 5.14, as empresas que compõem o Padrão 2 Industrial possuíam uma frequência maior em informações técnicas sobre produtos e processos e melhorias e adaptações em processos existentes, com valores bem superiores do que os das empresas do Padrão 1 Industrial. Por outro lado, as empresas do Padrão 2 Industrial não apresentaram resultados expressivos em melhorias e adaptações em produtos, criação de novos produtos e processos, criação de novos conhecimentos científicos e patentes.

Em síntese, pode-se dizer que o Padrão 2 Industrial é composto por empresas que, em média, realizaram mecanismos de aprendizagem interorganizacionais em maior intensidade com universidades e institutos de pesquisa locais, fornecedores e consultores, envolvendo interações por meio de aquisição de conhecimento, assistência técnica, diferentes formas de ensino e treinamento, que resultaram, em sua maioria, em informações técnicas sobre produtos e processos e melhorias e adaptações em processos. As empresas do Padrão 2 Industrial diferenciaram-se em alguns aspectos das empresas do Padrão 1 Industrial com relação aos mecanismos de aprendizagem interorganizacionais, mas mostraram-se bem distantes das empresas do Padrão 3 Industrial. As empresas que compõem o Padrão 2 Industrial também implementaram mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais na

mesma intensidade das empresas do Padrão 1 Industrial, porém, com alguns destaques dos resultados provenientes desses mecanismos, principalmente com relação às informações e melhorias em processos existentes.

(iii) Padrão 3 Industrial: estagnado em capacidade inovadora avançada

O Padrão 3 Industrial é representado por empresas que, durante 2003 a 2014, se mantiveram estagnadas no nível de capacidade inovadora avançada na área industrial. Como ressaltado na subseção 5.1.2.2, todas as empresas deste padrão possuem florestas próprias. Pela Tabela 5.10, é possível perceber que essas empresas implementaram mecanismos intraorganizacionais em uma maior intensidade do que os outros padrões. Os valores médios dos mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais foram cerca do dobro do valor dos padrões 1 e 2. Isso se deve ao fato de as empresas do Padrão 3 Industrial possuírem departamentos internos de P&D industrial voltados para melhorias contínuas, o que não há nos outros padrões.

Quanto aos resultados gerados por meio dos mecanismos intraorganizacionais apresentados na Tabela 5.11, o Padrão 3 Industrial destacou-se por informações técnicas, melhorias e adaptações em processos e produtos existentes, criação de novos conhecimentos científicos e patentes. Como já ressaltado na subseção 5.1.2.2, as empresas que compõem o Padrão 3 Industrial fizeram importantes esforços na introdução de novos produtos e melhorias em processos de produção para atendê-los. O que se pode inferir da estatística ANOVA da Tabela 5.11, no entanto, é que os mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais não foram suficientes para gerar resultados em criação de novos produtos, mas foram importantes para os resultados em melhorias em novos produtos e processos, bem como criação de novos conhecimentos científicos e geração de patentes.

Quanto aos mecanismos de aprendizagem interorganizacionais apresentados na Tabela 5.12, a frequência com que as empresas pertencentes ao Padrão 3 Industrial utilizaram-nos foi bem expressiva quando comparada à das empresas dos padrões 1 e 2. Entre os tipos de mecanismo de aprendizagem interorganizacional, as empresas do Padrão 3 Industrial destacaram-se em aprendizado com usuários líderes, aquisição de conhecimento, assistência técnica, diferentes formas de ensino, P&D e treinamento. Já pela Tabela 5.13, é

possível perceber que as empresas do Padrão 3 Industrial possuíam parcerias em frequência mais alta com clientes, consultores, fornecedores e, principalmente, universidades e institutos de pesquisa locais e internacionais. Já as parcerias com firmas competidoras apresentaram valores baixos e equivalentes aos das empresas do Padrão 2 Industrial.

Em entrevista realizada com o diretor Executivo da empresa Gama, que se encontra no Padrão 3 Industrial, ele ressaltou a importância do desenvolvimento de processos e produtos em conjunto com universidades e fornecedores, bem como da criação de um determinado produto a partir de parceria com um grande cliente específico. Neste caso, foram criados tanto novos produtos quanto novos processos, voltados para embalagens destinadas à indústria alimentícia, para as quais foi preciso desenvolver propriedades específicas de barreira para líquidos, calor e gordura.

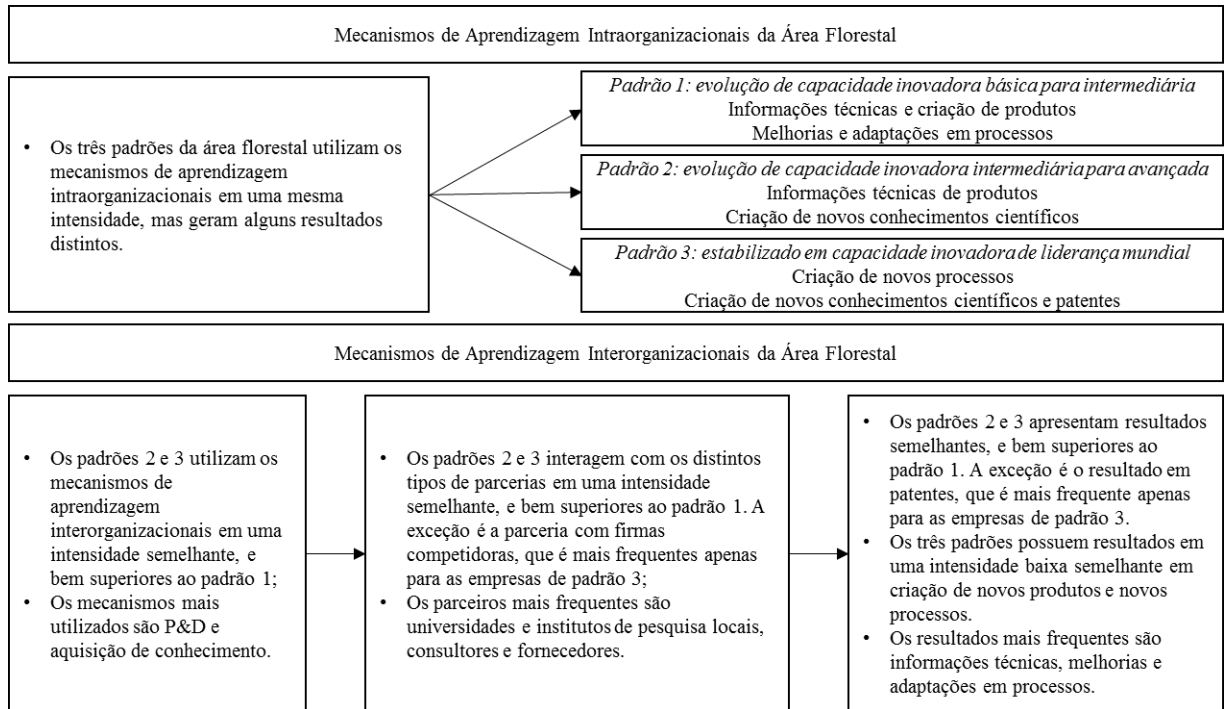
Quanto aos resultados gerados por meio dos mecanismos interorganizacionais apresentados na Tabela 5.14, as empresas do Padrão 3 Industrial apresentaram valores expressivos para todos os tipos de resultado, diferenciando-se bastante das empresas dos padrões 1 e 2. Destacaram-se os resultados em criação de novos produtos e processos, que não foram estatisticamente significativos para a área florestal, apresentada na subseção 5.2.2. Neste caso, como apresentado na subseção 5.1.2.2, as empresas do Padrão 3 Industrial implementaram importantes inovações em novos produtos e processos voltados para o mercado de celulose e papel. Esses esforços concentraram-se em novos tipos de celulose e novas gramaturas de papel e foram realizados em parceria, como ocorreu com o novo tipo de embalagem da empresa Gama, citado no parágrafo anterior.

Em síntese, pode-se dizer que o Padrão 3 Industrial é composto por empresas que, em média, realizaram mecanismos de aprendizagem interorganizacionais em intensidades bem maiores do que as empresas pertencentes aos padrões 1 e 2. Houve uma ampla utilização de todos os tipos de parceria e interação, que geraram vários resultados, como a criação de novos produtos e processos. A criação de novos produtos por meio dos mecanismos de aprendizagem está pouco presente nas empresas de outros padrões e até mesmo na área florestal das empresas estudadas. No entanto, deve ser relativizada, como apresentado na subseção 5.1.2.2, pois não se aprofundou em novas linhas de negócio para além do mercado de papel e da *commodity* celulose.

5.2.4 Síntese da influência dos mecanismos de aprendizagem sobre os padrões de acumulação de capacidades tecnológicas da indústria de celulose e papel no Brasil (2003-2014)

Esta subseção apresenta uma síntese dos resultados encontrados da relação entre os mecanismos de aprendizagem e os padrões de acumulação de capacidades tecnológicas da indústria de celulose e papel entre 2003 e 2014. Primeiramente, para a área florestal, a Figura 5.32 sintetiza que os três padrões de acumulação de capacidades tecnológicas implementaram os mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais em uma mesma intensidade, ou seja, não se podem diferenciar os padrões da área florestal por meio dos mecanismos internos à empresa. No entanto, esses mecanismos geraram alguns resultados distintos entre os padrões. Verifica-se que as empresas pertencentes ao Padrão 1 Florestal voltaram seus esforços internos para a geração de informações técnicas e criação de produtos e melhorias em seus processos. Já as empresas pertencentes ao Padrão 2 Florestal geraram resultados por meio de seus esforços internos em criação de novos conhecimentos científicos. Por fim, as empresas do Padrão 3 Florestal diferenciam-se por apresentarem resultados em criação de novos processos, geração de patentes e criação de novos conhecimentos científicos.

Figura 5.32. Principais relações entre os tipos de mecanismo de aprendizagem e os padrões de capacidades tecnológicas da área florestal



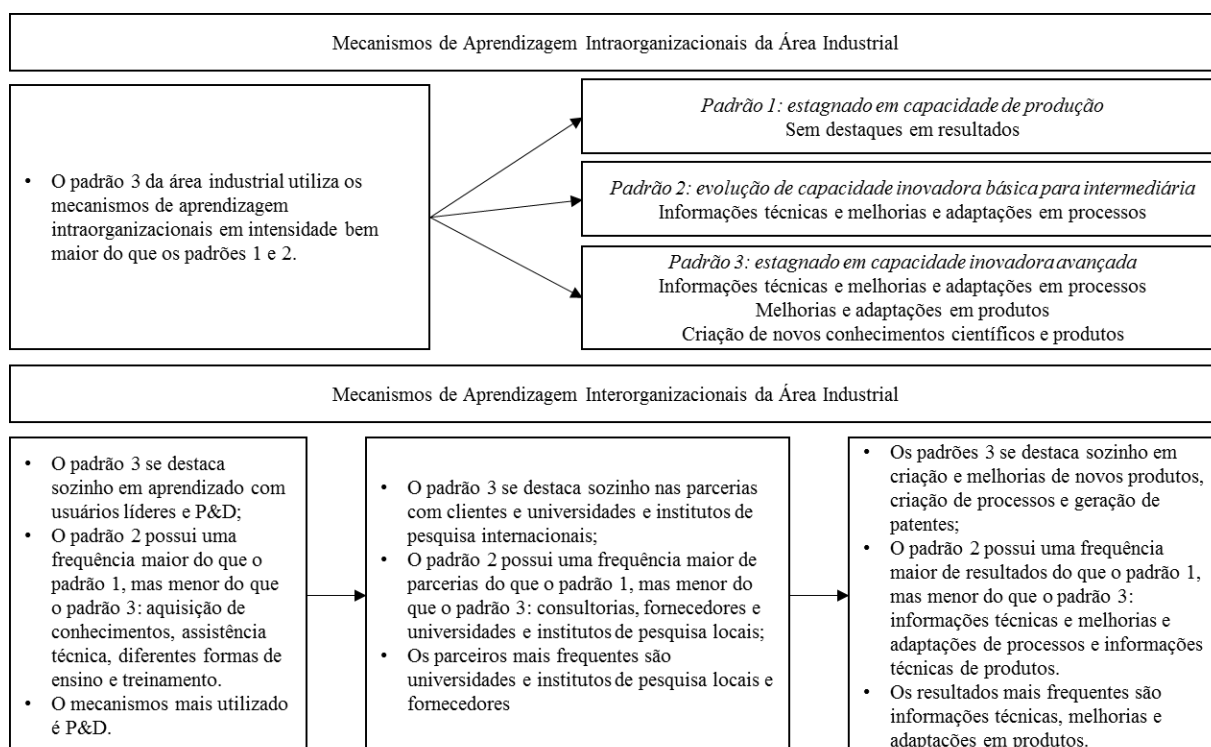
Fonte: Os autores (2016).

As diferenças entre os padrões de acumulação de capacidades tecnológicas para a área florestal surgem de forma mais nítida ao analisar os mecanismos de aprendizagem interorganizacionais. A Figura 5.32 sintetiza que os padrões 2 e 3 da área florestal apresentaram intensidades semelhantes no uso desses mecanismos, nos tipos de parceria e nos resultados gerados, que foram bem superiores às frequências verificadas pelas empresas pertencentes ao Padrão 1 Florestal. Entre as empresas dos padrões 2 e 3, verifica-se que estas se diferenciam por possuírem frequências maiores em parcerias com firmas competidoras e resultados em geração de patentes. De forma geral, os mecanismos em P&D e aquisição de conhecimentos, as parcerias com universidades e institutos de pesquisa locais, fornecedores e consultores e os resultados em melhorias e adaptações em processos foram predominantes na área florestal da indústria de celulose e papel no Brasil entre 2003 e 2014.

Já a Figura 5.33 apresenta a relação entre os mecanismos de aprendizagem e os padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área industrial. Ao contrário do que ocorreu na área florestal, os mecanismos intraorganizacionais apresentaram resultados que diferenciaram as empresas dos padrões 1 e 2 das empresas do Padrão 3 Industrial. Estas apresentaram frequências bem maiores em codificação, compartilhamento e criação interna

de conhecimento, que geraram resultados em melhorias e adaptações em produtos e processos, criação de novos conhecimentos científicos e patentes. Esses resultados justificam-se pelo fato de as empresas que compõem o Padrão 3 Industrial, ao contrário das dos outros padrões, possuírem departamentos internos de P&D industrial. As empresas do Padrão 2 Industrial também apresentaram resultados importantes em melhorias e adaptações em processos, ao contrário das empresas do Padrão 1 Industrial, que não revelaram resultados relevantes.

Figura 5.33. Principais relações entre os tipos de mecanismo de aprendizagem e os padrões de capacidades tecnológicas da área industrial



Fonte: Os autores (2016).

Assim como na área florestal, as diferenças entre os padrões na área industrial também ficam mais nítidas ao analisar a influência dos mecanismos de aprendizagem interorganizacionais. Em vários tipos de mecanismo, parceiro e resultado, é possível constatar que as frequências das empresas do Padrão 3 Industrial foram maiores do que as das empresas do Padrão 2 Industrial e que as destas foram maiores do que as das empresas do Padrão 1 Industrial. Individualmente, as empresas pertencentes ao Padrão 3 Industrial destacaram-se na utilização de P&D e de aprendizado com usuários líderes, nas parcerias com

clientes e universidades e institutos de pesquisa internacionais e nos resultados em geração de patentes e criação de novos produtos e processos. As empresas do Padrão 2 Industrial também se destacaram por avançar nas parcerias com fornecedores e universidade e institutos de pesquisa locais para gerar melhorias em processos produtivos voltados para ganhos de eficiência energética.

Tanto para a área florestal quanto para a área industrial, é possível verificar a alta importância dada aos mecanismos de aprendizagem interorganizacionais para a acumulação de capacidades tecnológicas. Mesmo para padrões com frequências semelhantes na utilização dos tipos de mecanismo de aprendizagem, alguns resultados gerados foram distintos. Na área florestal, as empresas dos padrões 2 e 3 assemelharam-se na criação de novos conhecimentos científicos, uma vez que são empresas que se encontram em níveis de capacidade inovadora avançada e de liderança mundial. Já na área industrial, as empresas do Padrão 3 Industrial diferenciam-se dos outros padrões, principalmente nos resultados em criação de novos produtos e processos. Essas empresas também chamam atenção, nas áreas florestal e industrial, pelos resultados em geração de patentes, que não foram comuns para as outras empresas do setor no Brasil.

Por fim, vale destacar que os resultados das parcerias interorganizacionais na área industrial apresentaram alta importância na criação de novos produtos e processos por empresas que pertencem ao Padrão 3 Industrial. Isso não significa, porém, que a indústria de celulose e papel no Brasil esteja se movendo em produtos na fronteira tecnológica fora do papel propriamente dito (bioprodutos, nanocelulose etc.). Como já ressaltado na subseção 5.1.2.2, os processos industriais das empresas estudadas atualizaram-se no período recente, com foco em eficiência energética, enquanto as inovações em produto voltaram-se para novas características e novas gramaturas para papel. Os avanços nessas áreas foram importantes, mas ainda estão longe de se deslocar em novas fronteiras tecnológicas.

5.3 Impactos da acumulação de capacidades tecnológicas no desempenho da indústria de celulose e papel no Brasil (2003-2014)

Esta subseção busca inferir a relação entre os padrões e os níveis de acumulação de capacidades tecnológicas das empresas de celulose e papel pesquisadas e algumas variáveis de desempenho competitivo, quais sejam: produtividade do trabalho (receita bruta de vendas pelo número de trabalhadores) e proporção das receitas obtidas com exportação. Essa análise foi feita tanto por uma abordagem qualitativa, mediante realização de entrevistas com as empresas de celulose e papel e *workshops* com especialistas do setor, quanto quantitativa, por inferências estatísticas com métodos distintos dos questionários aplicados.

As estimativas estatísticas entre padrões de acumulação de capacidades tecnológicas e desempenho foram feitas por meio de análise de variância (ANOVA) e regressões. Esses testes foram organizados em três subseções: primeiramente, na subseção 5.3.1, analisa-se a relação entre os padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área florestal e seus desempenhos; depois, na subseção 5.3.2, a mesma relação é observada para a área industrial; por fim, a subseção 5.3.3 testa o impacto da acumulação de capacidades tecnológicas no desempenho competitivo das empresas estudadas entre 2003 e 2014 ao analisar as áreas florestal e industrial em conjunto.

5.3.1 Impactos da acumulação de capacidades tecnológicas na área florestal no desempenho da indústria de celulose e papel no Brasil (2003-2014)

Esta subseção analisa a relação entre os padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área florestal da indústria de celulose e papel no Brasil entre 2003 e 2014 e algumas variáveis selecionadas de desempenho das empresas. Essa relação foi testada por meio de uma análise de variância (ANOVA), assim como foi feito na subseção 5.2. Para o caso da área florestal, o número de observações foi composto pelas oito empresas pesquisadas que possuem florestas próprias, em quatro períodos de tempo: 2003-2005, 2006-2008, 2009-2011 e 2012-2014, totalizando um máximo de 32 observações. Os padrões de acumulação de capacidades tecnológicas foram os mesmos definidos na subseção 5.1.2.1: (i) Padrão 1 Florestal: evolução da capacidade inovadora básica à intermediária; (ii) Padrão 2 Florestal:

evolução da capacidade inovadora intermediária à avançada; (iii) Padrão 3 Florestal: estabilizado em capacidade inovadora de liderança mundial. Busca-se, assim, associar esses padrões (variáveis explicativas) às variáveis de desempenho (variáveis dependentes).

A Tabela 5.15 apresenta o teste ANOVA para as duas variáveis de desempenho na primeira coluna: produtividade do trabalho (em R\$ por trabalhador) e proporção das receitas obtidas com exportação (em %). O teste ANOVA das relações entre os padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área florestal e as duas variáveis de desempenho mostrou-se positivo e estatisticamente significativo a 1%. Tanto na produtividade do trabalho quanto na variável de exportação, o teste de Duncan delimitou duas diferenças de frequências médias entre os três padrões: o Padrão 1 Florestal classificado com uma frequência baixa e os padrões 2 e 3 classificados com uma frequência média.

Tabela 5.15. Área florestal: ANOVA e teste de Duncan para diferenças entre os padrões na frequência média das variáveis de desempenho

Variável de desempenho	ANOVA	Teste de Duncan		
		Frequência baixa	Frequência média	Frequência alta
Produtividade do trabalho	17,472*** (2;16)	Padrão 1 Florestal R\$ 231.436,82	Padrão 2 Florestal Padrão 3 Florestal R\$ 620.953,20	-
Proporção das receitas obtidas com exportação	7,815*** (2;16)	Padrão 1 Florestal 37,15%	Padrão 2 Florestal Padrão 3 Florestal 54,24%	-

Fonte: Os autores (2016).

Notas: Os valores apresentados na segunda coluna dizem respeito à estatística-teste (com distribuição *F*) para o teste de diferença entre os padrões na área florestal e suas frequências médias das variáveis de desempenho (ANOVA). Os símbolos *, ** e *** indicam *p*-valores menores do que 10%, 5% e 1%, respectivamente. As demais colunas referem-se aos resultados do teste de Duncan, no qual cada par de padrões foi comparado separadamente. Padrões alocados na mesma coluna não apresentam diferença estatisticamente significativa na frequência com que usam os mecanismos. O Padrão 1 Florestal diz respeito às empresas que evoluíram da capacidade inovadora básica à intermediária. O Padrão 2 Florestal contém empresas que evoluíram da capacidade inovadora intermediária à avançada. O Padrão 3 Florestal é composto por empresas que se mantiveram na capacidade inovadora de liderança mundial.

A Tabela 5.15 mostra que a média da produtividade do trabalho para as empresas dos padrões 2 e 3 (620 mil) foi 2,6 vezes maior do que a média das empresas do Padrão 1 Florestal (231 mil). Além disso, 54% das receitas das empresas dos padrões 2 e 3 foram obtidas, em média, por vendas destinadas à exportação, enquanto a média para as empresas do Padrão 1 Florestal foi de 37%. Esses resultados evidenciam que empresas que pertencem a padrões mais elevados de capacidades tecnológicas na área florestal possuem, em média, resultados

de desempenho produtivo melhores e são mais inseridas no mercado internacional do que empresas que pertencem a padrões menos elevados de capacidades tecnológicas.

As entrevistas com gestores das empresas analisadas confirmam o melhor desempenho produtivo destas em decorrência de maiores acúmulos de capacidades tecnológicas na área florestal. Nessa área, a questão da pesquisa e seleção em melhoramento e modificação genética de árvores ganha posição de destaque. Como já ressaltado na subseção 4.3, a evolução da trajetória tecnológica de fibra curta à base de eucalipto tornou-se fundamental para o ganho de competitividade da indústria de celulose e papel no Brasil. É possível dizer que todas as empresas beneficiaram-se em termos de produtividade com o melhoramento de espécies de eucalipto, que podem variar com relação ao tipo de clima e vegetação. Como destacado na subseção 4.3, o Brasil é líder no *ranking* mundial de produtividade florestal. Contudo, apesar da ótima posição brasileira na indústria de celulose e papel em termos de produtividade florestal, verificou-se nas entrevistas e estatísticas dos dados coletados (Tabela 5.15) que essa produtividade varia de acordo com padrões e níveis distintos de acumulação de capacidades tecnológicas na área florestal das empresas estudadas.

Para o diretor Executivo da empresa Gama, que apresenta o Padrão 3 Florestal, a pesquisa contínua em departamentos formais de P&D em melhoramento genético das espécies de árvore de interesse fez com que a empresa economizasse recursos, destacando a menor área necessária para o plantio:

A melhoria contínua no uso das fibras fez com que a empresa apresentasse uma produtividade florestal maior do que a média do setor, o que implica a não necessidade de aumentar as áreas de plantação para manter ou até mesmo aumentar a produção de celulose. O melhor uso da floresta impactou em raios médios menores de abastecimento das fábricas, o que influenciou diretamente os custos da empresa.

O foco em melhoramento genético das empresas de celulose e papel no Brasil que possuem florestas próprias parece contribuir significativamente para os ganhos de produtividade e competitividade do setor, porém não se pode dizer que se trata de uma inovação recente, uma vez que vem sendo desenvolvida há décadas, como destacado na subseção 4.3 e na Figura 4.14. Segundo o gerente Florestal da empresa Delta:

O melhoramento genético é que trouxe os ganhos de produtividade mais importantes para o setor de celulose e papel no Brasil. Se pensarmos nos últimos 30 anos, podemos dizer que a produtividade florestal brasileira dobrou. Esse foi o grande projeto.

Dessa maneira, o melhoramento genético ainda vem contribuindo decisivamente para o aumento da produtividade na área florestal das empresas de celulose e papel no Brasil, mas em níveis incrementais de uma trajetória tecnológica já bem definida e disseminada. Em todas as empresas entrevistadas, foi possível verificar que o foco da acumulação de capacidades tecnológicas na área florestal dá-se mais pelo envolvimento em inovações incrementais de forma contínua. Nesse aspecto, além da busca por melhoramento genético, há uma busca contínua por melhorias na mecanização e na logística no processo de plantio, colheita e transporte da madeira.

Como apresentado na subseção 5.1.2.1, a busca por inovações incrementais e contínuas em departamento de P&D é comum entre as empresas que apresentaram os padrões 2 e 3 de acumulação de capacidades tecnológicas na área florestal. Isso, porém, já não acontece com as empresas que compõem o Padrão 1 Florestal, mesmo que estejam inseridas internacionalmente por meio da venda de celulose para o mercado externo. A Tabela 5.15 mostra que a proporção do valor da receita de vendas obtidas com exportação das empresas do Padrão 1 Florestal (37%) não foi muito menor do que a das empresas dos padrões 2 e 3 (54%). Isso demonstra a alta competitividade da celulose brasileira, mesmo para as empresas com padrões menores de acumulação de capacidades tecnológicas na área florestal.

5.3.2 Impactos da acumulação de capacidades tecnológicas na área industrial no desempenho da indústria de celulose e papel no Brasil (2003-2014)

Esta subseção analisa a relação entre os padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área industrial da indústria de celulose e papel no Brasil entre 2003 e 2014 e algumas variáveis selecionadas de desempenho competitivo. Assim como na área florestal, analisada da subseção 5.3.1, esta subseção utiliza a análise de variância (ANOVA). Para o caso da área industrial, o número de observações foi composto por todas as 15 empresas pesquisadas, nos quatro triênios estabelecidos, totalizando um máximo de 60 observações.

Os padrões de acumulação de capacidades tecnológicas da área industrial foram os mesmos definidos na subseção 5.1.2.1: (i) Padrão 1 Industrial: estagnado em capacidade de produção; (ii) Padrão 2 Industrial: evolução da capacidade inovadora básica à intermediária; (iii) Padrão 3 Industrial: estagnado em capacidade inovadora avançada. Busca-se, assim, associar esses padrões (variáveis explicativas) com as variáveis de desempenho (variáveis dependentes).

A Tabela 5.16 apresenta o teste ANOVA para as duas variáveis de desempenho na primeira coluna. As relações entre os padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área industrial e as duas variáveis de desempenho mostraram-se positivas e estatisticamente significativas ao mínimo de 5%. Para a produtividade do trabalho, o teste de Duncan delimitou duas diferenças de frequências médias entre os três padrões de capacidades tecnológicas na área industrial: os padrões 1 e 2 classificados em uma frequência baixa e o Padrão 3 Industrial classificado em uma frequência média. Já para a proporção das vendas obtidas com exportação, o teste de Duncan identificou três valores de médias diferentes para cada um dos três padrões.

Tabela 5.16. Área industrial: ANOVA e teste de Duncan para diferenças entre os padrões na frequência média das variáveis de desempenho

Variável de desempenho	ANOVA	Teste de Duncan		
		Frequência baixa	Frequência média	Frequência alta
Produtividade do trabalho	19,710***	Padrão 1 Industrial Padrão 2 Industrial R\$ 336.805,10	Padrão 3 Industrial R\$ 670.610,51	-
Proporção das receitas obtidas com exportação	4,628**	Padrão 1 Industrial 2,50%	Padrão 2 Industrial 29,27%	Padrão 3 Industrial 51,9%

Fonte: Os autores (2016).

Notas: Os valores apresentados na segunda coluna dizem respeito à estatística-teste (com distribuição *F*) para o teste de diferença entre os padrões na área industrial e suas frequências médias das variáveis de desempenho (ANOVA). Os símbolos *, ** e *** indicam *p*-valores menores do que 10%, 5% e 1%, respectivamente. As demais colunas referem-se aos resultados do teste de Duncan, no qual cada par de padrões foi comparado separadamente. Padrões alocados na mesma coluna não apresentam diferença estatisticamente significativa na frequência com que usam os mecanismos. O Padrão 1 Industrial diz respeito às empresas que estagnaram em capacidade de produção. O Padrão 2 Industrial contém empresas que evoluíram da capacidade inovadora básica à intermediária. O Padrão 3 Industrial é composto por empresas que estagnaram na capacidade inovadora avançada.

A Tabela 5.16 mostra que a média da produtividade do trabalho das empresas do Padrão 3 Industrial (670 mil) foi um pouco maior do que o dobro da média das empresas dos padrões 1 e 2 (336 mil), enquanto, para a variável de proporção das receitas obtidas com exportação, a média das empresas do Padrão 3 Industrial foi maior do que as médias das

empresas dos padrões 1 e 2. A diferença de média desse último resultado foi bem maior do que a encontrada para a área florestal, na Tabela 5.15.

Para a área industrial, enquanto quase 52% das receitas das empresas do Padrão 3 Industrial foram obtidas, em média, mediante vendas destinadas à exportação, a média para as empresas do Padrão 1 Industrial foi de apenas de 2,5%. Essa maior discrepância para a área industrial justifica-se pelo maior número de empresas que não possuem florestas próprias. Como já foi visto no contexto da indústria de celulose e papel no Brasil, na subseção 4.2, as empresas que possuem florestas próprias são mais inseridas internacionalmente do que as empresas que não as possuem. Isso decorre da competitividade e da inserção da celulose no mercado internacional, enquanto a produção de papel é mais voltada para o mercado doméstico.

Os resultados da relação entre padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área industrial e o desempenho das empresas estudadas também foram percebidos nas entrevistas de campo com as empresas, como destacado na subseção 5.1.2.2. Foi possível perceber que, em todas as empresas, integradas ou não, a busca por melhorias do processo industrial e por melhor desempenho produtivo partiu de progressos em eficiência energética. Em todas as empresas entrevistadas, os diretores ressaltaram a busca contínua por menor consumo de água e, principalmente, o reaproveitamento de insumos e resíduos para a geração de energia.

O interessante do foco em eficiência energética de toda a indústria de celulose e papel no Brasil é que o impacto disso traz não apenas benefícios econômicos, como também menor impacto ambiental. Vale chamar atenção que as exigências de certificações florestais para venda no mercado estrangeiro e a eliminação do uso do cloro no processo produtivo foram essenciais para o crescimento dessa indústria no mercado externo, também trazendo benefícios em termos de produtividade. O gerente Florestal da empresa Delta destacou esse aspecto:

Um dos grandes desafios do setor foi a questão ambiental. As certificações das florestas ajudaram muito, bem como a eliminação do cloro no processo de produção. Isso tudo trouxe não apenas redução do impacto ambiental, mas também maior produtividade.

Enquanto a busca por eficiência energética tornou-se comum para a maioria das empresas da indústria de celulose e papel no Brasil, o que as diferenciaram em padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área industrial não foi apenas o grau dessa capacidade em melhorias e inovações em processos produtivos, mas também em pesquisa e introdução de novos produtos. Como ressaltado na subseção 5.1.2.2, apesar de nenhuma empresa estudada apresentar níveis de acumulação de liderança mundial para a área industrial, importantes avanços em novos produtos foram feitos pelas empresas que se encontram no Padrão 3 Industrial.

Vale destacar que todas as empresas do Padrão 3 Industrial possuem florestas próprias. Nesse aspecto, possuir florestas parece ser uma fonte importante para apresentar melhores resultados de desempenho na área industrial. Como salientado nos relatos dos executivos das empresas entrevistadas, nas Tabelas 5.15 e 5.16, as empresas com florestas próprias beneficiam-se com os ganhos em produtividade florestal diante do aumento do custo da madeira e em exportação frente à alta competitividade da celulose brasileira. Esses ganhos na área florestal acabam impactando os ganhos na área industrial, por meio de vantagens em eficiência energética e redução dos custos em energia devido ao reaproveitamento de resíduos renováveis nas caldeiras de biomassa. As maiores oportunidades tecnológicas (biotecnologia, nanotecnologia etc.) também estão presentes mais na área florestal do que na área industrial. Essas oportunidades tecnológicas são decisivas para a criação de novos produtos, que, mais uma vez, impactam no desempenho produtivo na área industrial das empresas.

A sinergia existente entre as áreas florestal e industrial da indústria de celulose e papel no Brasil revela a necessidade de analisar todo o conjunto de capacidades tecnológicas das empresas ao estudar seus desempenhos. Essa análise torna-se mais difícil diante da especificidade dessa indústria de possuir várias empresas não integradas, mas já revela a importância de possuir uma área florestal para a maior acumulação de capacidades tecnológicas e o conseqüente ganho em desempenho produtivo. A próxima subseção testa algumas inferências estatísticas econométricas que visam a relacionar os níveis de capacidade tecnológica das empresas e seu desempenho. Essas capacidades tecnológicas das áreas florestal e industrial serão analisadas em conjunto.

5.3.3 Impactos da acumulação de capacidades tecnológicas nas áreas florestal e industrial no desempenho da indústria de celulose e papel no Brasil (2003-2014)

Esta subseção analisa a relação entre os níveis de acumulação de capacidades tecnológicas nas áreas florestal e industrial das empresas de celulose e papel no Brasil entre 2003 e 2014 e a produtividade do trabalho (receita bruta de vendas sobre o número de trabalhadores). Ao contrário das subseções anteriores, as variáveis explicativas são os níveis de capacidade tecnológica e não mais os padrões, enquanto as inferências estatísticas foram feitas por meio de regressões pelo método dos mínimos quadrados ordinários, com os dados dos quatro períodos de tempo empilhados.

A Tabela 5.17 apresenta a relação entre os níveis de capacidade tecnológica (variáveis explicativas) e a variável dependente de produtividade do trabalho. Foram testados modelos com as duas variáveis de capacidade tecnológica em conjunto (1) e separadas (2 e 3). Percebe-se, pela tabela, que a capacidade tecnológica industrial foi a única que apresentou relação estatisticamente significativa a 10% com a produtividade do trabalho no modelo 3. Neste caso, a cada aumento de nível de capacidade tecnológica na área industrial, a produtividade do trabalho aumentou, em média, R\$ 67.631 por trabalhador. A capacidade tecnológica da área florestal não apresentou uma relação estatisticamente significativa em nenhum modelo. Esse resultado deve ser analisado com cautela, devido ao pequeno número de observações e da pouca variabilidade da amostra. Neste caso, o modelo 3 revelou o maior número de observações, visto que a área industrial está presente em todas as empresas da amostra.

Tabela 5.17. Relação entre capacidade tecnológica e produtividade do trabalho para empresas que possuem área florestal

Produtividade do trabalho	(1)	(2)	(3)
Capacidade tecnológica florestal	32.084 (89880)	93.859 (71114)	
Capacidade tecnológica industrial	96.364 (96653)		67.631* (40238)
Constante	94.705 (324260)	183.287 (294613)	240.627* (131248)
Observações	24	24	49
Número de empresas	7	7	14

Fonte: Os autores (2016).

Nota: 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.

Para dar maior robustez aos resultados encontrados entre os níveis de capacidade tecnológica e produtividade do trabalho, algumas novas especificações de modelo foram testadas. Portanto, foram adicionadas novas variáveis de controle para investigar mais profundamente a relação entre capacidade tecnológica e produtividade. As regressões preliminares da Tabela 5.17 consideraram somente empresas que possuíam tanto a área florestal quanto a área industrial, assim como o impacto individual de cada capacidade tecnológica. Modelos alternativos foram testados para as empresas que apresentaram somente a área industrial, sendo avaliado se existe diferente impacto na produtividade para empresas que também atuam na área florestal. Com isso, foi criada a variável “capacidade tecnológica industrial para empresas que possuem florestas”, estimada com relação à produtividade do trabalho.

Essa nova estimativa teve o objetivo de diferenciar o efeito da capacidade tecnológica da área industrial das empresas que possuem florestas próprias daquelas empresas que não as possuem. Para isso, a variável de capacidade industrial foi multiplicada por outra variável binária, com valor igual a 1 para as empresas que possuem área florestal e 0 para aquelas que não a possuem. Outras variáveis explicativas de controle foram inseridas no modelo: exportação, origem do capital e número de plantas da firma. As especificações e códigos dessas variáveis foram detalhados na seção 3, estando a relação apresentada na Tabela 5.18.

Tabela 5.18. Relação entre capacidade tecnológica industrial e produtividade do trabalho

Produtividade do trabalho	(1)
Capacidade tecnológica industrial para empresas que possuem florestas	71.176* (38981)
Capacidade tecnológica industrial	31.767 (52933)
Constante	332.106* (171118)
Observações	49
Número de empresas	14

Fonte: Os autores (2016).

Nota: 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. Foram inseridas as seguintes variáveis de controle, que não foram reportadas: *dummy* se a empresa exportou no período ou não, *dummy* se a empresa possui maioria do capital controlador nacional ou estrangeiro e número de plantas produtivas da empresa.

Pela Tabela 5.18, percebe-se que a variável “capacidade tecnológica industrial para empresas que possuem florestas” mostrou uma relação positiva e estatisticamente significativa a 10% com a produtividade do trabalho. Neste caso, a cada aumento de nível de capacidade tecnológica na área industrial para as empresas que possuem florestas próprias, a produtividade do trabalho aumentou, em média, R\$ 71.176 por trabalhador. Por outro lado, a variável de capacidade industrial, que também envolveu empresas que não possuem florestas, não apresentou uma relação estatisticamente significativa com a produtividade do trabalho. Esse resultado evidencia que a relação entre capacidade industrial e produtividade do trabalho está mais presente nas empresas que possuem florestas próprias, ao contrário do que se podia interpretar pela Tabela 5.17. A variável “capacidade tecnológica industrial para empresas que possuem florestas” sugere que a área florestal é importante para que as empresas tenham um melhor resultado em termos de produtividade, em decorrência de seus níveis de capacidade tecnológica na área industrial.

O resultado da Tabela 5.18 também sugere que as funções florestal e industrial das empresas de celulose e papel não apenas estão relacionadas, como também são dependentes entre si, para alcançar um melhor desempenho produtivo. As entrevistas com as empresas que possuem florestas próprias chamaram atenção para esse fato. O diretor Executivo da empresa Gama, por exemplo, ressaltou que os departamentos de P&D florestal e industrial da empresa são supervisionados por uma mesma gestão, uma vez que a busca por melhorias na área florestal deve ser pensada para utilização na área industrial:

Nossas áreas de P&D florestal e industrial são consolidadas sob uma mesma gestão. A ideia foi cruzar os programas para obter sustentação em relação à integração das áreas. Antes os laboratórios industriais ficavam dentro das fábricas, enquanto os laboratórios florestais se localizavam dentro de um centro de pesquisa técnico. Hoje, as áreas trabalham sob um mesmo centro de pesquisa, com a base florestal mais avançada em termos de laboratórios e pessoal e a área industrial ainda se adequando a esses patamares. Nem sempre o melhor rendimento florestal é equivalente a um melhor rendimento industrial.

Um exemplo prático da relação entre as áreas florestal e industrial das empresas de celulose e papel foi relatado pelo CEO da empresa Eta. Para essa empresa, a introdução de um novo produto no processo produtivo industrial fez com que a empresa mudasse todo o processo de colheita e transporte de sua madeira. Por conta da exigência de uma madeira com menos impurezas para a fabricação desse novo produto, a empresa teve que mudar os equipamentos de colheita para que a árvore não fosse mais arrastada no solo, evitando uma maior contaminação da madeira. O CEO da empresa Eta ressaltou a importância de olhar em conjunto as funções florestal e industrial, em busca de um melhor desempenho produtivo:

A inovação na floresta tem que ser cuidadosa, pois deve atender a dois clientes: a própria produtividade florestal e a eficiência da madeira na indústria. Não adianta fazer com que a floresta cresça muito com uma madeira improdutiva, requerendo mais químicos ou com rendimentos menores. O lançamento de um novo material genético deve estar conectado com o processo industrial. Essa é uma característica do setor e todos devem pensar dessa forma.

Pensando na integração e na sinergia entre as funções florestal e industrial das empresas de celulose e papel, outra maneira de avaliar os níveis de capacidade tecnológica é por meio de um indicador que sintetize as duas funções das empresas em uma só variável. Foi criada, assim, um índice de capacidade tecnológica médio, representado pela média das duas funções de uma empresa e cuja especificação matemática foi representada na seção 3. Esses modelos foram estimados com algumas variáveis de controle: idade da empresa e utilização de financiamento público exclusivo à inovação. A Tabela 5.19 apresenta a relação entre o índice de capacidade tecnológica médio e a produtividade do trabalho.

Tabela 5.19. Relação entre índice de capacidade tecnológica médio e produtividade do trabalho

Produtividade do trabalho	(1)
Índice de capacidade tecnológica médio	76.960** (39,221)
Constante	219,470 (146,441)
Observações	45
Número de empresas	13

Fonte: Os autores (2016).

Nota: 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. Foram inseridas as seguintes variáveis de controle, que não foram reportadas: idade da empresa e *dummy* se a empresa fez uso de financiamento público para inovação no período.

Pela Tabela 5.19, percebe-se que o índice de capacidade tecnológica médio mostrou uma relação positiva e estatisticamente significativa a 5% com a produtividade do trabalho. Neste caso, a cada aumento de nível de capacidade tecnológica média, a produtividade do trabalho aumentou, em média, R\$ 76.960 por trabalhador. Esse resultado evidencia a importância de observar as áreas florestal e industrial em conjunto para a avaliação do desempenho produtivo das empresas de celulose e papel.

Apesar de o nível de capacidade tecnológica na área florestal não apresentar uma relação significativa com a produtividade do trabalho, a relação entre a capacidade tecnológica na área industrial e a produtividade somente foi significativa para as empresas que possuem florestas. A análise econométrica para as empresas que possuem florestas sofreu problemas devido ao baixo número de observações. No entanto, a variável “capacidade tecnológica industrial para empresas que possuem florestas” e o índice de capacidade tecnológica médio mostraram a importância de possuir floresta própria para a acumulação de capacidades tecnológicas na área industrial das empresas pesquisadas, nos últimos anos.

6 Discussão e Recomendações

Esta seção apresenta uma discussão dos resultados encontrados pela pesquisa e, a partir dela, algumas recomendações práticas de estratégias empresariais e políticas públicas para a indústria de celulose e papel no Brasil. A seção 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 relacionadas à competitividade da indústria de celulose e papel 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 padrões de acumulação de capacidades tecnológicas de algumas empresas da indústria de celulose e papel; 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 e inserção internacional). Essas três etapas buscaram analisar não apenas diferenças e semelhanças entre as empresas pesquisadas de celulose e papel, como também áreas tecnológicas distintas dentro das próprias empresas. Para esta pesquisa, foram analisadas as áreas florestal (*feedstock*, silvicultura e colheita) e industrial (processos produtivos e produtos).

A pesquisa contou com evidências primárias obtidas por meio de entrevistas e aplicação de questionários a diretores e gestores de empresas produtoras de celulose e papel e da realização de um *workshop* com vários agentes da indústria (empresários, fornecedores, consultores, pesquisadores de institutos de pesquisa e universidades e representantes de órgãos governamentais). Foram analisadas evidências qualitativas e quantitativas por meio de testes estatísticos. A pesquisa contou com a adesão de 15 empresas de celulose e papel

(oito possuem florestas próprias e sete não), que representaram, aproximadamente, 76% da produção de celulose e 50% da produção de papel no Brasil em 2014.

Esta pesquisa justifica-se pela posição de destaque da indústria de celulose e papel na indústria brasileira. A celulose é um dos produtos mais exportados pelo país, representando cerca de 3,2% das exportações brasileiras em 2014; a indústria gera mais de 610 mil empregos diretos, com criação de renda na casa dos R\$ 4,23 milhões; representa cerca de 1,1% do PIB nacional; e, na contramão da crise econômica brasileira de 2015 e 2016, tem recebido muitos investimentos nos últimos anos, com estimativas de R\$ 53 bilhões em investimentos até 2020. Além disso, a indústria de celulose e papel tem apresentado novas oportunidades de inovação e diversificação, como em energia renovável, biotecnologia, biocombustíveis, bioprodutos, nanotecnologia (nanocelulose) e outros produtos de alto valor agregado com potencial de aplicação em indústrias de base eletrônica, automotiva, militar e aeroespacial.

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 da indústria de celulose e papel no Brasil. Mais especificamente, foram encontradas diferenças não só entre as empresas, mas também dentro delas (em relação às suas áreas tecnológicas florestal e industrial). Essas diferenças fizeram-se valer por meio de duas abordagens de análise: níveis e padrões 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 níveis de capacidades inovadoras) de complexidade e novidade de atividades tecnológicas que a empresa pode implementar em um dado período de tempo. Já a abordagem por padrões combinou empresas que acumularam níveis similares de capacidade tecnológica ao longo do tempo (entre 2003 e 2014 para esta pesquisa), identificando uma determinada trajetória. Os principais resultados são ressaltados a seguir:

- Ao longo dos últimos 70 anos, algumas empresas de celulose e papel no Brasil vem desenvolvendo uma trajetória tecnológica própria de fibra curta à base de eucalipto, em paralelo com a trajetória de fibra longa estabelecida pelas empresas líderes dos

países da América do Norte e Escandinávia. Esse movimento fez com que o Brasil, nos últimos 15 anos, tornasse-se líder mundial em termos de capacidades tecnológicas florestais de melhoramento e modificação genética do eucalipto e apresentasse a maior produtividade florestal do mundo. A evolução dessa trajetória foi possível graças aos esforços em pesquisa e desenvolvimento genético de mudas de eucalipto por algumas empresas e ao apoio de instituições e políticas públicas nacionais.

- Nem todas as empresas de celulose e papel no Brasil encontram-se em um nível de capacidade inovadora de liderança mundial. Há diferenças entre as acumulações de níveis de capacidade tecnológica entre as empresas pesquisadas e entre as áreas tecnológicas (florestal e industrial) dessas mesmas empresas. Na área florestal, em uma escala de cinco níveis de capacidade tecnológica, identificou-se que em 2014 todas chegaram a acumular até o nível 3 referente à capacidade inovadora intermediária. Entretanto, 75% das empresas acumularam o nível 4 referente à capacidade inovadora avançada e apenas 37,5% das empresas chegaram a acumular o nível 5 referente à capacidade inovadora de liderança mundial.
- Na área industrial, por outro lado, identificou-se que em 2014 93,3% das empresas chegaram a acumular até o nível 2 referente à capacidade inovadora básica. Destas, 86,7% acumularam o nível 3 e apenas 20%, o nível 4. Nenhuma empresa acumulou o nível 5. Esses níveis ficam ainda menores se forem selecionadas empresas que não possuem florestas próprias, ou seja, que apenas produzem papel. Desse conjunto de empresas, 87,5% acumularam o nível 2, 71,4%, o nível 3 e nenhuma empresa acumulou o nível 4 ou 5. Os resultados mostram que as empresas de celulose e papel no Brasil acumularam níveis mais elevados de capacidade tecnológica na área florestal do que na área industrial. Mais do que isso, mesmo as empresas líderes em tecnologias florestais ainda não são líderes em tecnologias industriais. Isso significa que algumas empresas brasileiras acumularam capacidade de criar e desenvolver tecnologias florestais novas para o mundo e que abrem oportunidades para a entrada em novos negócios, porém essas mesmas empresas ainda não alcançaram capacidade de criar e desenvolver tecnologias industriais relativas a processos e produtos nessas mesmas especificações.

- Além da heterogeneidade em termos de níveis de capacidade tecnológica das empresas de celulose e papel no Brasil, identificaram-se diferentes evoluções desses níveis ao longo do tempo (padrões) para as áreas florestal e industrial. Entre 2003 e 2014, identificaram-se três padrões de acumulação de capacidades tecnológicas distintos para cada uma das áreas. Na área florestal, foram identificados: (i) Padrão 1 Florestal: empresas (25%) que evoluíram da capacidade inovadora básica à intermediária; (ii) Padrão 2 Florestal: empresas (37,5%) que evoluíram da capacidade inovadora intermediária à avançada; (iii) Padrão 3 Florestal: empresas (37,5%) que se mantiveram na capacidade inovadora de liderança mundial. Na área industrial, foram identificados: (i) Padrão 1 Industrial: empresas (13%) que se mantiveram estagnadas na capacidade de produção; (ii) Padrão 2 Industrial: empresas (67%) que evoluíram da capacidade inovadora básica à intermediária; (iii) Padrão 3 Industrial: empresas (20%) que se mantiveram estagnadas na capacidade inovadora avançada.
- Conclui-se que as empresas de celulose e papel no Brasil possuem níveis e padrões altos de capacidade tecnológica na área florestal (76% das empresas acumularam os níveis 4 e 5 de capacidade inovadora avançada ou de liderança mundial em 2014). Isso é representado, principalmente, pelo avanço dessas empresas em tecnologias florestais de melhoramento genético e produtividade do eucalipto. Contudo, isso ainda não influenciou, de forma mais contundente, uma busca por novas oportunidades tecnológicas industriais e de diversificação para além da venda da *commodity* celulose e novos tipos de papel, pois apenas 20% das empresas acumularam o nível 4 de capacidade inovadora avançada. Investimentos e pesquisas em oportunidades tecnológicas baseadas em biorrefinarias, bioprodutos, biocombustíveis, nanocelulose e outros novos materiais ainda são muito incipientes no Brasil, ao contrário do que já ocorre em algumas empresas da Europa e dos Estados Unidos. Para as empresas que não possuem florestas e apenas produzem papel, os avanços de acumulação de capacidades tecnológicas na área industrial são ainda menores (nenhuma empresa desse tipo alcançou os níveis 4 e 5).

6.1.2 Influência dos mecanismos de aprendizagem na acumulação de capacidades tecnológicas

As diferenças entre as empresas pesquisadas de celulose e papel no Brasil em termos de níveis e padrões de acumulação de capacidades tecnológicas destacadas na subseção anterior fizeram-se valer por diversas fontes distintas de mecanismos de aprendizagem intra e interorganizacionais. Os mecanismos intraorganizacionais representam a geração interna de conhecimento por parte da empresa, por meio de criação, compartilhamento, integração e codificação interna. Já os mecanismos interorganizacionais representam os 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). Essas ligações podem envolver diversos tipos de interação (P&D, aquisição de conhecimento, treinamento, assistência técnica etc.) e gerar diversos tipos de resultado (melhorias em produtos ou processos, criação de conhecimentos científicos, patentes etc.). Foram encontradas incidências distintas de tipos de mecanismo de aprendizagem, tipos de parceria envolvidos nesses mecanismos e tipos de resultado gerados entre as empresas pesquisadas. Os principais resultados são ressaltados a seguir:

- As empresas de celulose e papel no Brasil, entre 2003 e 2014, aumentaram significativamente a frequência do uso de mecanismos de aprendizagem intra e interorganizacionais. Por exemplo, a frequência do uso de mecanismos intraorganizacionais foi, em média, de 30% em 2003-2005, dobrando para 60% em 2012-2014. O mesmo ocorreu com os mecanismos interorganizacionais, que saltaram de uma frequência média de 15% no primeiro período para 30% no último. Essa evolução positiva da incidência de mecanismos pode explicar a evolução de alguns padrões de acumulação de capacidades tecnológicas ressaltados na subseção anterior.
- Em geral, o mecanismo intraorganizacional mais utilizado pela indústria de celulose e papel foi a criação interna de conhecimento, enquanto os mecanismos interorganizacionais mais utilizados foram P&D e aquisição de conhecimento, em sua maioria em parceria com universidades e institutos de pesquisa locais, fornecedores e consultores. Foi identificado também que melhorias e criação de produtos estão mais

associadas a parcerias com clientes, enquanto melhorias e criação de processos estão mais relacionadas a parcerias com fornecedores e consultores. Em ambos os casos, as parcerias com universidades e institutos de pesquisa locais também foram bastantes frequentes.

- Apesar de a incidência dos mecanismos de aprendizagem aumentar, em média, para todos os tipos de empresa pesquisados, houve diferenças de intensidade nessas incidências entre os tipos de empresa (que possuem florestas ou não) e entre empresas que compõem padrões distintos de acumulação de capacidades tecnológicas nas áreas florestal e industrial. Entre as empresas que possuem florestas e as que não as possuem, destacou-se, por exemplo, uma frequência de 38% contra 14% em interações de P&D; de 41% contra 22% em parcerias com universidades e institutos de pesquisa locais; e de 47% contra 17% em resultados em melhorias e adaptações em produtos.
- Na área florestal, na maioria dos resultados estatisticamente significativos, as empresas que compõem os padrões com níveis mais elevados de capacidade tecnológica (padrões 2 e 3) apresentaram maiores intensidades no uso de mecanismos interorganizacionais do que o padrão 1. Por exemplo, a incidência de interações em P&D foi, em média, 11,5 vezes maior; de parcerias com universidades e institutos de pesquisa locais, em média, 25 vezes maior; e de resultados em melhorias em processos produtivos, em média, três vezes maior. As empresas que compõem o Padrão 3 Florestal diferenciaram-se das empresas do Padrão 2 Florestal em parcerias com empresas competidoras (quatro vezes maior em média) e resultados em patentes (inexistentes para as empresas do padrão 2).
- Na área industrial, na maioria dos resultados estatisticamente significativos, as empresas que compõem os padrões com níveis mais elevados de capacidade tecnológica apresentaram maiores intensidades no uso de mecanismos intra e interorganizacionais do que os padrões com níveis mais baixos de capacidade tecnológica. Por exemplo, a incidência de interações em aquisição de conhecimento e de parcerias com universidades e institutos de pesquisa locais foi, em média, quatro vezes maior para as empresas do Padrão 3 Industrial do que para as empresas do Padrão 2 Industrial e inexistente para as empresas do Padrão 1 Industrial. A incidência

em melhorias e adaptações em processos foi, em média, três vezes maior para as empresas do Padrão 3 Industrial do que para as empresas do Padrão 2 Industrial e 45 vezes maior do que as empresas do Padrão 1 Industrial. Os resultados em geração de patentes só foram encontrados em empresas que compõem o Padrão 3 Industrial.

- Os resultados mais significativos para os mecanismos de aprendizagem interorganizacionais evidenciaram a importância do sistema de inovação da indústria de celulose e papel no Brasil para a acumulação de capacidades tecnológicas. A frequência do uso desses mecanismos com os mais diversos tipos de interação e parceria, destacando-se as universidades e institutos de pesquisa locais, fornecedores, consultores e clientes, influenciou as diferenças entre as empresas no que se refere às capacidades tecnológicas. Exemplos dessas interações foram relatados por gestores de algumas empresas estudadas, destacando-se o projeto Genolyptus (ver Boxe 5.1).

6.1.3 Impactos 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 da indústria de celulose e papel no Brasil. O desempenho da indústria, medido por meio de indicadores de produtividade do trabalho e proporção das receitas obtidas com exportação, pode ser resumido nos tópicos a seguir:

- Os distintos padrões de acumulação de capacidades tecnológicas nas áreas florestal e industrial explicaram os diferentes desempenhos competitivos das empresas da indústria de celulose e papel no Brasil no período recente. Tanto na área florestal quanto na área industrial, as empresas pertencentes a padrões mais elevados de acumulação de capacidades tecnológicas apresentaram ganhos maiores de produtividade do trabalho e maior proporção das receitas obtidas com exportação do que as empresas pertencentes a padrões menos elevados.
- Na área florestal, as empresas que compõem os dois padrões com níveis de capacidade tecnológica mais elevados (padrões 2 e 3) apresentaram uma produtividade do trabalho média de R\$ 621 mil e uma proporção das receitas obtidas

com exportação de 54%. Já as empresas que compõem o Padrão 1 Florestal apresentaram uma produtividade do trabalho média de R\$ 231 mil e uma proporção das receitas obtidas com exportação de 37%. Isso equivale, em média, a uma produtividade 2,6 vezes menor e uma inserção internacional 30% menor.

- Na área industrial, as empresas que compõem o padrão com níveis de capacidade tecnológica mais elevados (Padrão 3 Industrial) apresentaram uma produtividade do trabalho média de R\$ 670 mil e uma proporção das receitas obtidas com exportação de 51,9%. Já as empresas que compõem os padrões 1 e 2 apresentaram uma produtividade do trabalho média de R\$ 336 mil. A proporção das receitas obtidas com exportação das empresas do Padrão 2 Industrial foi, em média, de 29,2% e das empresas do Padrão 1 Industrial, em média, de apenas 2,5%. Esses resultados mostram que as empresas que acumularam maiores níveis de capacidade tecnológica apresentaram melhores resultados em desempenho competitivo.
- Os níveis de acumulação de capacidades tecnológicas na área industrial estão mais relacionados com ganhos de produtividade do trabalho para as empresas que possuem florestas do que para as empresas que não as possuem. Isso mostra a sinergia entre as áreas tecnológicas para as empresas que possuem florestas, pois os recursos florestais podem trazer maiores benefícios industriais, como redução de custos por meio de ganhos em eficiência energética no processo produtivo, maior reaproveitamento e/ou venda de energia elétrica e novas oportunidades tecnológicas de base florestal e de diversificação em novos negócios para além do mercado de papel.

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, muito menos apenas instalações físicas e laboratórios. Embora esta associação seja comum, sabe-se que em muitos casos a mera aquisição de equipamentos mais modernos não implica necessariamente avanços. Equipamentos tecnologicamente avançados exigem conhecimentos de capital humano qualificado e especializado para serem operados. Existem também um sistema organizacional capaz de integrar as diversas especialidades profissionais e as instalações físicas num uso eficiente da tecnologia e sua posterior adaptação e aprimoramento.
- Assim como a tecnologia, a inovação também 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 varia desde a imitação duplicativa, em vários níveis de modificações com base de engenharia (como é típico das indústrias alemãs de máquinas, líderes globais em vários segmentos), até os mais avançados níveis de P&D. A visão limitada de inovação, incorporada em diferentes estratégias empresariais e de políticas governamentais, ignora o papel das atividades inovadoras básicas, que são, em muitos casos, pré-condições para o engajamento em atividades inovadoras mais sofisticadas.
- Essa perspectiva abrangente é de fundamental importância para compreendermos a dinâmica do processo de inovação, particularmente no contexto de economias em desenvolvimento, como a do Brasil. Neste caso, a 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.

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 realizarem tanto as atividades de produção ou operacionais quanto as 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 tecnologias.

- A distinção entre os dois tipos de capacidades tecnológicas 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. Neste caso, uma empresa pode ter capacidade tecnológica de produção avançada sem ter nenhuma capacidade tecnológica de inovação.
- Maior capacidade tecnológica de produção pode permitir ganhos no desempenho técnico de uma empresa, enquanto maior capacidade tecnológica inovadora pode permitir a criação de tecnologias que são mais difíceis de serem copiadas ou mesmo criar oportunidades para entrada em novos segmentos de mercado. Assim, ambos os tipos de capacidades tecnológicas devem ser nutridos na empresa, embora requeiram estratégias diferenciadas.

Empresas na mesma indústria e áreas tecnológicas de uma mesma empresa são diferentes

- Os resultados da pesquisa mostraram que as empresas de celulose e papel no Brasil se encontram em padrões distintos de ACT para duas importantes áreas tecnológicas (florestal e industrial). Isto sugere que recomendações de estratégias empresariais e de políticas públicas que tratam a indústria como um todo homogêneo escondem a complexidade e a variabilidade das atividades inovadoras e das capacidades tecnológicas relacionadas a elas. Isto é importante não apenas para formuladores de políticas públicas como também para os gestores dessas empresas, que devem possuir estratégias distintas de ACT para as áreas florestal e industrial.
- Por exemplo, empresas que compõem o padrão estagnado em ACT de produção na área industrial (Padrão 1 Industrial) devem se esforçar para criar capacidades tecnológicas inovadoras, na busca de pequenas adaptações e melhorias de seus processos produtivos e na qualidade de seus produtos. Já as empresas que compõem o padrão estagnado em ACT inovadora avançada na área industrial (Padrão 3

Industrial) devem aprofundar e renovar ainda mais suas capacidades inovadoras, na busca da fronteira internacional do conhecimento.

- Os resultados da pesquisa também mostraram que empresas que não possuem florestas se encontram em padrões de ACT na área industrial menos elevados do que as que detêm florestas. Em parte, isto decorre de as empresas sem florestas apresentarem níveis de ACT inferiores e incidências menores de mecanismos de aprendizagem intra e interorganizacionais.
- Para empresas com florestas, verificou-se descompasso entre as áreas florestal e industrial. A área florestal tem padrões mais elevados de ACT do que a área industrial dessas mesmas empresas. Isso mostra que, muitas vezes, os avanços em tecnologias florestais, como o aumento da produtividade florestal por meio da melhoria e da modificação genética de mudas de eucalipto, não estão sendo aproveitados em novos avanços industriais – principalmente no que se refere à diversificação industrial para novos produtos além da celulose e do papel. Assim, fica clara a necessidade de as empresas buscarem estratégias distintas para suas próprias áreas tecnológicas.

Diversificação industrial

- A indústria brasileira de celulose tenha acumulado níveis de capacidades tecnológicas de liderança mundial na área florestal em fibra curta de eucalipto, e se observa uma persistência desta trajetória, com a produção industrial cada vez mais concentrada em celulose. Porém, confiar no sucesso atual e insistir em fazer mais do mesmo pode levar ao enfraquecimento gradual das capacidades inovadoras conquistadas até aqui, e, conseqüentemente, à deterioração do desempenho competitivo.
- Há esforços ainda muito incipientes de diversificação por parte das empresas brasileiras de celulose e papel, das atividades relacionadas à fibra curta de eucalipto para outras atividades industriais que sejam novas para o Brasil.
- É importante notar que, em décadas anteriores, países como Finlândia, Suécia e Noruega aproveitaram as suas capacidades tecnológicas inovadoras na tecnologia de fibra longa para diversificar suas atividades para além da produção de celulose.

Conseguiram, assim, a liderança em áreas como equipamentos de processos industriais e serviços de engenharia, tanto na área florestal quanto industrial.

- A entrada em linhas de negócios voltados para geração de energia elétrica está mais clara e já vem sendo aproveitada por algumas empresas do Brasil. Porém, o desenvolvimento de novos produtos a partir da cadeia de produção da celulose, como biocombustíveis, bioplásticos, fibras de carbono a partir de lignina, químicos de alto valor, fitoterápicos, fitocosméticos e celulose nanocristalina poderia ser mais valorizado pela indústria.

Exposição à competição global

- Observa-se que, desde o seu início, o segmento de produção de celulose se expôs à competição internacional, o que acabou gerando benefícios para o processo de ACT. Entretanto, o segmento de papel não conseguiu desenvolver capacidades tecnológicas suficientes para se lançar no mercado externo. Com isso, nota-se uma estagnação do processo de ACT na área de papel. A inserção internacional por parte dos segmentos de celulose deve ser perseguida e aprofundada, especialmente em mercados como Estados Unidos, União Europeia e China. Porém, a liderança internacional é um processo cíclico. Há novos entrantes ávidos por lutar pela liderança internacional em fibra curta de eucalipto, como é o caso da Indonésia.

Natureza colaborativa e sistêmica da capacidade tecnológica, da inovação e da aprendizagem tecnológica

- A nossa 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. Verificamos que grande parte das capacidades tecnológicas inovadoras são acumuladas por meio de parcerias com universidades e institutos locais de pesquisa, consultores e agentes ao longo da cadeia produtiva (fornecedores e clientes). Empresas que acumularam níveis mais avançados de capacidades tecnológicas têm sido mais proativas no estabelecimento de vários arranjos colaborativos com esses tipos de parceiros para a realização de atividades inovadoras.

A distribuição das capacidades tecnológicas, para além dos muros das empresas, assim como o envolvimento de parceiros externos no processo de inovação, são irreversíveis e confirmam a fragmentação das atividades inovadoras.

- Essa tendência impõe novos desafios aos gestores, que precisam diariamente criar mecanismos de interface com parceiros diversos, assim como aprimorar práticas de coordenação e integração de conhecimentos externos, vindos de parceiros distintos, para dar eficácia ao processo de inovação.
- Por sua vez, a gestão dos mecanismos de aprendizagem cada vez mais demanda capacidades gerenciais para interagir com uma gama vasta de parceiros. Isto acontece não só em nível local, mas especialmente em nível internacional para empresas que precisam sustentar ou alcançar níveis de capacidades tecnológicas de classe mundial.

Formação diferenciada de capital humano

- Ações para aumentar e melhorar a oferta de recursos humanos, criando massa crítica altamente qualificada, são necessárias para atingir objetivos de inovação na indústria de celulose e papel. É importante que o ensino superior público e privado e o sistema de treinamento dentro das empresas forneçam conhecimentos e habilidades apropriados para o alinhamento com novas capacidades inovadoras necessárias para a diversificação industrial.
- É relevante fazer a distinção entre capital humano relacionado a uma tecnologia existente (por exemplo, fibra curta de eucalipto), 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 e para o país, como as relacionadas à diversificação industrial (por exemplo, biorrefinarias e bioquímicos). É preciso que as empresas, em sintonia com as universidades, se engajem na preparação desses diferentes tipos de capital humano.

Políticas industriais e financiamento público para inovação

- Como se sabe, a indústria de celulose e papel no Brasil sempre esteve na agenda de política pública desde o seu início na década de 1960, especialmente em termos de

apoio por parte do BNDES para a sua expansão inicial e crescimento. Depois de um intervalo de relativa ausência de políticas industriais no final da década de 1980 e durante os anos 90, algumas políticas industriais foram implementadas no Brasil nos últimos anos com os objetivos gerais de fortalecer e expandir a base industrial brasileira por meio da melhoria da capacidade inovadora das empresas. O foco foi no estímulo à inovação e à produção nacional para alavancar a competitividade⁴³. São elas: Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE, 2004-2008), Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP, 2008-2010) e o Plano Brasil Maior (PBM, 2011-2014). Estas políticas apresentavam algumas especificidades. Por exemplo, a PITCE propunha um foco maior em opções estratégicas (semicondutores, software, bens de capital e fármacos) e atividades portadoras de futuro (biotecnologia, nanotecnologia biomassa/energia renováveis). Já a PDP e o PBM envolviam um conjunto muito amplo de setores industriais subdivididos em programas e blocos mais específicos. Em todas essas políticas industriais, as ações se voltaram muito mais para instrumentos de financiamento e incentivos fiscais para a expansão produtiva do que para a inovação. As medidas voltadas à inovação se concentraram na criação de mecanismos de financiamento público, principalmente por meio do BNDES e da Finep, e de incentivos fiscais. Houve também a implementação de instrumentos de proteção do mercado doméstico para alguns setores específicos (por exemplo, reforço de políticas de conteúdo local em alguns setores industriais, proteções tarifárias de importação) e metas de curto prazo incompatíveis com a melhor avaliação de uma política industrial. Até mesmo a PITCE, que na teoria se voltava para setores considerados estratégicos, resultou na prática mais em conjuntos abrangentes de iniciativas, com forte predomínio de ações horizontais.

- Particularmente para a indústria de celulose e papel, a PDP e o PBM explicitaram metas e objetivos específicos para o setor. A PDP tinha como objetivo para a indústria de celulose a liderança competitiva por meio da ampliação do porte empresarial, aumento da capacitação tecnológica e fortalecimento das redes logísticas e de fornecimento de insumos. Todas as medidas se concentraram em aumentos de linhas de crédito para exportação, desonerações tributárias sobre investimentos e redução

⁴³ Ver ABDI (2013).

da alíquota para financiamento da inovação. Já a PBM, além dos objetivos de ampliar a participação do Brasil no mercado global de celulose e aumentar a competitividade e o porte das empresas nos diversos segmentos de papel, propunha o objetivo de estimular o desenvolvimento de inovações tecnológicas no setor. Para isto, a política tinha como medida a definição de rotas tecnológicas no processo produtivo de celulose para induzir a criação de novos produtos e processos, e a disponibilização de recursos para atrair especialistas e financiar projetos de pesquisa⁴⁴. Na prática, no entanto, mais uma vez a BPM expandiu linhas de créditos e incentivos para inovação por intermédio do BNDES e da Finep. A proposta de criação de mecanismos para a definição de rotas tecnológicas numa perspectiva estratégica para a indústria de celulose e papel não se consolidou e acabou descontinuada com o fim da PBM em 2014. Deve-se chamar atenção, neste caso, para a necessidade de continuidade e de um horizonte de longo prazo no desenho de políticas industriais voltadas à inovação.

- Verificou-se no *workshop* e nas entrevistas de campo com representantes de empresas de celulose e papel, realizados por esta pesquisa, que a oferta de linhas de crédito para o investimento produtivo, principalmente do BNDES, não se constitui hoje um problema para o setor no Brasil. Há, na verdade, dificuldade de captação de recursos destinados exclusivamente à inovação por parte de uma gama maior de empresas. Por um lado, faltam às linhas disponíveis de créditos para inovação processos mais ágeis e menos burocráticos. Devido às exigências financeiras, esses recursos estão disponíveis com maior facilidade apenas para empresas de grande porte e exigem detalhes técnicos que muitas vezes inibem a sua procura. Por outro lado, faltam às empresas conhecimento e organização na captação de recursos financeiros para inovação. Neste aspecto, parece essencial uma maior simplificação e divulgação do acesso ao financiamento público existente destinado à inovação.
- Tanto a indústria quanto as políticas não têm realizado ações explícitas de desenvolvimento de fornecedores locais, particularmente de médias e pequenas empresas em ascensão tecnológica e com potencial para ingresso no mercado internacional. Tais empresas, tanto originadas dos grandes grupos existentes, quanto startups provenientes de empreendedores individuais, poderiam ter um papel

⁴⁴ Ver ABDI (2013).

importante no processo de diversificação industrial, assim como na sustentação de capacidades inovadoras.

- As políticas públicas para inovação precisam balancear a sua ênfase entre os incentivos a atividades de P&D nas universidades e institutos de pesquisa e nas empresas (não apenas grandes, mas também nas médias e pequenas, incluindo fornecedores). Embora tenham sido criados alguns mecanismos de financiamento público para projetos de pesquisa aplicada entre empresas e institutos de pesquisa e universidades (como é o caso da Funtec, do BNDES), as interações entre essas organizações devem ser cada vez maiores. Além disso, as universidades devem ir além da ciência e fortalecer as parcerias com as empresas para que saibam o que estas estão demandando.

Políticas públicas devem evitar o protecionismo exacerbado

- A busca por uma política pública de inovação em uma perspectiva colaborativa e sistêmica não significa, no entanto, uma postura protecionista exacerbada. A política de inovação deve propiciar um ambiente de pressão competitiva. Um ambiente econômico competitivo sistêmico é importante para o desenvolvimento de capacidades inovadoras, pois somente assim se estimula o esforço contínuo por parte das empresas de 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

- Apesar das dificuldades de se avaliar uma política industrial, a avaliação constante de políticas públicas é essencial para o seu aperfeiçoamento. No Brasil, alguns estudos têm buscado a avaliação de políticas públicas, principalmente no que se refere à inovação. Esta avaliação ocorre em termos do impacto de uma dada política sobre a 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 do setor produtivo a que se referem. A questão é se ater a um

diagnóstico crível das necessidades e demandas do setor. Um estudo voltado para dentro de uma indústria específica (como a celulose e papel) e, mais ainda, atinente a suas áreas tecnológicas (sua cadeia produtiva, por conseguinte), pode fornecer uma perspectiva mais pormenorizada das necessidades, bem como contribuir para a racionalização de mecanismos de monitoramento e avaliação de políticas públicas.

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, como bem foi mencionado no *background* da indústria de celulose e papel, na subseção 4.3. Apesar de a pesquisa contar com uma alta representatividade de empresas da indústria de celulose e papel, outra limitação foi de 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-se sempre observar a correlação e não a causalidade das variáveis. Por fim, as entrevistas realizadas com algumas empresas da amostra complementam justamente as análises quantitativas e estatísticas, porém não é permitido afirmar que essas empresas foram profundamente estudadas, visto que foi realizada apenas uma entrevista com alguns representantes delas.

Dessa maneira, uma pesquisa mais robusta e completa necessitaria alinhar o desenho de pesquisa aqui apresentado a uma análise mais aprofundada por empresa e, ainda assim, contemplar uma alta representatividade da indústria de celulose e papel. Uma análise em um período mais longo também seria necessária, o que requer um acompanhamento constante das empresas e da indústria 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 BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). **Brasil Maior: agendas estratégicas setoriais**. Brasília, 2013.
- ANDERSEN, A. D. et al. **Natural resources, innovation and development**. Denmark: Aalborg University Press, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL (BRACELPA). **Conjuntura Bracelpa 64**. São Paulo, 2014.
- 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.
- BELL, M.; PAVITT, K. The development of technological capabilities. In: HAQUE, U. (Ed.). **Trade, technology and international competitiveness**. Washington, DC: The World Bank, 1995.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Secretaria de Comércio Exterior (Secex)**. Disponível em: <<http://aliceweb.mdic.gov.br/>>. Acesso em: 26 de jun. 2015.
- _____. **Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior**. Disponível em: <www.mdic.gov.br/balaca-comercial>. Acesso em: 4 maio 2016.
- CARDINAL, R. N.; AITKEN, M. R. F. **ANOVA for the behavioral sciences researcher**. New Jersey: Psychology Press, 2013.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Inovar é fazer: 22 casos empresariais de inovação micro, pequenas, médias e grandes empresas**. Brasília, DF, 2015.
- DALCOMUNI, S. M. **Dynamics capabilities for cleanear production innovation: the case of the market pulp export industry in Brazil**. 1997. 320 f. Thesis (PhD) – SPRU University of Sussex, Brighton, 1997.
- 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.
- EISENHARDT, K. M. Building theories from case study research. **Academy of Management Review**, v. 14, n. 4, p. 532-550, 1989.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Genoma do eucalipto é o primeiro sequenciamento completo de uma planta com participação do Brasil na liderança. **Embrapa, Notícias**, 11 jun. 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1818806/genoma-do-eucalipto-e-o-primeiro-sequenciamento-completo-de-uma-planta-com-participacao-do-brasil-na-lideranca>>. Acesso em: 14 jul. 2016.

EVANS, J.; TURNBULL, J. W. **Plantation forestry in the tropics: the role, silviculture, and use of planted forests for industrial, social, environmental, and agroforestry purposes**. 3. ed. Oxford: Oxford University Press, 2004.

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

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

_____. Beyond technological catch-up: an empirical investigation of further innovative capability accumulation outcomes in latecomer firms with evidence from Brazil. **Journal of Engineering and Technology Management**, v. 31, p. 73-102, 2014.

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

_____. Evolution of short-fiber technological trajectory in Brazil's pulp and paper industry: the role of firm-level innovative capability-building and indigenous institutions. **Forest Policy and Economics**, v. 64, p. 1-14, 2016.

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).

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

FOREST STEWARDSHIP COUNCIL (FSC). **FSC principles and criteria for forest stewardship: FSC-STD-01-001 (version 4-0) EN**. Germany, 2002. Disponível em: <<https://ic.fsc.org/en/certification/principles-and-criteria>>. Acesso em: 5 jul. 2016.

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). **Relatório Ibá 2015**. São Paulo, 2015a.

_____. O Brasil vai dobrar sua produção de madeira plantada. E o mundo também! **Ibá**, 9 dez. 2015b. 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.

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. **O Papel**, São Paulo, p. 24-30, fev. 2013.
- MYBURG, A. A. et al. The genome of eucalyptus grandis. **Nature**, v. 510, p. 356-362, 2014.
- 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.
- PATTON, M. Q. **Qualitative research & evaluation methods**. Beverly Hills: Sage, 1990.
- 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.
- 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.
- 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. Learning and the accumulation of technological capacity in Brazilian pulp and paper firms. **World Employment Programme Research**, n. 187, p. 2-22, 1988.
- TOIVANEN, H.; TOIVANEN, M. B. L. Learning, innovation and public policy: the emergence of Brazilian pulp and paper industry. In: MALERBA, F.; MANI, S. **Sectoral systems of innovation and production in developing countries**. Cheltenham: Edward Elgar, 2009.
- TOIVANEN, M. B. L. The South American pulp and paper industry: the cases Brazil, Chile, and Uruguay. In: LAMBERG, J. A. et al. **The evolution of global paper industry 1800-2050: a comparative analysis**. Dordrecht: Springer, 2012.
- VAZ JR., S. **Biorrefinarias**: cenários e perspectivas. Brasília, DF: Embrapa Agroenergia 2011.
- VIDAL, A. C. F.; HORA, A. B. **A indústria de papel e celulose**. [S.l.]: BNDES, 2012.